

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

HIAGO ROSA MELLO

APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE DESIGN FOR MANUFACTURING AND
ASSEMBLY NA MELHORIA DOS PRODUTOS EM IMPLEMENTOS
RODOVIÁRIOS

Xanxerê

2022

HIAGO ROSA MELLO

APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE DESIGN FOR MANUFACTURING AND
ASSEMBLY NA MELHORIA DOS PRODUTOS EM IMPLEMENTOS
RODOVIÁRIOS

Trabalho de
conclusão de curso
apresentado ao curso de
Engenharia Mecânica do
Campus Xanxerê do
Instituto Federal de Santa
Catarina para a obtenção
do diploma de Bacharel em
Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr.
Jeancarlos Araldi.

Xanxerê

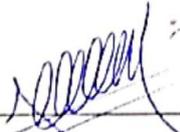
2022

HIAGO ROSA MELLO

APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE DESIGN FOR MANUFACTURING AND
ASSEMBLY NA MELHORIA DOS PRODUTOS EM IMPLEMENTOS
RODOVIÁRIOS

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Bacharel em
Engenharia Mecânica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão
avaliadora
abaixo indicada.

Xanxerê, 01 de novembro de 2022.



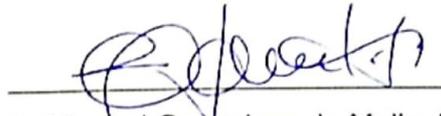
Prof. Jeancarlos Araldi, Dr
Orientador

Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Xanxerê



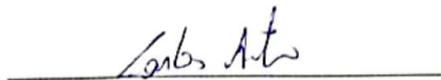
Prof. Raphael Basilio Pires Nonato, Me.

Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Xanxerê



Prof. Clivane Gonçalves de Mello, Me.

Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Xanxerê



Prof. Carlos Alfredo Gracioli Aita, Me.

Coordenador

Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Xanxerê

RESUMO

A indústria de implementos rodoviários cresce cada vez mais, uma vez que o principal modal brasileiro é o rodoviário, requerendo que os produtos deste setor sejam os mais eficientes possíveis. Com isso, algumas metodologias podem ser aplicadas para que se desenvolvam produtos com melhores resultados no desenvolvimento de produtos, menor número de erros, com melhores resultados no mercado, entre outros. O DFMA é uma metodologia que auxilia no processo de fabricação e montagem no desenvolvimento de produtos, a fim de reduzir custos, agilizar o processo de produção e facilitar a montagem e fabricação. Este trabalho consiste em uma análise para demonstrar de que formas os conceitos do DFMA contribuem para melhora relacionado à montagem, fabricação e custos de produção na indústria de implementos rodoviários. Foram utilizados os conceitos do DFMA com o auxílio das matrizes de simplificação adaptadas otimizando componentes da linha de produção dos semirreboques frigoríficos. Realizou-se um brainstorming com o setor da qualidade definindo que a linha de produção a ser aplicada as entrevistas seria a da pré-montagem frigorífica, e com isso aplicou-se as entrevistas selecionando os componentes aplicados os conceitos do DFMA. Foram realizadas sugestões de melhorias por meio das matrizes de simplificação adaptadas em alguns componentes determinados por meio das entrevistas. Logo foram construídos protótipos comparando os modelos das estruturas dos produtos por meio do DFMA com os atuais (sem DFMA) demonstrando que as modificações realizadas tiveram resultados positivos. Também foram realizadas comparações do tempo de fabricação e montagem e custos envolvidos no processo de fabricação dos componentes. Os principais componentes obtidos pelas entrevistas foram os rebites, componentes com dobras e modificação do processo de montagem, design e material. Os componentes aplicados o DFMA apresentaram reduções em seus processos de fabricação e montagem, sendo eles o reforço da guia inferior com uma redução de custo em 62,21%, rebites inferior e do suporta da coluna com redução de componentes em 41% e 50% respectivamente e ambos reduzindo o tempo de montagem da estrutura do painel em 22% e por fim o tubo reforço quadro com uma redução de custo em 76,26%. Os resultados mostraram uma redução nos custos de fabricação e montagem em quatro componentes, concluindo-se que o DFMA contribuiu de forma relevante os projetistas e engenheiros para que se tenha um

produto mais eficiente. Também se mostrou que o DFMA reduziu tempo de fabricação e montagem, peso dos componentes, redução de componentes de fixação, eliminando processos sem necessidades e conseqüentemente tendo uma redução de custos no processo produtivo.

Palavras-Chave: Implementos rodoviários. Design for Manufacturing and Assembly. Fabricação. Montagem. DFMA.

ABSTRACT

The road equipment industry is growing more and more, since the main Brazilian modal is road, requiring that the products in this sector be as efficient as possible. With this, some methodologies can be applied to develop products with better results in product development, fewer errors, with better results in the market, among others. DFMA is a methodology that assists in the manufacturing and assembly process in product development, in order to reduce costs, streamline the production process and facilitate assembly and manufacturing. This project consists of an analysis to demonstrate in which ways the DFMA concepts contribute to improvement related to assembly, fabrication and production costs in the road equipment industry. DFMA concepts were used with the help of adapted simplification matrices, optimizing components of the production line of refrigerated semi-trailers. A brainstorming took place out with the quality sector, defining that the production line to be applied to the interviews would be pre assembly, and with that the interviews were applied by selecting the components applied to the DFMA concepts. Suggestions for improvements were made through the simplification matrices adapted in some components determined through the interviews. Prototypes were then built comparing the models of the structures of the products through DFMA with the current ones (without DFMA) demonstrating that the modifications carried out had positive results. Comparisons of manufacturing and assembly time and costs involved in the component manufacturing process were also carried out. The main components obtained from the interviews were rivets, components with bends and modification of the assembly process, design and material. The components applied to DFMA showed reductions in their manufacturing and assembly processes, being the reinforcement of the lower guide with a cost reduction of 62.21%, lower and column support rivets with component reduction of 41% and 50% respectively and both reducing panel frame assembly time by 22% and finally the frame reinforcement tube with a cost reduction of 76.26%. The results showed a reduction in manufacturing and assembly costs in four components, concluding that DFMA contributed significantly to designers and engineers to have a more efficient product. It was also shown that DFMA reduced manufacturing and assembly time, weight of components,

reduction of fastening components, eliminating unnecessary processes and consequently reducing costs in the production process.

Keywords: Road implements. Design for Manufacturing and Assembly. Manufacturing. Assembly. DFMA.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Divisão modal para o ano 2015 em toneladas quilômetros úteis - TKU... 19	19
Figura 2 - Evolução da extensão (km) das malhas rodoviária e ferroviária.....20	20
Figura 3 - Tipos de implementos rodoviários21	21
Figura 4 - Diferença entre reboque e semirreboque21	21
Figura 5 - Variações de carretas.....22	22
Figura 6 - Comparação das concepções dos projetos.....25	25
Figura 7 - Etapas típicas realizadas em um estudo DFMA26	26
Figura 8 - Componente com tipos diferentes de montagem e custos29	29
Figura 9 - Padronização dos prendedores.....29	29
Figura 10 - Custo do projeto em função da complexidade do componente.....30	30
Figura 11 - Representação da montagem unidirecional.....32	32
Figura 12 – Projetos com características de autolocalização (b) e outra não (a)...33	33
Figura 13 - Peças que podem afetar a manipulação.....34	34
Figura 14 - Peças assimétricas (a) e peças simétricas (b) com suas diferenças. ...35	35
Figura 15 - Peças com possibilidade de emaranhamento.....35	35
Figura 16 - Divisões entre os setores.....39	39
Figura 17 - Modelo adaptado da pesquisa-ação.....44	44
Figura 18 - Fluxograma da coleta de dados.....46	46
Figura 19 - Processo de desenvolvimento de produtos.....48	48
Figura 20 - Etapas sugeridas para desenvolvimento de produtos.....49	49
Figura 21 - Etapas utilizadas para o DFMA.....50	50
Figura 22 - Matriz de simplificação da estrutura do produto - DFA52	52
Figura 23 - matriz de simplificação da estrutura do produto - DFM.....53	53
Figura 24 - Exemplo de aplicação da matriz de simplificação.....54	54
Figura 25 – <i>Brainstorming</i> com a equipe do setor da qualidade55	55
Figura 26 – Aplicação da matriz de simplificação DFM na estrutura painel lateral .59	59
Figura 27 – Aplicação da matriz de simplificação DFA na estrutura painel lateral ..60	60
Figura 28 – Aplicação da matriz de simplificação DFM na estrutura traseira.....62	62
Figura 29 – Aplicação da matriz de simplificação DFA na estrutura traseira.64	64
Figura 30 – Modelo atua do reforço da guia inferior.....65	65
Figura 31 – Modelo proposto suporte da guia inferior.....66	66
Figura 32 – Diferenças entre os modelos dos rebites66	66

Figura 33 – Diferentes modelos rebites inferiores.	67
Figura 34 – Protótipo do modelo proposto do tubo do quadro	68
Figura 35 – Reforço da guia inferior atual	69
Figura 36 – Reforço guia inferior montado modelo proposto.	69
Figura 37 – Gráfico força x deslocamento comparações entre os rebites.....	73
Figura 38 – Teste de cisalhamento simples entre os rebites.	74
Figura 39 – Teste de cisalhamento entre rebites.	74
Figura 40 – Amostras realizadas com as mesmas condições da montagem.....	75
Figura 41 – Tubo reforço do quadro atual.	75
Figura 42 – Modelo proposto montado na estrutura.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas do brainstorming	41
Quadro 2 - Verificações na fase de simplificação do projeto.....	51
Quadro 3 - Verificação na fase de simplificação do DFM.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Primeira pergunta do roteiro básico de entrevista.....	56
Tabela 2 - Segunda pergunta do roteiro básico de entrevista.....	56
Tabela 3 - Terceira pergunta do roteiro básico de entrevista.	57
Tabela 4 - Quarta pergunta do roteiro básico de entrevista.	58
Tabela 5 - Quinta pergunta do roteiro básico de entrevista.....	58
Tabela 6 - Custos de fabricação e montagem reforço guia inferior modelo atual ...	70
Tabela 7 - Custos de fabricação e montagem reforço da guia inferior proposta.	70
Tabela 8 - Relação entre os dois modelos do rebites da coluna.	71
Tabela 9 - Relação entre os dois modelos do rebite inferior.	72
Tabela 10 - Relação entre o tempo de montagem x taxa hora do painel.....	72
Tabela 11 - Custos de fabricação e montagem Tubo reforço quadro	76
Tabela 12 - Custos de fabricação e montagem Tubo reforço quadro proposto.	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
DFMA	Design for Manufacturing and Assembly
DFA	Design for Assembly
DFM	Design for Manufacture
PNL	Plano Nacional de Logística
PNLT	Plano Nacional de Logística e Transporte

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Justificativa	16
1.2 Problema de pesquisa	16
1.3 Objetivos	17
1.4 Delimitações	18
2 REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1 A indústria de implementos rodoviários	19
2.1.2 Fabricação de implementos rodoviários	20
2.2 Desenvolvimento de produtos	22
2.2.1 Fases do projeto de produtos	24
2.2.2 Aplicação do DFMA no desenvolvimento de produtos	25
2.3 Princípios e regras do DFMA	26
2.3.1 Método DFM – <i>Design for Manufacturing</i>	27
2.3.2 Método DFA – <i>Design for Assembly</i>	31
2.3.3 Exemplos de aplicações do DFMA	37
2.4 Engenharia Simultânea	38
2.5 <i>Brainstorming</i>	39
3 METODOLOGIA	42
3.1 Delimitação da pesquisa	42
3.1.1 Do ponto de vista da natureza	42
3.1.2 Do ponto de vista da abordagem do problema	42
3.1.3 Do ponto de vista dos objetivos	42
3.1.4 Do ponto de vista dos procedimentos técnicos	43
3.2 Da unidade de análise	44
3.3 Coleta de dados	45
3.4 Instrumentos para coleta de dados	46
3.5 Análise dos dados	47

3.5.1 Aplicação do método DFMA no desenvolvimento de implementos rodoviários	47
4 ANÁLISE E DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS	55
4.1 Definição da linha de produção por meio de um Brainstorming para a aplicação das entrevistas com os colaboradores.....	55
4.2 Definição dos componentes a serem aplicados a metodologia DFMA por meio de entrevista com a linha selecionada.....	55
4.3 Aplicação das técnicas da ferramenta DFMA nos componentes definidos utilizando como guia e matrizes de simplificação	59
4.3.1 Matriz de simplificação	59
4.4 Sugestão da proposta de melhoria.....	65
4.5 Comparação das modificações realizadas por meio do protótipo.	68
4.5.1 Comparação da estrutura do painel lateral	68
4.5.2 Comparação da estrutura traseira.....	75
5 CONCLUSÃO	78
5.1 Sugestões para trabalhos futuros	79
REFERÊNCIAS	81
APÊNDICE A – ROTEIRO BÁSICO DE ENTREVISTA	84

1 INTRODUÇÃO

A competitividade entre as empresas está cada vez mais acirrada, criando novos desafios para as empresas não ficarem em desvantagem quanto aos seus produtos fabricados. Segundo Marino *et al.* (2006), as empresas devem ofertar produtos e serviços que atendam às necessidades e expectativas do mercado, que sejam úteis, que cobrem custos de desenvolvimento do produto, que garantam lucros e que tenham preços competitivos.

Corroborando com o autor acima, a competitividade pode ser definida conforme Santos *et al.* (2011), como efetua a competência ou aptidão a qual uma organização apresenta em realizar ou efetuar estratégias que as possibilitem conservar ou até mesmo ampliar sua parcela no mercado. Mesmo com tudo isso, as empresas que conseguem desenvolver produtos diferenciados e com qualidade tendem a possuírem uma melhor reputação dentro do mercado.

Para adequar-se e aprimorar produtos cada vez mais devido a esse alto índice de alterações no contexto industrial, equilibrando as dimensões de inovação e de otimização de custos, de forma sistemática, estão sendo criados processos e métodos, para que as empresas consigam acompanhar essa velocidade (BERTIN, 2019).

Com isso, entra a importância dos processos de projeto, uma vez que um projeto bem elaborado traz diversos benefícios e qualidade ao produto a ser inserido no mercado. Porém, para que isto ocorra de forma adequada, foram criadas algumas ferramentas afins de auxiliar os projetistas/engenheiros a desenvolverem produtos competitivos no mercado.

Uma das ferramentas mais importantes para o desenvolvimento de melhores produtos é o Projeto para Manufatura e Montagem (DFMA - *Design for Manufacturing and Assembly*), se originando na Europa nos anos 70, cujo o objetivo é simplificar o projeto de produto, reduzir a quantidade de componentes e tempo de montagem, alcançar a maior produtividade, melhorar a qualidade e reduzir custos (SOUSA, 1998).

Este trabalho consiste em uma análise para demonstrar de que formas os conceitos do DFMA podem auxiliar na melhora quanto à montagem, fabricação e custos de produção na indústria de implementos rodoviários. Além disso o DFMA melhora a integração das áreas de desenvolvimento de produtos e áreas produtivas

e montagens, afim de evitar problemas na fase de projeto na linha de montagem e trazendo eficácia e fluidez para o projeto (BARBOSA, 2007).

1.1 Justificativa

Segundo Barbosa (2007), baseado em dados, registros, experiências práticas adquiridas nas atividades de suporte à produção, entrevistas com técnicos montadores e de manutenção, com foco nas linhas de fabricação de peças, segmentos, montagem e manutenção de produtos aeronáuticos de vários projetos e modelos de aviões, evidencia-se uma grande quantidade de problemas causados pela não utilização efetiva da metodologia DFMA durante o desenvolvimento de produtos. Isto ocorre desde a fase do anteprojeto até o detalhamento final dos desenhos e que contribui para o aumento dos ciclos de produção, eventuais problemas com não-qualidade e conseqüentemente custos elevados que são agregados ao produto final acabado.

A qualidade e a produtividade são setores de extrema importância dentro de qualquer indústria, porém muitas vezes vistas como dicotômicas, pois com o aumento da produção acaba-se muitas vezes tendo uma qualidade inferior. Mas com o DFMA é possível que sejam reduzidos estes erros, e com a aplicação adequada desta metodologia, pode-se ter uma boa produtividade com uma elevada qualidade.

Fazendo-se uma correlação com o autor acima que utilizou a ferramenta no setor aeronáutico, no setor de implementos rodoviários não é diferente, sendo encontrados diversos problemas que poderiam ser evitados com a utilização de ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de produtos como o DFMA, trazendo produtos com qualidade e produtividade, mantendo-se a reputação da empresa e a mantendo competitiva dentro do mercado.

1.2 Problema de pesquisa

Com o aumento crescente da competitividade no mercado, houve grandes mudanças no que se diz respeito ao processo de produção, qualidade e desenvolvimento de produto, fazendo-se necessário que as empresas se adaptem a esta realidade, gerando mudanças como aplicações de metodologias para auxílio de

redução de custos, aumento da produtividade, redução do tempo de processo entre outros.

No entanto, erros de projetos, atrasos no prazo para desenvolvimento de produtos, problemas com qualidade e garantia e custos elevados atrelados aos produtos acontecem muitas vezes por negligência de algumas etapas do projeto e por falta de comunicação e interação entre as áreas do projeto (engenharia simultânea). Pensando nisto, algumas ferramentas estão sendo desenvolvidas e utilizadas a fim de melhorar o desenvolvimento de produtos nas empresas e auxiliar em melhorias contínuas. Uma dessas metodologias é o uso da DFMA, que traz muitos benefícios para as empresas como redução de componentes, dos problemas de anteprojeto e simplificação da montagem e manufatura e melhora a interação entre os setores envolvidos no projeto. Porém, está sendo pouco utilizado na indústria de implementos rodoviários, o que faz pensar, o quanto estes conceitos de aplicação da ferramenta do DFMA podem interferir dentro do desenvolvimento de projeto na indústria de implementos rodoviários?

Devido a isto, este trabalho tem como propósito a utilização dessa ferramenta (DFMA) a fim de sugerir propostas de melhorias em componentes, bem como reduzir custos e processos desnecessários, aumentar a dos componentes qualidade e incentivar o uso da ferramenta dentro da indústria de implementos rodoviários.

1.3 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo geral é avaliar a metodologia de Projeto para Manufatura e Montagem (DFMA) em componentes de implementos rodoviários.

1.4.2 Objetivos específicos

- Definir a linha de produção por meio de um *Brainstorming* para a aplicação das entrevistas com os colaboradores.
- Definir os componentes em que será aplicada a metodologia DFMA por meio de entrevista com a linha selecionada.
- Aplicar técnicas da ferramenta DFMA nos componentes definidos utilizando como guia quadros e matrizes de simplificação adaptados baseados nos

conceitos do DFMA.

- Sugerir uma proposta de melhoria nos componentes escolhidos.
- Comparar modificações realizadas nos componentes por meio de protótipos, verificando se os mesmos tiveram resultados positivos ou negativos.

1.4 Delimitações

Este trabalho realizou-se em uma empresa do setor de implementos rodoviários localizada na cidade de Chapecó no estado de Santa Catarina. A empresa é composta por 29 unidades industriais com produtos presentes em mais de 120 países em todos os continentes. Quanto a produção, possui mais de 10 produtos de implementos rodoviários na linha pesada, 3 de linha leve, 6 na linha de vagões ferroviários e diversos produtos de peças de reposição e pneus.

A planta da unidade industrial de Chapecó segue a mesma linha de desenvolvimento de produtos das outras unidades, produzindo com inovação e com melhoria contínua, havendo centros de trabalhos na parte de engenharia, laboratórios, qualidade, pesquisas e inovação, o que faz com que os produtos sejam elaborados com segurança, qualidade e produtividade. Ainda que a empresa seja referência em implementos rodoviários, ela ainda possui um custo considerável em erros de projetos, sem falar dos problemas que isso gera em termos de garantias e reclamações de clientes.

O trabalho foi realizado dentro do departamento da qualidade sempre está presente e envolvido nos projetos e melhorias contínuas da planta, tendo sempre em vista apoiar o processo produtivo e garantir que o produto seja entregue conforme especificado em projeto, garantindo a satisfação do cliente.

A ferramenta abordada neste trabalho (DFMA), pode auxiliar quanto a redução de custos de fabricação e assistência técnica, tendo como resultado também um aumento na reputação quanto a qualidade dos produtos. Pensando neste sentido, este trabalho traz esta ferramenta, o DFMA, de forma que ela possa auxiliar projetos e trazer resultados positivos para a empresa. Segundo Barbosa (2007), o DFMA pode auxiliar na integração das áreas de desenvolvimento do produto e áreas produtivas de fabricação e montagens, visando sempre ações preliminares preventivas, rápidas e eficientes durante a fase de projeto que evitem problemas na linha de produção/montagem.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Abaixo serão discutidos os principais tópicos para o desenvolvimento deste trabalho.

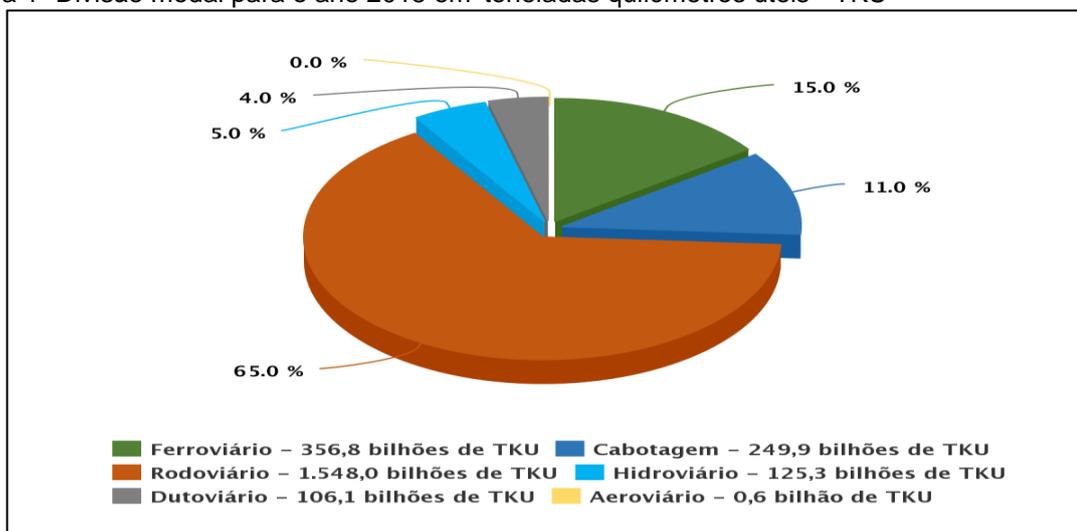
2.1 A indústria de implementos rodoviários.

Presente no Brasil há mais de 50 anos, a indústria de implementos rodoviários é composta por indústrias nacionais e fabricadas com tecnologia e matéria-prima totalmente nacional, desenvolvendo componentes complementares ao caminhão, possuindo produtos com os mais variados tipos. (GOLDENSTEIN; ALVES; AZEVEDO, 2006).

Os primeiros fabricantes de implementos rodoviários instalaram-se no Brasil na década de 1950. Na década de 1970, impulsionada pela demanda crescente do transporte de carga rodoviário, essa indústria já era capaz de atender o mercado com uma série bastante diversificada de produtos. A engenharia nacional foi sendo gradualmente incorporada no processo de desenvolvimento de produtos, adaptando-os às condições mais severas de nossa infra-estrutura de estradas (GOLDENSTEIN; ALVES; AZEVEDO, 2006, p. 246).

No Brasil o principal meio de transporte de cargas é realizado pelo setor de implementos rodoviários. Conforme o relatório do plano nacional de logística 2025 (PNL, 2015), cerca de 65% do transporte de cargas do Brasil passa por rodovias. A figura 1 mostra as porcentagens dos diferentes modais no Brasil.

Figura 1- Divisão modal para o ano 2015 em toneladas quilômetros úteis - TKU



Fonte: Plano Nacional de Logística (2015).

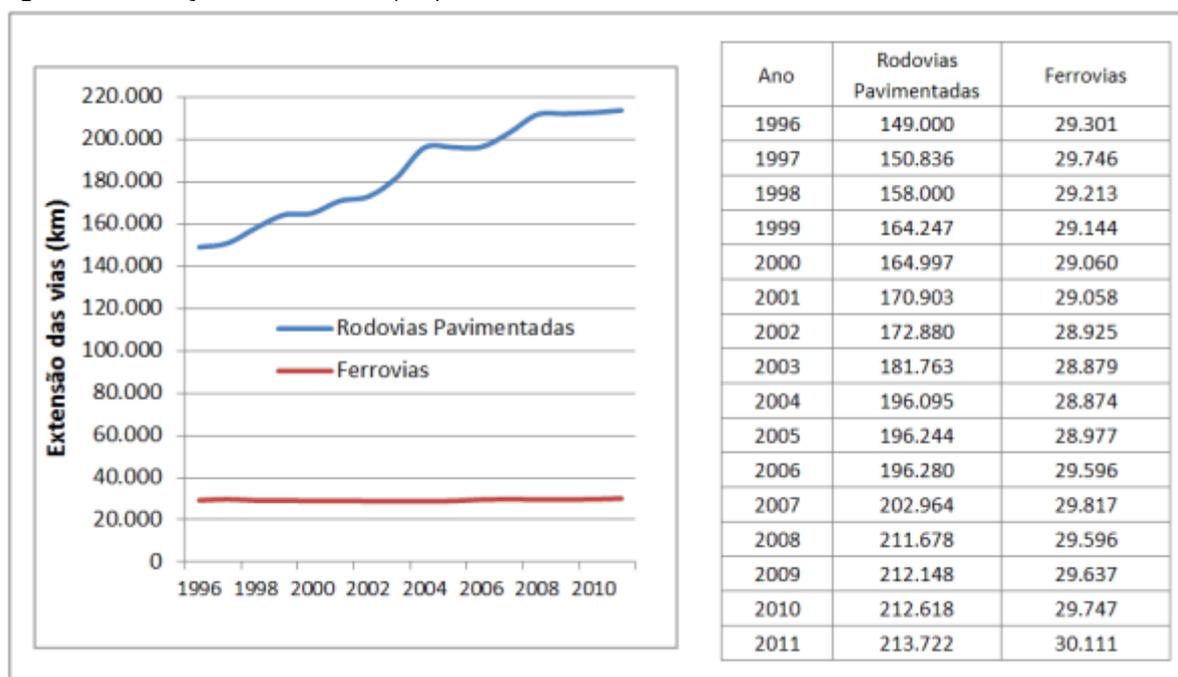
Segundo a Fundação Dom Cabral (2017), a malha rodoviária é ainda maior, utilizada para o escoamento de 75% da produção no país, seguida da marítima (9,2%), aérea (5,8%), ferroviária (5,4%), cabotagem (3%) e hidroviária (0,7%).

Hoje um dos maiores desafios econômicos brasileiros está relacionado principalmente com a agilidade logística de transporte de carga no Brasil. Com isso pode-se perceber a importância da produção de implementos rodoviários no nosso país e também do incentivo quando a melhoria de rodovias.

2.1.2 Fabricação de implementos rodoviários

O Brasil tem aproximadamente 213.722 mil quilômetros de estradas pavimentadas conforme a figura 2, segundo estatísticas do Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT, 2012 p. 13). Isso mostra a força do segmento no escoamento da produção nacional.

Figura 2 - Evolução da extensão (km) das malhas rodoviária e ferroviária.



Fonte: Plano Nacional de Logística e Transportes (2012).

O setor de implementos rodoviários desenvolve produtos específicos para transportes de cargas desde os mais simples aos mais complexos, dependendo de cada aplicação e carga a ser transportada, tendo uma variedade grande de produtos.

São classificados em sobre chassi e rebocados. O primeiro refere-se a veículos de carga de menor porte, sendo as carrocerias montadas diretamente sobre o chassi do caminhão e não têm eixos ou chassi próprios, sendo denominados caminhões simples. Já os implementos rodoviários rebocados são mais utilizados em longos percursos como centros de distribuição ou de grãos entre áreas agrícolas e portos, devido ao seu maior comprimento somado à maior capacidade de carga do implemento, conforme a figura 3 (ADNORMAS, 2020).

Figura 3 - Tipos de implementos rodoviários

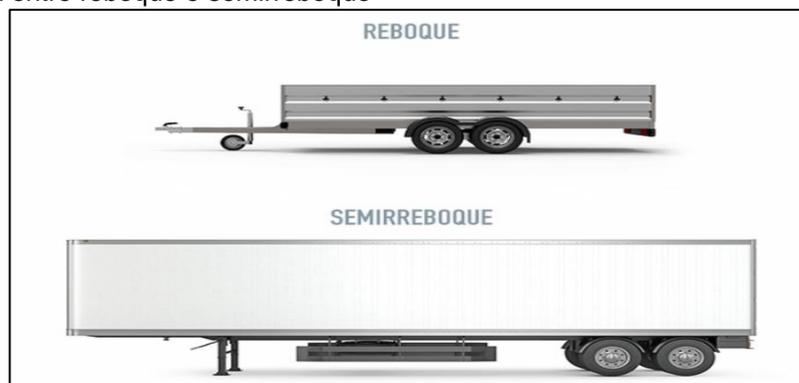


Fonte: Goldenstein, Alves e Azevedo (2006).

Dentro da classificação dos rebocados temos os reboques e os semi-reboques.

Os reboques são utilizados em aplicações que requerem agilidade no engate e desengate dos implementos ao cavalo mecânico. Os semi-reboques, apesar do maior tempo necessário para engate e desengate, têm uma área de transporte superior à dos reboques, por causa da estrutura do sistema de acoplamento com o caminhão-trator. Entre as diferenças é que o semi-reboque fica apoiado no cavalo mecânico, e o reboque apenas acoplado, sendo um veículo de carga independente, conforme a figura 4.

Figura 4 - Diferença entre reboque e semirreboque



Fonte: Vialoc (2018).

O tipo de implemento utilizado vai depender de cada particularidade e aplicação, sendo assim definindo o produto mais eficaz para cada caso. Segundo Goldenstein, Alves e Azevedo (2006) a configuração do implemento e do caminhão, são definidas especialmente para cada tipo de transporte com o objetivo de maximizar sua eficiência.

Existem diversas variações de carretas como carretas com 2 e 3 eixos, carreta com cavalo trucado, bitrem e tritrem e rodotrem conforme a figura 5.

Figura 5 - Variações de carretas.

	TIPO	EIXOS (CARRETA + CAVALO MECÂNICO)	COMPRIMENTO MÁXIMO (METROS)	CAPACIDADE MÁXIMA (TONELADAS)
	2 eixos	4	18,15	33
	3 eixos	5	18,15	41,5
	Cavalo trucado	6	18,15	45
	Bitrem	7	19,80	57
	Tritrem	8	30	74
	Rodotrem	9	30	74

Fonte: Vialoc (2018).

Como mencionado anteriormente, existem diversos tipos de produtos que vão depender do tipo de aplicação. Entre eles tem-se a carreta tipo *baú*, *sider*, *porta-container*, *prancha*, *basculante*, *graneleira*, *plataforma*, *cilindro ou silo*, *cegonha*, *tanque*, *frigorífica*, *canavieira*, *cabideiro*, *florestal entre outras*, abrangendo uma versatilidade grande de aplicações.

2.2 Desenvolvimento de produtos

As empresas sofrem pressões cada vez maiores para que se alcance uma performance adequada devido a esta competição em que o setor industrial vive. As tecnologias mudam rapidamente desenvolvendo produtos mais complexos. As expectativas e necessidades do consumidor refletem um mercado mais exigente e o ciclo de vida dos produtos está se tornando menor, forçando as empresas a lançarem

melhores produtos em um curto período e com menor custo possível, fazendo com que elas promovam processos de desenvolvimentos de produtos, trazendo um contexto de mudanças na filosofia das empresas (FINOTTI, 1999).

Conforme Ulrich e Eppinger (2015), pode-se definir produto como qualquer coisa que possa ser vendida como um negócio a fim de agradar seus clientes, podendo ser criado e desenvolvido por meio de uma série de atividades, iniciando com uma necessidade de mercado e terminando em um ambiente produtivo e um posto de venda.

Segundo Bertin (2018), o desenvolvimento de produtos pode ser utilizado de diversas formas e níveis dependendo do tamanho e conhecimento de cada organização, e seus fundamentos são aplicados ao desenvolvimento de equipamentos para o cliente interno. Empresas de porte médio e pequeno não precisam ser pioneiras em seus produtos. Geralmente este não é o principal fator de sucesso, sendo abordagens pontuais como estudos de manufaturabilidade, montabilidade, entre outros podem ser a principal fórmula para a competitividade (SILVA; ALLINPRANDINI, 2001).

No Brasil, este processo de desenvolvimento de produtos ocorre na maioria das vezes de modo informal dentro das indústrias, variando conforme o porte de cada uma (JUNIOR, 2016). Segundo o mesmo autor citado no parágrafo acima, quanto menor a indústria, maior o grau de informalidade, desenvolvendo produtos a partir de cópias e/ou adaptações de produtos já existentes.

Dessa forma, o processo de desenvolvimento de produto é de extrema importância na definição e desenvolvimento de novos produtos, contudo no cenário nacional esse procedimento é muitas vezes ignorado pelas empresas principalmente as de pequeno e médio porte (CHRISTOVAM, 2017). Seguindo a mesma linha de raciocínio, Mano e Toledo (2011), acrescentam que no Brasil existe uma falta de visão e planejamento estratégico, iniciando assim muitos projetos e de maneira informal e sem fundamentação teórica.

O processo de desenvolvimento de produto é empregado como um conjunto de tarefas, utilizando quase todas as áreas de uma empresa, e o foco principal é modificar as necessidades do mercado e dos clientes em produtos viáveis para a comercialização (KAMINSKI, 2000). Rozenfeld *et al.* (2006), defende que o desenvolvimento de produto é compreendido como um conjunto de atividades, conforme as necessidades do mercado ou clientes internos e das restrições

tecnológicas da empresa, a fim de especificar um produto e seu processo produtivo, para que o mesmo possa ser produzido pela manufatura existente em uma determinada organização.

2.2.1 Fases do projeto de produtos

Kaminski (2000) define o desenvolvimento de produtos como sendo um conjunto de atividades envolvendo quase todos os departamentos da empresa, tendo como propósito a mudança de necessidades de mercado em produtos e serviços de formas economicamente viáveis.

Segundo Madureira (2015) essas etapas devem ser executadas com a simultaneidade possível, e não são sequenciais e estanques entre si. O autor apresenta a seguir um resumo da sequência de fases:

1. *Planejamento do projeto*: Nesta primeira fase, são inseridos os objetivos para o programa de projeto, bem como o produto (necessidades, funções e atributos), mercado, prazo para implantação, ciclo de vida, recursos, investimentos, custos de fabricação e lucratividade global.
2. *Estudo da viabilidade*: Depois que os objetivos e os requisitos técnicos já estão estabelecidos, são geradas soluções possíveis e, mediante análises, selecionadas as que são técnica, econômica e financeiramente viáveis, levando-se em conta a seleção quanto a fabricação e de fornecimento.
3. *Projeto básico*: Escolhida a melhor solução viável, a partir deste ponto, o projeto passa ser um compromisso formal da empresa, devendo submeter modelos dos produtos a estudos e análises por meio das quais são quantificadas as mais relevantes características do produto. A seguir, são otimizadas essas características consolidando o projeto básico.
4. *Projeto executivo*: Nesta etapa, o produto será definido, sendo estabelecida a estrutura com a composição do produto, e posteriormente definidas as características, dimensões, materiais e acabamentos de todos componentes e peças que fazem parte do produto.
5. *Implantação da fabricação*: Aqui são definidas todas as atividades necessárias para a fabricação do produto, que devem ser executadas conforme os processos definidos nessa etapa.

6. *Comercialização e acompanhamento:* Nessa fase o projeto já deve estar finalizado, iniciando o lançamento do produto, trazendo indicadores de resultados do projeto, revelando o sucesso ou não ao longo do seu ciclo de vida.

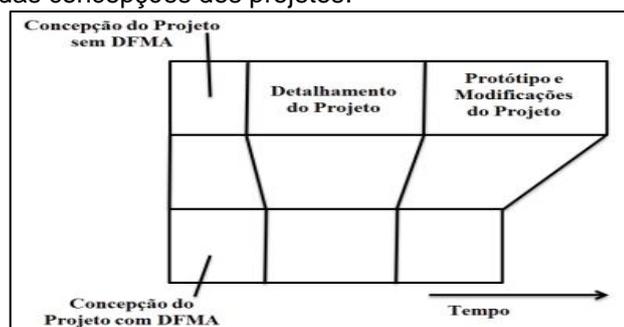
O autor segue as etapas do desenvolvimento do produto bem como identificar a necessidade do mercado, especificar as funções do produto, especificar as características do projeto, elaboração da ideia conceitual do projeto, detalhamento da ideia conceitual e desenvolvimento final do produto (BARBOSA, 2007).

2.2.2 Aplicação do DFMA no desenvolvimento de produtos

O DFMA possui maior ênfase no início da fase conceitual do projeto, pois nesta fase os custos de quaisquer modificações que forem necessárias são mais baixos, reduzindo o tempo de duração do projeto, disponibilizando o produto mais rápido para o mercado e com o preço significativamente menor (BOOTHROYD; DEWHURST; KNIGHT, 2011). Pode-se perceber na figura 6 que a concepção do projeto sem DFMA é de fato menor do que com a aplicação do mesmo, porém a duração total do projeto com o DFMA é muito menor, pois reduzirá erros ocasionados principalmente na concepção do projeto. Apesar de termos um tempo maior na etapa inicial da concepção com o DFMA, podemos perceber que o tempo final é reduzido de forma considerável.

No projeto conceitual o DFMA é utilizado para avaliar quais das concepções alternativas são viáveis para serem detalhadas no projeto preliminar, tendo cuidado com as informações de manufatura, material, montagem e produto (JUNIOR, 2016).

Figura 6 - Comparação das concepções dos projetos.

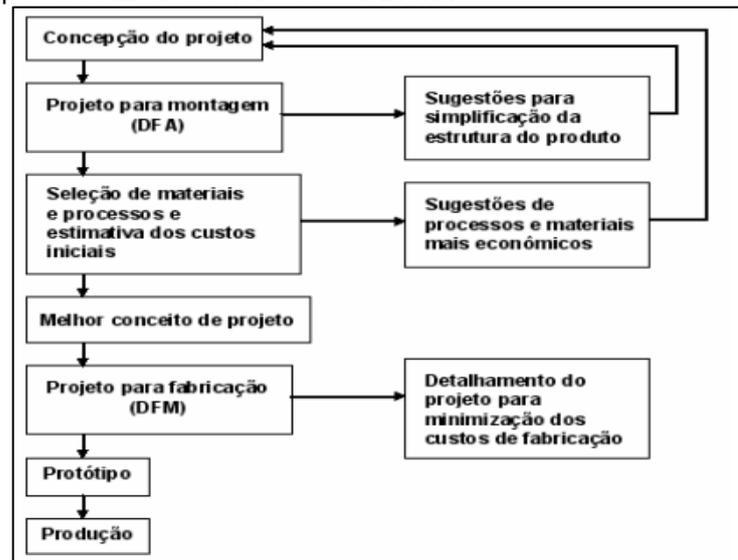


Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (2011)

Segundo Barbosa (2007), é importante levar em consideração os aspectos de qualidade no início da fase conceitual do projeto, uma vez que implementar o DFMA em um produto já desenvolvido é muito difícil.

A figura 7 mostra a relevância da aplicação do DFMA no Projeto Conceitual.

Figura 7 - Etapas típicas realizadas em um estudo DFMA



Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994)

De outro modo, Sousa (1998) apresenta algumas técnicas que podem ser usadas:

1. *Julgamento de praticabilidade* (apresenta o bom senso dos colaboradores).
2. *Disponibilidade Tecnológica* (verifica-se a existência de tecnologia para o projeto).
3. *Avaliação passa / não passa* (atendendo os requisitos dos clientes internos e externos).
4. *Matriz de decisão* (determina a escolha da melhor alternativa de concepção, levando em consideração as condições dos clientes e montagem).

2.3 Princípios e regras do DFMA

O DFMA consiste em contemplar características do projeto como função, forma, material, tipo de processo de fabricação e montagem para que se tenha uma máxima redução e facilidade na produção e montagem (BERTIN, 2018).

Dufour (1996) considera que o DFMA visa que o projeto de produto e o planejamento da produção aconteçam simultaneamente a partir de um conjunto de princípios. Já no reprojeto, o DFMA auxilia a adequar o produto da melhor maneira às configurações da produção e montagem, procurando melhorar a qualidade e reduzir o tempo de manufatura e montagem.

Segundo Souza (2007) a técnica de DFMA é geralmente separada em duas abordagens, o projeto para manufatura - Design for Manufacturing (DFM) e o projeto para montagem - Design for Assembly (DFA).

Bralla (1996) e Malewschik (2016) afirmam que no caso do DFM, ele pode ser alterado conforme o local de utilização da abordagem, pois em cada organização os custos de um mesmo processo podem ser diferentes. Além disso cada empresa pode produzir o mesmo produto de maneiras distintas. Já na análise de facilidade de montagem ou DFA, existem alguns trabalhos mais genéricos que podem ser utilizados em diversas situações (BRALLA, 1996).

2.3.1 Método DFM – *Design for Manufacturing*

O Design para manufatura (DFM), serve de orientação para os engenheiros na escolha de materiais e processos de fabricação, considerando as tecnologias disponíveis numa organização (BERTIN, 2018). Através do DFM é possível estimar tempos e custos de produção de um produto de forma quantitativa, comparando-o os processos e apresentando as melhores opções para fabricar um produto (YUMUS, 2008). Para Yumus (2008), o DFM apresenta três principais objetivos:

1. Estimular a qualidade dos produtos ainda no período de desenvolvimento;
2. Reduzir custos de *design*, suporte técnico, fabricação e descarte;
3. Reduzir o tempo de desenvolvimento do produto.

Uma das características do DFM é trazer a simplificação dos projetos e redução de custos baseado em algumas etapas e princípios. Os tópicos abaixo comentam as regras a serem aplicadas no DFM.

1. *Minimização de componentes:*

Um produto que contenha poucas peças traz diversos benefícios tais como a menor sequência de fabricação, montagem, ajustes, peso e por consequência custos de fabricação (FINOTTI *et al.*, 1999; YUMUS, 2008)

Para verificar se o componente é realmente necessário serem respondidas algumas perguntas, e caso afirmativo a peça não pode ser eliminada (Boothryd; Dewhurst; Knight, 1994).

- A. O componente tem movimento relativo ao conjunto?
- B. O material do componente deve ser diferente do material do conjunto?
- C. O componente deve ser separado para permitir a desmontagem e remontagem do conjunto?

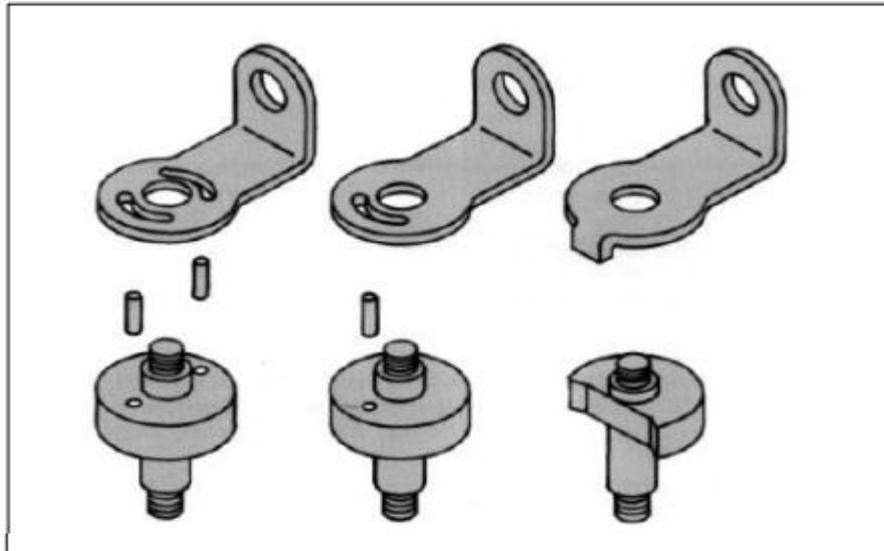
Sousa (1998) comenta que a peça deve permanecer separada dos demais quando existe alguma restrição técnica de manufatura e quando a combinação e eliminação dificultam o acesso a outras montagens.

Bralla (1996) traz alguns elementos para a combinação de componentes do produto:

- I. Incorporar dobradiças: as dobradiças podem ser incorporadas em vários plásticos e flexíveis;
- II. Incorporar molas: molas podem ser incorporadas em materiais como metais, plásticos, e em alguns casos, fibras;
- III. Uso de elementos de encaixe em troca de parafusos;
- IV. Incorporar elementos como guias e coberturas.

A figura 8 mostra três tipos de componentes com a mesma função, porém com custos de manufatura diferentes, trazendo custos desnecessários e podendo envolver erros de montagem, uma vez que as três peças são similares.

Figura 8 - Componente com tipos diferentes de montagem e custos



Fonte: Adaptado de Boothroyd, Dewhurst e Knight (2011).

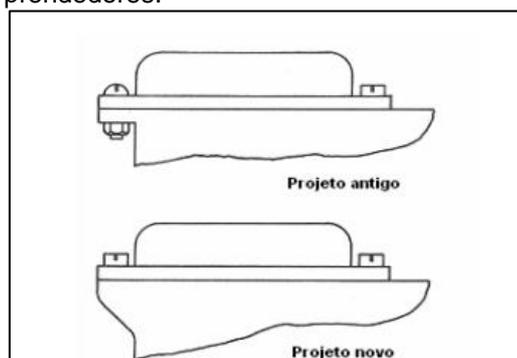
2. Padronização de componentes:

A padronização de peças reduz a variedade de peças em uma linha de montagem, tempo com engenharia no desenvolvimento de novos produtos, manuseio, otimização da montagem, padronização de ferramentas, redução de treinamento de pessoas e aumento da qualidade e confiabilidade do produto (BARBOSA, 2007).

Através da padronização é possível conseguir menores custos em matéria prima e fabricação, facilitando a aquisição de componentes no mercado e auxiliando a aumentar o volume comprado (FINOTTI *et al.*, 1999; YUMUS, 2008).

Pode-se observar pela figura 9 que no projeto antigo havia dois tipos de prendedores e para o projeto novo padronizou-se os prendedores trazendo mais facilidade na hora da montagem.

Figura 9 - Padronização dos prendedores.



Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994).

Deste modo, sempre que possível, o conceito de padronização de peças deve ser utilizado, facilitando a montagem, diminuindo custos com equipamentos, estocagem, treinamentos e por consequência custo final do produto (BARBOSA, 2007).

3. *Utilização adequada de tolerâncias:*

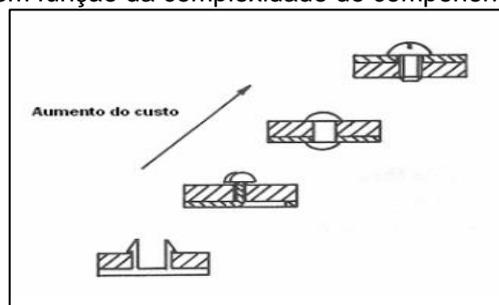
Conforme Finotti *et al.*, (1999) e Yumus, (2008), tolerâncias pequenas e não adequadas aos processos podem aumentar o tempo de fabricação, gerar custos desnecessários e ainda dificultar os processos de manufatura e montagem dos componentes. Os mesmos autores acima comentam que muitas vezes ajustes de tolerâncias podem ser substituídos por chavetas, entalhes, componentes com molas, dentre outros, e por isso é importante que o projetista tenha conhecimento do motivo dessas tolerâncias, o que pode reduzir a necessidade da sua utilização.

4. *Diminuir o número de componentes de fixação:*

Apesar de normalmente não serem os maiores contribuintes para os custos, se forem utilizados em excesso esses componentes podem aumentar os custos, tempos de montagem e o tempo para encontrar um fornecedor, fazendo com que seu custo de compra possa ser facilmente excedido pelos custos de instalação, conforme ilustrado na figura 10 (FINOTTI *et al.*, 1999; YUMUS, 2008).

Sempre que possível, deve-se projetar componentes com características autofixadoras, de modo a eliminar parafusos, porcas e arruelas e facilitar a montagem e desmontagem do produto (BARBOSA, 2007).

Figura 10 - Custo do projeto em função da complexidade do componente.



Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994).

5. Adequação do produto ao nível de processos disponível

Para que um produto ou componente tenha um custo acessível é importante que ele seja adequado ao nível de tecnologia de fabricação presente na empresa (FINOTTI *et.al.*, 1999; YUMUS, 2008).

6. Escolha correta do processo

Para Finotti *et al.* (1999) e Yumus (2008), além de adequar o nível do produto ao nível de processo, deve-se saber que processo presente na empresa possui o menor custo, projetando assim componentes que possam ser fabricados preferencialmente nesse processo.

2.3.2 Método DFA – *Design for Assembly*

O DFA é assim como o DFM, serve de guia para auxiliar na criação de projetos e produtos mais bem elaborados. A diferença é que, essa metodologia busca simplificar a estrutura dos produtos ao invés de pensar na fabricação, mesmo que na maioria dos casos a simplificação da estrutura do trabalho também leve a simplificação da sua manufatura (SAVI, GONÇALVES FILHO e SAVI, 2010). Segundo Boothroyd, Dewhurst e Knight (2011), é bem provável que 50% dos custos de produção de um produto podem estar vinculados aos processos de montagem.

Os autores Ulrich e Eppinger (2015), salientam que o DFA pode ser considerado um subconjunto do DFM, já que sua utilização pode diminuir os custos de montagem, pois a montagem e a manufatura estão relacionadas e devem ser trabalhadas juntas. Para os autores citados acima, a simplificação de montagem pode gerar diversos benefícios indiretos, reduzindo o número de componentes, dentre outros benefícios que impactam diretamente nos custos de manufatura.

Segundo Boothroyd, Dewhurst e Knight (2011), e em conformidade com Ulrich e Eppinger (2015), é necessário desenvolver uma estimativa contínua dos custos de montagem e além disso, os autores sugerem a utilização do conceito de eficiência de montagem. Esse índice é chamado de DFA index, a equação 1 apresenta como é calculado esse índice (BOOTHROYD, DEWHURST e KNIGHT, 2011).

$$DFAindex = \frac{(\text{Número mínimo teórico de peças}) \times (3 \text{ segundos})}{\text{Estimativa de tempo total de montagem}} \quad (1)$$

Ulrich e Eppinger (2015), destacam que os 3 segundos presentes na fórmula é um pré-requisito necessário para atender o tempo mínimo para a inserção de um componente.

A seguir serão apresentados os principais princípios a serem considerados para auxiliar na facilitação da montagem.

1. *Montagem modular ou com componente-base*

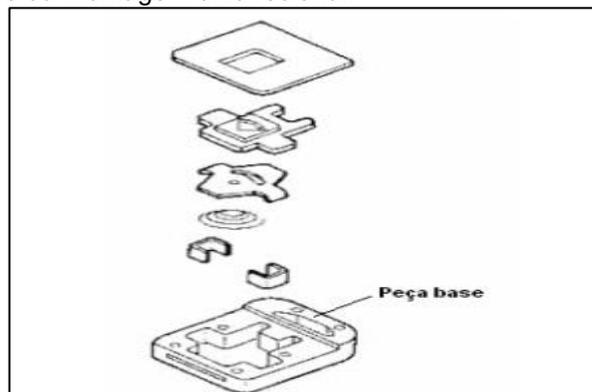
A montagem modular tem como objetivo diversificar produtos a partir da combinação de módulos intercambiáveis e funcionalmente independentes, trazendo como vantagem uma maior agilidade e flexibilidade ao processo (BARBOSA, 2007).

2. *Montagem empilhada ou unidirecional*

No desenvolvimento do projeto, deve-se dar preferência para a montagem unidirecional, utilizando a lei da gravidade, ou seja, de cima para baixo, reduzindo o número de reorientações do componente durante sua montagem e também facilitando seu processo de fabricação (BARBOSA, 2007).

O esquema apresentado na figura 11 representa a montagem unidirecional, onde temos a peça na parte inferior (peça base) recebendo os componentes restantes de forma intuitiva e sequencial de cima para baixo, facilitando e reduzindo erros relacionados à montagem.

Figura 11 - Representação da montagem unidirecional.



Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994).

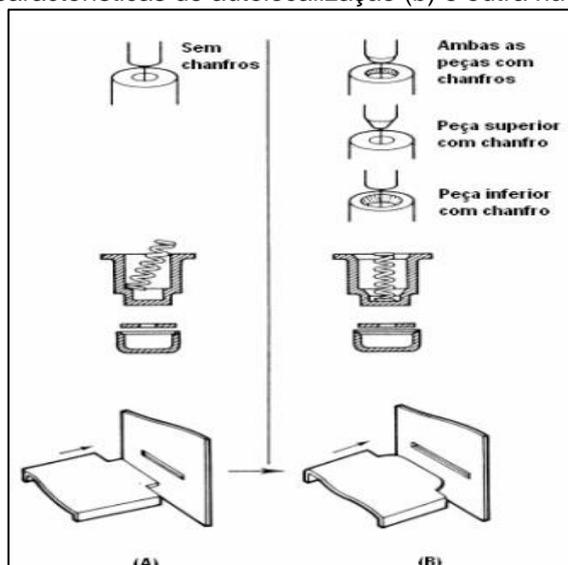
3. *Projetar peças com características de autolocalização*

Peças com estas características reduzem tempo de montagem e aumentam a qualidade do produto, além de trazer mais facilidade para a montagem, pois pode ser feita por um equipamento (BARBOSA, 2007).

O autor citado acima afirma que essas características podem ser alcançadas com intermédio de chanfros, rebaxos, entre outros processos inseridos no componente.

Pode-se observar pela figura 12 que pode ocorrer alguns erros e dificuldades de montagem se as peças não forem pensadas para este tipo de característica, gerando dúvidas e aumentando o tempo de montagem.

Figura 12 – Projetos com características de autolocalização (b) e outra não (a).



Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994).

4. *Minimização dos níveis de montagem*

Segundo Barbosa (2007), é importante prever a possibilidade de submontar componentes antes de sua montagem final. A fim de facilitar o processo de fabricação e documentação, o *layout* da fábrica e o aumento da flexibilidade da programação da produção.

5. *Facilidade de manipulação de peças*

Manejar peças com peso reduzido e que sejam de fácil manipulação facilita a montagem e reduz o tempo de operação (BARBOSA, 2007).

Sousa (1998) traz os principais fatores que podem afetar a manipulação dos componentes:

- A. Geometria: pode ser simplificada pelo emprego de formas regulares;
- B. Rigidez: evitar materiais macios, moles, pontiagudos ou frágeis;
- C. Peso: evitar componentes pesados;
- D. Não utilizar peças muito pequenas, muito grandes ou escorregadias que dificultam o manuseio;

Na figura 13 pode-se observar a dificuldade para peças com geometrias que afetam a manipulação.

Figura 13 - Peças que podem afetar a manipulação.

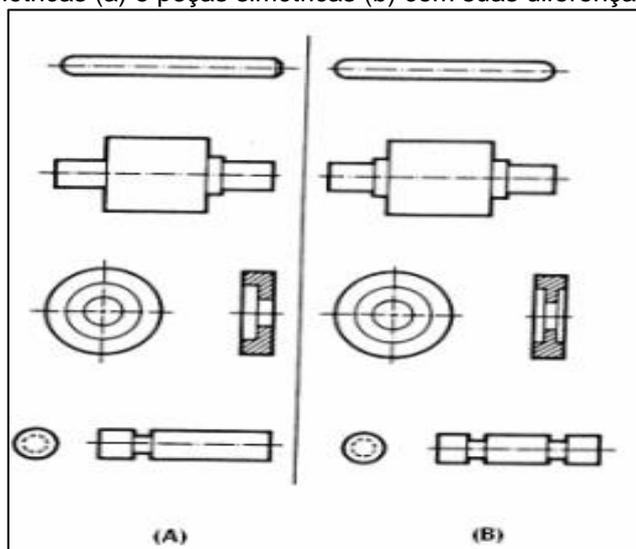


Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994).

Peças muito pequenas, flexíveis, pontiagudas, entre outras geram dificuldades para a montagem diminuindo a eficiência de montagem.

- E. Peças simétricas reduzem a orientação diminuindo falhas durante a montagem, como mostra a figura 14;

Figura 14 - Peças assimétricas (a) e peças simétricas (b) com suas diferenças.

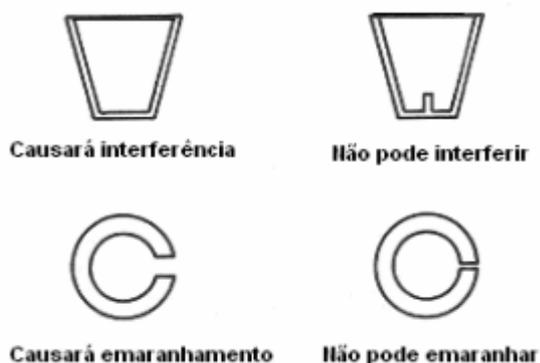


Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994).

Peças que não são simétricas geram dúvidas e possíveis erros de montagem, sendo preferível a utilização de componentes simétricos sempre que possível.

F. Não utilizar peças que possam ficar presas ou emaranhadas (figura 15);

Figura 15 - Peças com possibilidade de emaranhamento.



Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994).

Componentes que possuem essa característica podem entrelaçar-se uns com os outros podendo muitas vezes danificar as peças.

- G. Considerar o empacotamento individual das peças;
- H. Usar furos ovais para evitar ajustes;
- I. Usar as propriedades elásticas dos plásticos como vantagem;

- J. Facilitar o acesso aos componentes;
- K. Evitar utilizar peças que necessitem serem manipuladas por duas ou mais mãos.

6. *Projeto para estabilidade*

Barbosa (2007), confirma que os componentes devem ser projetados de modo que elas não se movam durante a operação de montagem, facilitando a montagem do operador e auxiliando no tempo de processo, não havendo riscos de perdê-los.

7. *Minimização da necessidade de ajustes*

A redução ou eliminação dos ajustes no processo de montagem facilita a fabricação dos componentes, diminuindo o tempo de processo e aumentando a qualidade e confiabilidade do produto (BARBOSA, 2007).

8. *Otimização da sequência de montagem*

A otimização da sequência de montagem traz facilidade ao processo e melhora a manufatura do produto.

Segundo Sousa (1998), para a definir a sequência de montagem devemos determinar a sequência de desmontagem, conforme os tópicos a seguir:

1. Desmontagem é um processo no qual cada componente pode ser retirado da estrutura sem dificultar a estrutura da submontagem;
2. A sequência de montagem é o inverso da sequência de desmontagem.

Uma sequência eficaz é aquela que possui o menor número de passos e evita riscos de danificar peças (SOUSA, 1998). Com isso, a otimização da sequência de montagem traz confiabilidade ao produto, traz melhor ergonomia para a montagem e diminui o tempo no processo.

2.3.3 Exemplos de aplicações do DFMA

Existem diversos trabalhos envolvendo a metodologia DFMA, trazendo resultados bem interessantes. Dentre estes podemos destacar o de Barbosa (2007), Bertin (2018), Junior (2016) e Malewschik (2016).

Barbosa (2007) traz um estudo dentro da indústria Aeronáutica no Brasil a fim de melhorar processos de fabricação, montagem, manutenção, ergonomia e confiabilidade, no desenvolvimento de projetos na indústria Aeronáutica, tudo isso com o menor custo possível. Neste trabalho é desenvolvido uma ferramenta baseada nos conceitos de DFMA e utilizando quadros de verificações, com intuito de auxiliar os engenheiros que atuam no desenvolvimento de produto, de modo que os mesmos consigam alcançar os benefícios que essa ferramenta traz.

O trabalho de Bertin (2018), utiliza a metodologia para a construção e desenvolvimento de diversos equipamentos, independentes do seu nível de complexibilidade. O método é aplicado de maneira genérica é uma indústria de fabricação de componentes agrícolas e construção civil. A escolha do projeto a ser utilizado foi definida por meio de pesquisa-ação, entrevistas e critérios e princípios que devem ser levados em consideração para a aplicação do DFMA, classificando as famílias de equipamentos da empresa, visando a escolher as mais adequadas. Logo em seguida, foi realizada uma análise de DFMA em dois projetos, um de alta complexibilidade e outro de baixa, sendo auxiliada por guias como *DFMAfull* e *DFM express*. O trabalho teve como resultado uma expressiva redução de 39,5% no tempo de projetos de alta complexidade e 29,4% no tempo de fabricação, 88,8% no tempo de montagem e reduções de custos em torno de 20%.

Junior (2016) aplicou o DFMA em uma indústria de carrocerias de ônibus, criando uma ferramenta de trabalho que tem como objetivo auxiliar os engenheiros e projetistas de modo a melhorar a manufatura e a montagem que compõem a estrutura da carroceria de ônibus. No final foi realizado um estudo de caso sobre uma carroceria de micro-ônibus comprovando a real eficácia da ferramenta e trazendo ganhos significativos tanto no projeto quanto melhorias de carrocerias já existentes.

Malewschik (2016) utilizou a metodologia de Modelagem da Informação da Construção (BIM) juntamente com o DFMA com o objetivo de reduzir o número de partes da construção, sendo desenvolvido uma modelagem de um projeto residencial, a partir de projetos convencionais com o DFMA. O estudo reduziu a quantidade de

partes em 98,35%, confirmando que a diminuição da quantidade de partes de um produto pode gerar uma melhora no projeto significativa.

2.4 Engenharia Simultânea

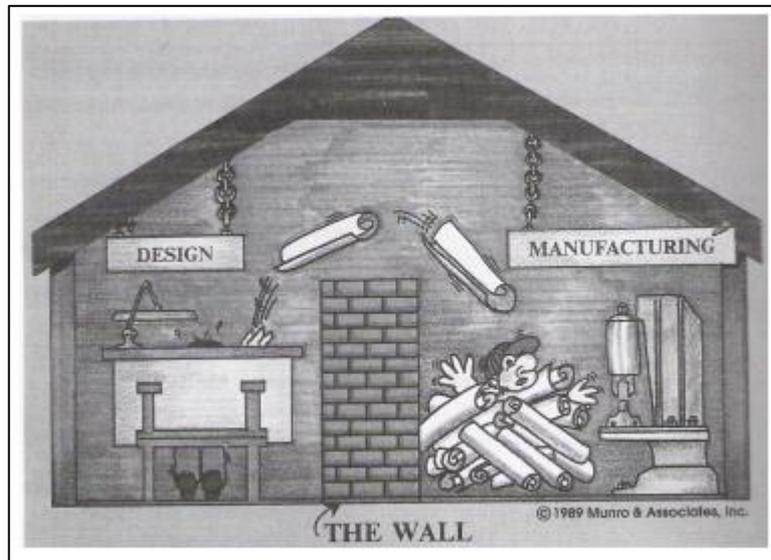
O desenvolvimento de um produto novo é bem desafiador para os projetistas, uma vez que os engenheiros devem analisar vários pontos importantes e não apenas o produto, mas também a manufatura, vendas, assistência técnica, qualidade entre outros. Porém grande parte desses profissionais não possuem o conhecimento destas outras áreas envolvidas, e é neste ponto que devemos formar um grupo heterogêneo, podendo aproveitar experiências de diferentes profissionais com diversos pontos de vista sobre o projeto (BARBOSA, 2007).

A engenharia simultânea é definida como uma abordagem sistemática para o projeto simultâneo e integrado de produtos e dos processos a eles relativos, Zancul *et al.* – Organização do Trabalho no Processo de Desenvolvimento de Produtos: A Aplicação da Engenharia... incluindo manufatura e suporte. Tal abordagem procura fazer com que os envolvidos considerem, desde o início do desenvolvimento, todos os elementos do ciclo de vida do produto, do conceito ao descarte, incluindo a qualidade, o custo, os prazos e os requisitos dos clientes (WINNER *ET AL.*, 1988).

A engenharia simultânea usada nas empresas baseia-se no paralelismo da execução das atividades e visa à antecipação de problemas, geralmente por meio de reuniões entre as pessoas das áreas funcionais envolvidas (SOBEK II *ET AL.*, 1999).

Bralla (1996) cita três modelos de desenvolvimento de produtos: *Over the wall* (por cima do muro), onde a engenharia e manufatura trabalham de forma separada, trazendo possíveis problemas para garantir a fabricação e montagem do produto, visto que o projetista envia o desenho referente ao projeto para a manufatura sem que a mesma não tenha participação disto. *The sign-off* (assinatura), onde a engenharia de manufatura aprova o projeto final do produto antes da liberação para a produção e finalmente a *engenharia de produto*, manufatura e outros departamentos, igualmente importantes, devem participar do desenvolvimento do produto desde o início. A figura 16 ilustra as dificuldades e falta de comunicação entre as áreas, fazendo com que as áreas entre o projeto ajam de forma individual, e com isso, possíveis erros de projetos possam ocorrer, uma vez que as áreas não se interagem e não há conhecimento das dificuldades de projeto entre os setores.

Figura 16 - Divisões entre os setores.



Fonte: Bralla (1996).

Os principais objetivos da engenharia simultânea estão relacionados à redução do tempo de desenvolvimento de empreendimentos, ao aumento do valor do produto para o cliente e também à redução de custos (PERALTA, 2002).

Segundo o autor citado acima, a engenharia simultânea consiste portanto na realização de várias etapas de um projeto interativamente, envolvendo profissionais de diferentes áreas desde o início até o fim do projeto com o objetivo de redução do tempo total e melhoria da qualidade do desenvolvimento, sendo fundamental no compartilhamento de informações entre os setores envolvidos no projeto, com o intuito de promover a formação de grupos multidisciplinares e melhorar a comunicação entre os departamentos.

2.5 *Brainstorming*

O *brainstorming* pode ser definido como uma ferramenta associada à criatividade e utilizada, geralmente em fases de planejamento de um determinado projeto, buscando soluções para um determinado problema (Mazzotti, Broega e Gomes, 2012). A ferramenta foi desenvolvida no ano de 1939, por Alex Osborn, o qual define o termo *brainstorm* como o ato de “usar o cérebro para tumultuar um problema” (Osborn, 1987, p.73).

A técnica de *brainstorming* é utilizada com a finalidade de trazer o maior número de ideias possíveis envolvendo um determinado problema ou tema, fazendo-se com que um grupo de pessoas, preferencialmente de áreas e competências diferentes, se reúnam a fim de colaborar para uma “tempestade de ideias”, onde as opiniões de diferentes áreas juntamente com suas experiências sejam somadas e associadas às dos outros, formando um longo processo de sugestões e discussões, não sendo descartadas e julgadas nenhuma opinião para que assim possa se ter uma evolução na resolução do problema (Mazzotti, Broega e Gomes, 2012).

A utilização desse método parte da ideologia de que um grupo gera mais ideias do que os indivíduos isoladamente e constitui, por isso, uma importante fonte de inovação pelo desenvolvimento de pensamentos criativos e promissores (Lobo, 2020).

Conforme Britto (2016), o *brainstorming* designa um procedimento utilizado em reuniões para estimular a dissecação de problemas ou fatos, fazendo com que todos os participantes apresentem suas ideias, mesmo que pareçam sem valor, e posteriormente o grupo possa eleger aquelas de maior relevância para serem trabalhadas.

“Quanto mais ideias concebermos conjecturalmente, por meio de possibilidades alternadas, tanto mais provável é acertar em uma ou mais que nos resolvam o problema” (Osborn, 1987, p.129.).

Segundo Brown (2010), o *brainstorming* é uma técnica importante e eficiente quando a meta é abrir uma ampla variedade de ideias: “as outras abordagens são importantes para fazer escolhas, mas não há nada melhor que uma boa sessão de *brainstorming* para criá-las” (Brown, 2010, p.75).

Conforme Lobo (2020), o autor afirma que o *brainstorming* é constituído de três etapas conforme o quadro 1.

Quadro 1 - Etapas do brainstorming

Etapas	Descrição
Definição do problema	<p>O líder/coordenador deve apresentar brevemente o assunto ou o problema que será abordado.</p> <p>O líder/coordenador deve expressar o problema na forma de uma pergunta iniciada por: o quê?, como? ou por quê?, dependendo do problema escolhido, e destacá-lo em uma lousa ou flip-chart.</p> <p>O objetivo é deixar os integrantes cientes sobre o que vão opinar.</p>
Fase criativa	<p>O líder/coordenador deve conceder um tempo para que os integrantes pensem sobre o assunto.</p> <p>O líder/coordenador convida o time a apresentar as ideias.</p> <p>Cada integrante deve colocar suas ideias verbalmente ou por escrito.</p> <p>Todos devem apresentar o maior número de ideias possível.</p> <p>À medida que os integrantes geram ideias, o líder ou outro integrante do time anota cada uma na lousa ou flip-chart.</p>
Fase crítica	<p>O time analisa as ideias, comparando-as e eliminando as que são iguais ou de mesmo sentido e as inadequadas, e selecionando as melhores.</p> <p>Cada integrante deve esclarecer suas ideias, quando necessário.</p> <p>Depois da análise das ideias geradas é que se pode chegar a uma decisão bem fundamentada para a solução do problema.</p>

Fonte: Lobo (2020).

Lobo cita algumas regras para o desenvolvimento do brainstorming como:

- As críticas devem ser eliminadas;
- Deve-se pensar em quantidades e combinações de ideias;
- Manter o fluxo de ideias ininterrupto;
- Registrar todas as ideias.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será descrito como foram realizadas as etapas para a construção deste trabalho, bem como, passo a passo dos procedimentos e instrumentos necessários, coleta de dados, análise dos dados, delimitação da pesquisa, entre outros.

3.1 Delimitação da pesquisa

3.1.1 Do ponto de vista da natureza

Este estudo se enquadra na pesquisa aplicada, pois realizou-se em uma indústria específica da região do oeste catarinense, envolvendo verdades e interesses locais, a fim de melhorar o desenvolvimento de produtos dentro da indústria de implementos rodoviários.

3.1.2 Do ponto de vista da abordagem do problema

A pesquisa deste trabalho é classificada-se como qualitativa, uma vez que as coletas de dados serão realizadas diretamente da fonte natural e não envolve técnicas estatísticas, e sim análise do desenvolvimento dos projetos, comparando alguns erros que podem ocorrer com a não utilização do método DFMA.

3.1.3 Do ponto de vista dos objetivos

Este estudo se encaixa na pesquisa exploratório-descritiva, uma vez que tem como intuito determinar problemas com vistas a torná-los explícitos ou a hipótese para que se tenha uma resolução do mesmo. Realizou-se entrevistas com os colaboradores da linha definida e observando e monitorando o processo pode-se compreender melhor onde seria aplicada a metodologia DFMA com mais precisão.

Marconi e Lakatos (2017) sugerem que para ser uma pesquisa exploratória ela deve objetivar a formulação de problemas e questões através da construção de hipóteses, promover a integração entre o pesquisador e o ambiente, fato ou fenômeno para conseguir realizar futuramente uma pesquisa mais precisa e clareando e alterando conceitos.

Este trabalho a partir de seu objetivo geral, consiste em avaliar o método de projeto para fabricação e montagem (DFMA) a fim de sugerir melhorias em componentes na indústria de implementos rodoviários. A escolha dos componentes para ser aplicada a metodologia DFMA deu-se por meio de discussões e um *brainstorming* com o setor da qualidade da empresa definindo-se o local onde aplicaram-se as entrevistas e monitoramentos, e com esses dados definiu-se os componentes a serem estudados. A linha definida para a aplicação das entrevistas foi a Frigorífica, pois junto com o setor da qualidade definiu-se que nesta linha era onde teríamos maiores componentes envolvendo e também é onde ocorrem diversos erros de montagem. Com as adaptações dos quadros e matrizes, sugeriu-se melhorias no processo de montagem e fabricação bem como redução de custos, ergonomia, agilidade no processo, e por fim, fabricaram-se protótipos com o intuito de comparar os mesmos com o modelo anterior nas mesmas condições, verificando se o DFMA apresentou resultados positivos ou negativos.

3.1.4 Do ponto de vista dos procedimentos técnicos

Os ambientes em que ocorre a pesquisa são muito diversificados, assim como os métodos e técnicas utilizados para coleta e análise dos dados, existindo diferentes enfoques adotados em sua análise e interpretação, fazendo com que se torne difícil o estabelecimento de um sistema de classificação que considere todos esses elementos, sendo necessária a classificação segundo o seu delineamento (GIL, 2017).

Para este estudo utilizou-se o delineamento do tipo pesquisa-ação, uma vez que este trabalho utilizou informações já existentes de pesquisas e trouxe informações de um certo grupo de pessoas dentro de uma indústria.

Thiollent (1985) afirma que este modelo é uma pesquisa de base empírica, isto é, traz consigo uma forte relação com um problema coletivo ou ação que resulta no envolvimento de todos os pesquisadores de forma coletiva. Este tipo de pesquisa é abordagem apropriada para o ambiente empresarial, quando há necessidade de implantação e melhoria de métodos e processos bem como aplicação de ferramentas e métodos (BERTIN, 2018).

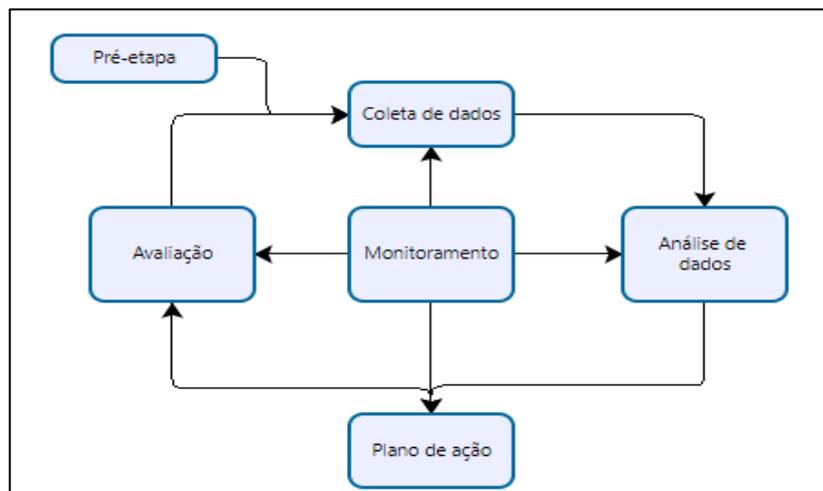
Segundo Gil (2017) a pesquisa-ação é muito flexível, pois além dos aspectos referentes à pesquisa propriamente dita, envolve também a ação dos pesquisadores

e dos grupos interessados, o que ocorre nos mais diversos momentos da pesquisa, o que faz com que não se tenha uma clareza referente ao seu planejamento e suas etapas sejam ordenadas de formas temporária, uma vez que entre as fases ocorre um constante vaivém determinado pela dinâmica do relacionamento entre o pesquisador e a situação pesquisada.

Apesar de existirem diversos métodos para o uso da pesquisa-ação, este estudo irá utilizar o método adaptado Coughlan e Coghlan (2002) conforme a figura 17. Este modelo utiliza três etapas:

1. Pré-etapa, que é a fase onde propõem-se entender a finalidade e o contexto;
2. Os seis passos principais, que são a coleta, realimentação e análise de dados, plano de ação, implementação e a avaliação;
3. Etapa de monitoramento, que ocorre durante todo o ciclo, trazendo conhecimento e levando o pesquisador a construir e acompanhar sua pesquisa.

Figura 17 - Modelo adaptado da pesquisa-ação



Fonte: Pesquisa (2022).

3.2 Da unidade de análise

Este trabalho segue o fluxograma da figura 17 conforme sugeriu Coughlan e Coghlan (2002), seguindo o ciclo da pesquisa-ação com exceção da realimentação dos dados e implementação.

Realizou-se um *brainstorming* com o setor de qualidade com o intuito de definir qual linha de produção será selecionada para aplicar a metodologia DFMA. Na coleta de dados realizou-se entrevistas com engenheiros, analistas e operadores que

trabalham no setor produtivo. Por meio dos monitoramentos foram observadas dificuldades relacionadas com problemas de montagens, ergonomia, custos e sugestões de melhoria dos responsáveis pelo setor escolhido. O monitoramento realizou-se em todas as etapas no desenvolvimento da pesquisa. Também foram acessados dados da empresa como desenhos técnicos e outros documentos do setor de engenharia.

A análise de dados realizou-se com os dados e respostas obtidas nas entrevistas, *brainstorming* e por meio dos monitoramentos realizados no setor. Definiu-se os componentes nos quais a metodologia DFMA é aplicada e, a partir disto, utilizou-se quadros e matrizes de verificação levantando-se as possíveis melhorias que podem ser obtidas nos componentes.

O plano de ação desenvolveu-se por meio dos conceitos do DFMA utilizando tabelas e matrizes de verificação levantando as possíveis melhorias que podem ser obtidas e posteriormente realizou-se sugestões de melhorias nos componentes.

Na avaliação realizou-se protótipos para a validação das ações expostas pela ferramenta, realizando testes no componente com as mesmas condições do modelo anterior.

E por último a comparação dos conceitos do DFMA ao do projeto anterior, verificando-se houve resultados positivos ou negativos.

3.3 Coleta de dados

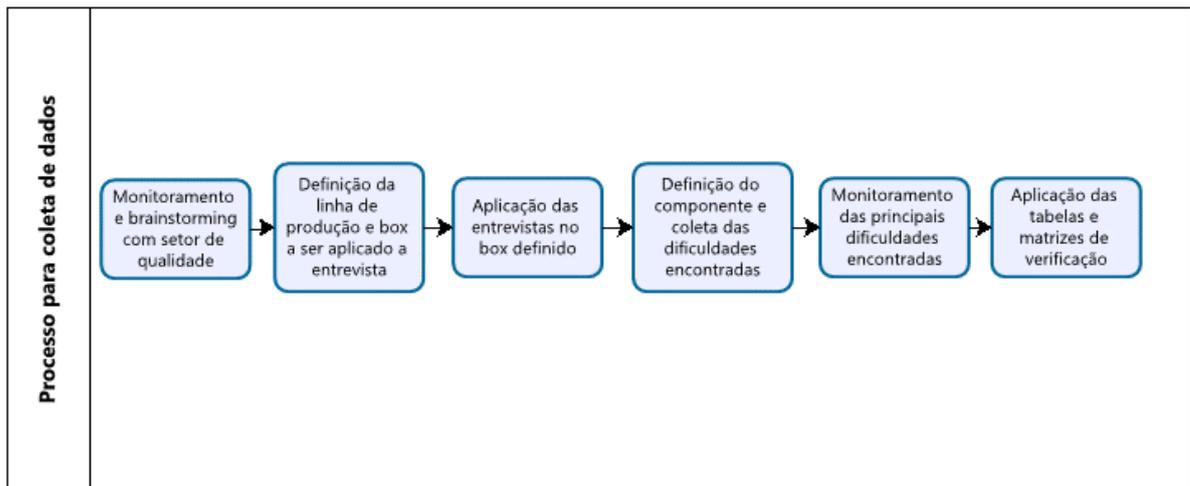
Realizando-se um *brainstorming* com o setor de qualidade, foi possível determinar a linha de produção onde aplicaram-se as entrevistas. Logo após a aplicação das entrevistas com os colaboradores do setor escolhido, definiu-se com os dados obtidos os principais componentes e características nos quais se aplica a metodologia DFMA.

A partir das coletas de dados por meio das entrevistas descritas no item 4.2 e contida no apêndice A, o presente trabalho monitorou no mês de setembro as principais dificuldades de montagem, ergonomia e custos dos principais componentes levantados dentro do setor escolhido, bem como, elementos de fixação (rebites e parafusos) e elementos com dobras, podendo-se definir em quais elementos a aplicação do DFMA se enquadraria.

Dando sequência, utilizou-se as quadro e matrizes de simplificação baseadas na metodologia DFMA, e soluções foram trazidas para uma melhora da montagem e fabricação dos componentes escolhidos.

A figura 18 mostra as etapas que serão desenvolvidas na coleta de dados.

Figura 18 - Fluxograma da coleta de dados.



Fonte: Pesquisa (2022).

3.4 Instrumentos para coleta de dados

Realizou-se um brainstorming com o setor de qualidade, onde definiu-se a linha de produção a serem aplicadas as entrevistas.

Essas entrevistas serviram de guias para verificar-se onde deveriam agir os conceitos do DFMA. Essas entrevistas, ocorreram no mês setembro agendadas previamente como os participantes da entrevista, e formalizadas em um documento que estará anexado a este projeto (apêndice A), esta chamada de roteiro básico de entrevista.

A validação deste roteiro deu-se por meio de uma simulação de um colaborador do departamento da qualidade, onde realizou-se o primeiro teste deste roteiro básico de entrevista validando-se que o mesmo teve resultados para a pesquisa.

Também se utilizou os bancos de dados e documentos da empresa bem como desenhos técnicos e documentos de engenharia.

Utilizou-se software CAD 3D e uma máquina universal de ensaios para realizar os testes de cisalhamento em alguns componentes.

3.5 Análise dos dados

A análise dos dados é de forma descritiva, logo após a definição dos componentes e as respostas enfrentadas com as entrevistas e do brainstorming, trazendo-se as principais dificuldades e melhorias que podem ser realizadas. Logo após a reunião desses dados de corte transversal do mês de setembro e outubro avaliou-se e definiu-se os componentes a ser aplicado o DFMA. Realizando-se observações e monitoramentos no componente, pontuou-se os principais itens a serem resolvidos com a aplicação do DFMA.

Com isso, utilizando os conceitos do DFMA, iniciou-se um estudo do método em cima dos componentes propostos com a utilização de quadros e matrizes de simplificação. Realizando-se a avaliação dos pontos levantados após a aplicação das matrizes e quadros, concretizou-se uma proposta de melhoria dos componentes em estudo.

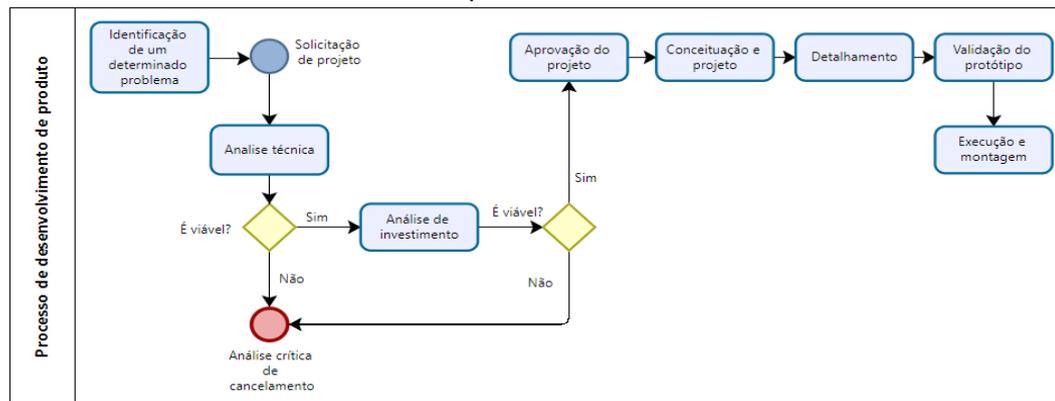
Fabricaram-se protótipos dos componentes modificados pelo DFMA, comparando-se os projetos sem aplicação da ferramenta e validando os resultados de suas diferenças.

3.5.1 Aplicação do método DFMA no desenvolvimento de implementos rodoviários

A realização desse estudo deu-se em uma empresa do ramo de implementos rodoviários na região oeste de Santa Catarina, dentro do setor de engenharia da qualidade.

O processo de desenvolvimento de produto dentro da empresa analisada segue basicamente conforme o fluxograma abaixo (figura 19).

Figura 19 - Processo de desenvolvimento de produtos.



Fonte: Pesquisa (2022).

O processo começa com uma identificação de um determinado problema, podendo ser identificado por qualquer área/colaborador dentro da empresa e repassado para o setor responsável, que geralmente envolve mais de uma área, como qualidade, processo, engenharia de produto entre outros. Os responsáveis irão então a partir desse problema, solicitar um projeto ou alteração em algum projeto/processo a fim de eliminar o problema.

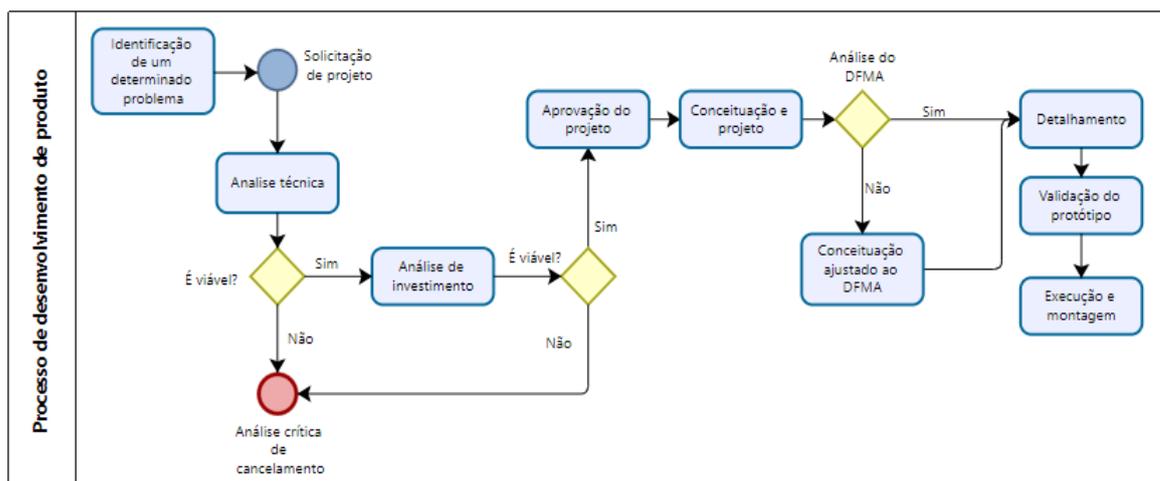
Posteriormente é realizada uma análise técnica verificando-se o projeto atende os requisitos técnicos da empresa e, se for viável, é realizada a análise de investimentos. Caso algumas dessas etapas não forem viáveis, o projeto é reavaliado e fica arquivado ou em *backlog* até que se tenha outras opções mais viáveis ou recursos disponíveis.

Com o sucesso nas etapas de análise, é aprovado o projeto e logo em seguida já entra em conceituação e detalhamento de projeto, validação de um protótipo, ajustes necessários e, por fim, execução e montagem.

O projeto será definido por meio de um brainstorming com a equipe do setor de qualidade, uma vez que os mesmos estão em contato diários com os problemas mais críticos no setor produtivo. Com isso, por meio de observações pretende-se identificar dificuldades de montagem e oportunidades de melhorias.

O DFMA estaria inserido logo após a conceituação e projeto e, como referência, utilizado um adaptado do modelo de Bertin (2018) conforme a figura 20.

Figura 20 - Etapas sugeridas para desenvolvimento de produtos.



Fonte: adaptado de Bertin (2018).

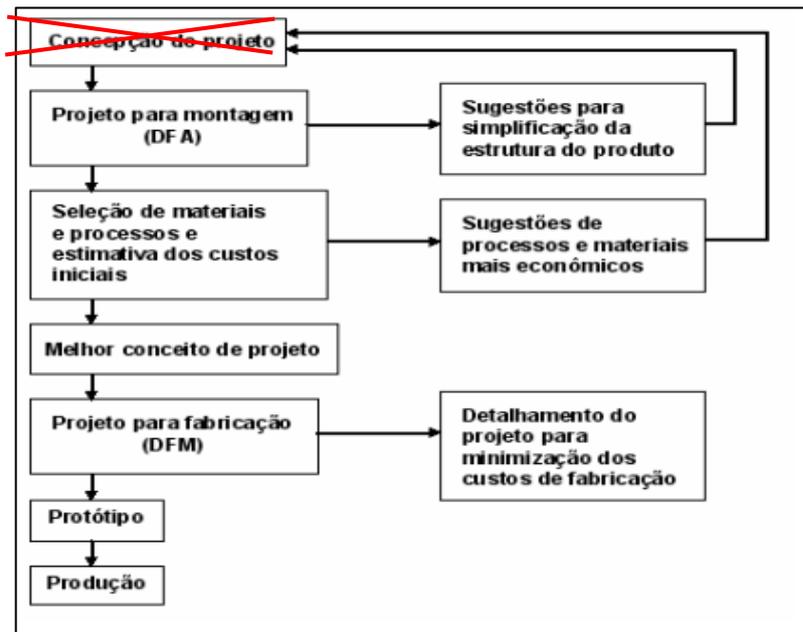
A figura 20 demonstra a sugestão das etapas para desenvolvimento de produtos, inserindo a Análise do DFMA após a conceituação e projeto, pois após esta etapa, custos com erros de projetos podem ser maiores.

Dentro das etapas de desenvolvimento de produto utilizado para a aplicação do DFMA, será um adaptado dos passos propostos de Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994), conforme a figura 7.

Como a empresa já possui peças e projetos constituídos, a concepção do projeto já estará concluída, fazendo-se com que o componente para a aplicação do DFMA não necessite de conceituação, iniciando o trabalho a partir da análise do DFA como mostra a figura 21.

No DFA e DFM, as análises que serão realizadas baseadas no que foi apresentado no item 2.2.2 e também em quadros e matrizes de Junior (2016) e Bertin (2018) adaptados para o propósito desse trabalho. Foram levantadas oportunidades de redução de custos comparando os modelos propostos e atuais. Logo em seguida é realizada a escolha da melhor conceituação de projeto e depois entrará na etapa de projeto para o DFM. Com essas informações sugeriu-se melhorias de processo e produto e fim de simplificar e facilitar a montagem do componente a ser estudado. Também se realizou um detalhamento de redução de custos de fabricação. Por fim confeccionam-se protótipos para validar o estudo.

Figura 21 - Etapas utilizadas para o DFMA.



Fonte: Adaptado de Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994).

Os quadros a seguir serviram de guia para a aplicação do DFMA e também para otimização do processo de montagem e manufatura dos projetos a ser estudados. Os mesmos possuem quatro colunas, sendo uma para descrever o item, critérios para ser avaliados, situação (sendo classificado como: não se aplica, não contempla e contempla) e por último uma coluna de observações

Para a aplicação do DFA e DFM foram utilizados os quadros 2 e 3 e as figuras 22 e 23 (matrizes de simplificação) adaptadas das dissertações da Universidade de Caxias do Sul de Bertin (2018) e da Universidade de Passo Fundo de Junior (2016), mostradas abaixo.

Quadro 2 - Verificações na fase de simplificação do projeto

Requisitos de projeto para montagem (DFA) - Fase de simplificação			
Item	Critério	Situação	Observação
1	Diminuir o número de peças		
2	Permitir alinhamento e fácil inserção dos componentes		
3	Projetar peças com características de auto localização		
4	Buscar a simetria dos componentes		
5	Verificar se o componente é realmente necessário com as três regras fundamentais do DFMA		
6	Otimizar a sequência de montagem		
7	Priorizar a montagem empilhada		
8	Projetar componentes que não necessitem de força para montá-los		
9	Promover um espaçamento entre furos de modo a garantir a resistência do componente		
10	Projetar componentes que necessitem apenas de um movimento linear para serem montados. Ex: Um pino é mais fácil de montar que um parafuso.		

Fonte: Adaptado de Bertin (2018) e Junior (2016).

Para a simplificação da estrutura do produto no DFA será utilizado o quadro 2 e para o DFM o quadro 3, adaptado de Junior (2016) utilizando os princípios e regras do DFMA descritos no item 2.2.

Quadro 3 - Verificação na fase de simplificação do DFM

Requisitos de projeto para manufatura (DFM) - Fase de simplificação			
Item	Critério	Situação	Observação
1	Evitar grandes geometrias e componentes pesados		
2	Padronização dos componentes		
3	Utilização adequada de tolerâncias		
4	Diminuir o número de componentes de fixação		
5	Adequação do produto ao nível de processos disponível		
6	Escolha correta do processo		

Fonte: Adaptado de Junior (2016).

E para uma melhor organização dos critérios, a matriz adaptada de Junior (2016) (figura 22 e 23) será utilizada para que se possa ter uma melhor visualização de cada componente inserido na estrutura a ser aplicado o DFMA. Segundo o mesmo autor, a matriz permite verificar cada componente de forma individual, mas inseridas no conjunto em que as contêm.

Figura 22 - Matriz de simplificação da estrutura do produto - DFA

Verificações na fase de simplificação do projeto - DFA																		
Desenho da estrutura																		
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 10px;">S</div> <div style="font-size: small;">O componente pode ser melhorado neste quisito</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">N</div> <div style="font-size: small;">O componente não pode ser melhorado neste quisito</div> </div>	Peça	Código																
	Descrição																	
			Diminuir o número de peças															
			Permitir alinhamento e fácil inserção dos componentes															
			Projetar peças com características de auto localização															
			Buscar a simetria dos componentes															
			Verificar se o componente é realmente necessário com as três regras fundamentais do DFMA															
			Otimizar a sequência de montagem															
			Priorizar a montagem empilhada															
			Projetar componentes que não necessitem de força para montá-los															
			Promover um espaçamento entre furos de modo a garantir a resistência do componente															
			Projetar componentes que necessitem apenas de um movimento linear para serem montados.															

Fonte: Adaptado de Junior (2016).

Figura 23 - matriz de simplificação da estrutura do produto - DFM.

Verificações na fase de simplificação do projeto - DFM			Evitar grandes geometrias e componentes pesados	Padronização dos componentes	Utilização adequada de tolerâncias	Diminuir o número de componentes de fixação	Adequação do produto ao nível de processos disponível	Escolha correta do processo
Desenho da estrutura								
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; width: 30px;">S</div> <div style="text-align: center; width: 60%;">O componente pode ser melhorado neste requisito</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; width: 30px;">N</div> <div style="text-align: center; width: 60%;">O componente não pode ser melhorado neste requisito</div> </div>								
Peça	Código	Descrição						

Fonte: Adaptado de Junior (2016)

A figura 24 apresenta um exemplo de aplicação da matriz composto por Junior (2016) mostra a importância da utilização para a simplificação de projeto, pois pode-se verificar de forma organizada as possíveis melhorias em alguns componentes e padronização, com geometrias simétricas, reduzindo o número de peças, deixando de serem peças únicas e facilitando a manipulação (JUNIOR, 2016).

Figura 24 - Exemplo de aplicação da matriz de simplificação.

VERIFICAÇÕES NA FASE DE SIMPLIFICAÇÃO DA ESTRUTURA DO PRODUTO																				
CONJUNTO FRENTES ÔNIBUS MICRO																				
N	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	Evitar grandes geometrias e componentes pesados	Os componentes devem ter formas ergonômicas	Padronizar o máximo de componentes	Preferir peças simétricas	Projetar para um número mínimo de componentes	Conceber montagens empilhadas ou unidirecionais	Permitir alinhamento e fácil inserção dos componentes	Projetar peças com características de autocalização	Utilizar peças autofixadoras	Reduzir o número de peças únicas	Otimizar a sequência de montagem	Deixar claro o pré-posicionamento	Facilitar a manipulação das peças	Eliminar parafusos, molas, roldanas	Eliminar ajustes	Promover um espaçamento entre os furos de modo a garantir a resistência do componente	Desenvolver uma abordagem de projeto modular	
1	122765	BUCHA DE 25,4xDI20,4x80	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
2	518155	ARCO INF PARA BRISA DIANT MC	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
3	519899	FLAM LE ARCO PARA BRISA MC	N	N	S	S	S	N	N	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N	N
4	519900	FLAM LD ARCO PARA BRISA MC	N	N	S	S	S	N	N	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N	N
5	519901	CHAPA FECH ARCO PARA BRISA MC	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
6	519902	CH SUP DOBR LD GRADE MC	N	S	S	S	S	N	N	N	N	S	N	N	S	N	N	S	N	N
7	519903	CH SUP DOBR LE GRADE MC	N	S	S	S	S	N	N	N	N	S	N	N	S	N	N	S	N	N
8	519906	CJ SUP MOTOR LIMPADOR MC	N	S	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	S	N	N	S	N	N

Fonte: Junior (2016).

Após a aplicação dessas ferramentas adaptadas, verificou-se alguns quesitos que poderiam ser melhorados no elemento estudado e após isso, realizou-se uma estimativa de custos com intuito de trazer um processo mais econômico e com isso a sugestões de melhoria no componente sobre a abordagem dos métodos DFMA.

4 ANÁLISE E DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Definição da linha de produção por meio de um Brainstorming para a aplicação das entrevistas com os colaboradores.

Definiu-se a linha de produção em que iriam ser aplicada as entrevistas no mês de setembro por meio de discussões com a equipe da qualidade aplicando-se a ferramenta do *brainstorming* a fim de se ter uma maior efetividade nas ações tomadas com os resultados das entrevistas e onde teria o maior potencial de aplicações da ferramenta DFMA.

Figura 25 – *Brainstorming* com a equipe do setor da qualidade



Fonte: Pesquisa (2022).

A reunião realizou-se de forma rápida e com análise do conhecimento da equipe da qualidade entendeu-se que a linha que teria maior potencial de aplicações tanto da entrevista e do DFMA era a pré-montagem, onde se originam as primeiras construções dos produtos e contém uma quantidade maior de elementos de que as demais áreas.

4.2 Definição dos componentes a serem aplicados a metodologia DFMA por meio de entrevista com a linha selecionada.

As entrevistas foram aplicadas no mês de setembro com engenheiros, analistas e operadores de produção envolvidos na pré-montagem dos produtos totalizando 20 pessoas envolvidas, já tendo uma amostra bem relevante para a finalidade deste

estudo. Todas as alternativas da entrevista eram de forma objetiva a fim de facilitar a aplicação das mesmas e ter resultados mais precisos. Algumas perguntas poderiam ser assinaladas mais do que uma alternativa tendo como resultados um total superior a 20. Abaixo seguem as tabelas com os resultados obtidos das entrevistas.

A primeira pergunta da entrevista era crucial para o restante dos desenvolvimentos das outras perguntas. Se a resposta da primeira pergunta fosse negativa as outras não precisariam ser respondidas conforme a tabela 1.

Tabela 1 – Primeira pergunta do roteiro básico de entrevista.

Colaboradores que acreditavam que algum componente poderia ser modificado em algum setor	Total	Percentual
Sim	20	100%
Total Geral	20	100%

Fonte: Pesquisa (2022).

Dentro das 20 entrevistas todos colaboradores responderam que pelo menos algum componente poderia ser modificado dentro da pré-montagem, trazendo um dado bem relevante, pois incentiva ainda mais a aplicação do DFMA.

A segunda pergunta referia-se as quais características poderiam ser modificadas de acordo com cada pessoa. A tabela 2 mostra os resultados obtidos.

Tabela 2 - Segunda pergunta do roteiro básico de entrevista.

Características a serem modificadas de acordo com cada colaborador	Total	Percentual
Elementos de vedações	2	7%
Instrução de trabalho	3	11%
Modificação de material	3	11%
Modificação do design	4	15%
Modificação no processo de montagem	5	19%
Elementos de fixação	10	37%
Total Geral	27	100%

Fonte: Pesquisa (2022).

Pode-se observar-se que a característica que obteve maior porcentagem foi a modificações com elementos de fixações dentro deste setor, seguido de modificação no processo de montagem, modificação do design, modificação do material, instrução

de trabalho e por último elementos de vedações. É um dado já esperado, pois neste setor há muitos destes elementos como rebites e parafusos.

A terceira pergunta traz quais componentes cada pessoa acredita que podem ser reduzidos dentro da pré-montagem desta linha de produção e tem uma relação com a segunda pergunta. Podemos observar os resultados obtidos conforme a tabela 3 abaixo.

Tabela 3- Terceira pergunta do roteiro básico de entrevista.

Componentes a serem reduzidos de acordo com cada entrevistado	Total	Percentual
Máquina	1	4%
Nenhum	1	4%
Perfis	1	4%
Vedações	2	8%
Parafusos	4	16%
Peças com dobras	5	20%
Rebites	11	44%
Total Geral	25	100%

Fonte: Pesquisa (2022).

O elemento, segundo os entrevistados que pode ser reduzido em quantidades é o rebite, totalizando quase metade dos entrevistados (44%) trazendo relações com a segunda pergunta em que se destacou os elementos de fixação. Observar-se que realmente tinha-se um potencial muito grande em redução destes elementos por meio da aplicação do DFMA. Em segundo ficou peças com dobras, pois utiliza-se muitos elementos destas formas nesta linha e pode-se levantar uma visão mais acurada com estes tipos de elementos. Neste estudo foi aplicado o DFMA em dois componentes deste tipo. Em terceiro estavam os parafusos, porém por motivos estruturais não se pode realizar nenhuma alteração nestes elementos.

A quarta pergunta é em relação ao tempo de montagem do(s) elemento(s) selecionados na terceira pergunta conforme a tabela 4.

Tabela 4 – Quarta pergunta do roteiro básico de entrevista.

Colaboradores que acreditavam que poderia ser reduzido o tempo de montagem deste elemento	Total	Percentual
Não	3	15%
Sim	17	85%
Total Geral	20	100%

Fonte: Pesquisa (2022).

Entre os entrevistados apenas 3 acreditavam que o(s) elemento(s) não poderiam ser reduzidos seu tempo de montagem e o restante acreditavam que sim. Isto faz sentido pois com a redução da quantidade de componentes em geral se tem também uma redução no tempo de montagem.

A última pergunta se tratava ao modo de como este(s) elemento(s) são fabricados. A tabela 5 abaixo mostra os resultados.

Tabela 5 - Quinta pergunta do roteiro básico de entrevista

Colaboradores que acreditavam que poderia ser modificado a forma de como é fabricado este elemento	Total	Percentual
Não	1	5%
Sim	19	95%
Total Geral	20	100%

Fonte: Pesquisa (2022).

Dos entrevistados apenas um deles acreditava que não poderia ser modificado o modo de como é fabricado este elemento, e o restante acreditava que sim.

Começou-se um monitoramento dos principais elementos definidos na entrevista bem como rebites e elementos com dobras nos produtos em que eram fabricados neste setor e com o auxílio das guias (quadros 2 e 3) e matrizes de simplificação pode-se melhorar a montagem e fabricação de alguns destes elementos que serão discutidos nos tópicos 4.3 e 4.4.

4.3 Aplicação das técnicas da ferramenta DFMA nos componentes definidos utilizando como guia e matrizes de simplificação

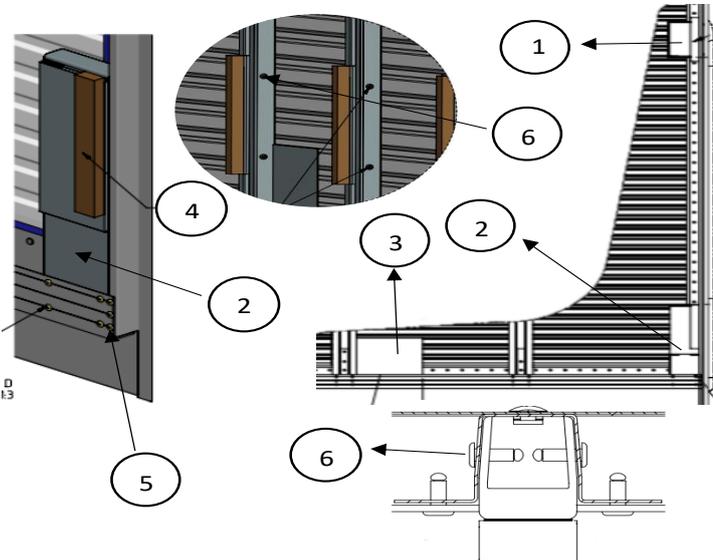
A aplicação da ferramenta DFMA trouxe algumas ideias para possíveis melhorias dentre os elementos definidos, conforme descritos no item 4.3.1.

4.3.1 Matriz de simplificação

A aplicação da matriz faz com que se tenha uma análise das estruturas a serem aplicadas a ferramentas com os critérios da metodologia do DFMA, trazendo uma visão mais ampla da estrutura em estudo.

Neste estudo foram analisadas duas estruturas. Em primeiro lugar, é de um painel lateral dos produtos frigoríficos conforme mostra a figura 26 abaixo. Primeiramente foi realizada a análise do DFM e logo em seguida do DFA.

Figura 26 – Aplicação da matriz de simplificação DFM na estrutura painel lateral

Verificações na fase de simplificação do projeto - DFM								
Estrutura painel lateral								
								
S	O componente pode ser melhorado neste quesito		N	O componente não pode ser melhorado neste quesito				
Peça	Código	Descrição	1.1 Evitar grandes geometrias e componentes pesados	1.2 Padronização dos componentes	1.3 Utilização adequada de tolerâncias	1.4 Diminuir o número de componentes de fixação	1.5 Adequação do produto ao nível de processos disponível	1.6 Escolha correta do processo
1	1002121	Reforço guia superior	N	N	N	N	N	N
2	1002222	Reforço guia inferior	S	N	N	S	S	S
3	1002323	Reforço da trava	N	N	N	N	N	N
4	1002424	Espaçador	N	N	N	N	N	N
5	1002425	Rebite inferior	N	N	N	S	N	N
6	1002426	Rebite do suporte da coluna interna	N	N	N	S	N	N

Fonte: Pesquisa (2022).

Observa-se que, por meio da matriz de simplificação, três elementos compostos na estrutura puderam ser melhorados segundo os critérios da metodologia DFMA. No item 2, chamado de Reforço guia inferior seguindo a lógica dos critérios o elemento foi reduzido seu tamanho e material (e por consequência sua massa) e também antes que eram formados por duas peças se tornaram uma peça menor. O processo de fabricação dele foi alterado, pois antes as duas peças eram soldadas uma na outra e agora apenas dobradas. Quanto aos rebites descritos no item 5 e 6 (inferior e do suporte da coluna interna), foram reduzidas as suas quantidades, pois foram substituídos por um rebite com uma maior resistência, trazendo por consequência uma redução na quantidade de rebites.

Na análise do DFM também houve melhorias conforme a figura 27 abaixo.

Figura 27 – Aplicação da matriz de simplificação DFA na estrutura painel lateral

Verificações na fase de simplificação do projeto - DFA															
Estrutura painel lateral															
S	O componente pode ser melhorado neste requisito		N	O componente não pode ser melhorado neste requisito		2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
Peça	Código	Descrição	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12	2.13
1	1002121	Reforço guia superior	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
2	1002222	Reforço guia inferior	S	S	S	N	N	S	N	N	S	N	S	N	N
3	1002323	Reforço da trava	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
4	1002424	Espaçador	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
5	1002425	Rebite inferior	S	S	N	N	N	S	N	N	S	N	S	N	N
6	1002426	Rebite do suporte da coluna interna	S	S	N	N	N	S	N	N	S	N	S	N	N

Fonte: Pesquisa (2022).

Conforme mostra a figura 27 acima, houve critérios melhorados nos mesmos três elementos descritos no DFM – Reforço guia inferior, rebite inferior e Rebite do suporte da coluna interna. Seguem abaixo os critérios que se aplicam as possíveis melhorias em cada item.

2.1 Diminuir números de componentes:

Item 2 – Reforço guia inferior: A peça que continha dois elementos se reduziu em um e também seu tamanho.

Item 5 – Rebite inferior: Foram reduzidos em 41% a quantidades de rebites deste item, uma vez que este possuía uma resistência inferior ao do modelo proposto.

Item 6 – Rebite do suporte da coluna interna: Da mesma forma que o item 5, foram reduzidos 50% dos rebites utilizados, pois o mesmo possuía uma resistência inferior ao do modelo proposto.

2.2 Permitir alinhamento e fácil inserção dos componentes:

Item 2 – Reforço guia inferior: Este elemento não possuía uma aba para encaixe no perfil de fechamento e agora com o novo modelo proposto terá uma dobra para encaixe que irá facilitar a inserção da peça.

Item 5 – Rebite inferior: Com a redução de furação e rebitagem tem-se uma melhor inserção dos rebites.

Item 6 – Rebite do suporte da coluna interna: Do mesmo modo que o item 5 com a redução furação e rebitagem tem-se uma melhor inserção dos rebites.

2.3 Projetar peças com características de auto localização:

Item 2 – Reforço guia inferior: O novo modelo poderá utilizar o mesmo gabarito utilizado nas outras operações para uma melhor localização.

2.6 Otimizar sequência de montagem:

Item 2 – Reforço da guia inferior: O novo reforço é mais leve e possui menos rebite para fixação e como consequência tem-se uma montagem mais eficiente.

Item 5 – Rebite inferior: Com a redução das quantidades de rebites se reduz também a quantidade de furações e por consequência o tempo de montagem.

Item 6 – Rebite do suporte da coluna interna: Com a redução das quantidades de rebites se reduz também a quantidade de furações e por conseguinte o tempo de montagem.

2.9 Promover um espaçamento entre furos de modo a garantir a resistência do componente:

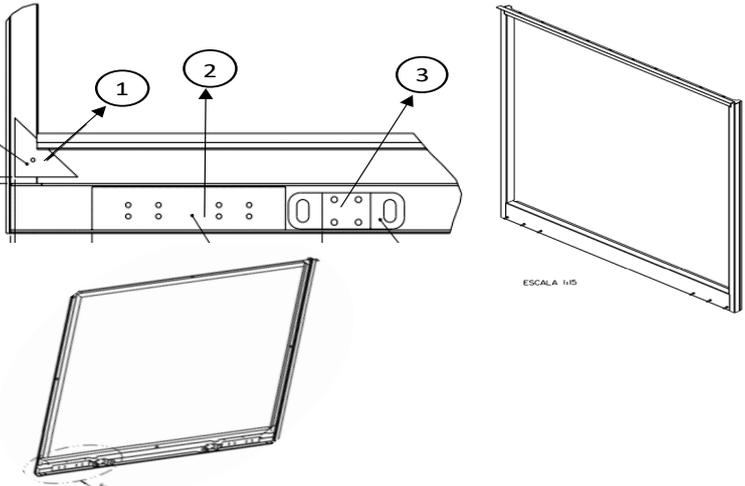
Item 2 – Reforço guia inferior: O novo modelo terá menos furação, pois a fixação dependerá de dois rebites com uma resistência maior

Item 5 – Rebite inferior: Devido a modificação do rebite por um de maior resistência, foi possível diminuir os espaços entre furos.

Item 6 – Rebite do suporte da coluna interna: Devido a modificação do rebite por um de maior resistência, foi possível diminuir os espaços entre os furos.

O próximo elemento analisado se denomina estrutura traseira. A análise do DFM segue conforme a figura 28 abaixo.

Figura 28 – Aplicação da matriz de simplificação DFM na estrutura traseira.

Verificações na fase de simplificação do projeto - DFM								
Estrutura traseira								
								
S	O componente pode ser melhorado neste requisito	N	O componente não pode ser melhorado neste requisito					
Peça	Código	Descrição	1.1 Evitar grandes geometrias e componentes pesados	1.2 Padronização dos componentes	1.3 Utilização adequada de tolerâncias	1.4 Diminuir o número de componentes de fixação	1.5 Adequação do produto ao nível de processos disponível	1.6 Escolha correta do processo
1	1002021	Reforço estrutural traseiro inferior	N	N	N	N	N	N
2	1002022	Tubo reforço quadro	S	S	N	S	N	S
3	1002023	Flange de fixação	N	N	N	N	N	N

Fonte: Pesquisa (2022).

Um dos três itens analisados (tubo reforço quadro) pode ser melhorado em alguns critérios da metodologia DFMA (item 2). Segue abaixo as possíveis melhorias segundo os critérios estabelecidos do Tubo reforço quadro.

1.1 Evitar geometrias e componentes pesados:

O componente foi reduzido de tamanho e por consequência o seu peso.

1.2 Padronização dos componentes.

O componente se tornou simétrico.

1.4 Diminuir números de componentes de fixação:

O componente se tornou menor e como consequência diminuiu-se o comprimento do cordão de solda que fixava o mesmo.

1.6 Escolha correta do processo:

O componente não necessitava de furações então as mesmas foram eliminadas trazendo uma etapa de fabricação a menos.

Na análise do DFA foram pode-se realizar-se melhorias no item 2 em alguns dos critérios conforme a figura 29 abaixo.

Figura 29 – Aplicação da matriz de simplificação DFA na estrutura traseira.

Verificações na fase de simplificação do projeto - DFA												
Estrutura traseira												
S	O componente pode ser melhorado neste requisito	N	O componente não pode ser melhorado neste requisito									
Peça	Código	Descrição	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
1	1002021	Reforço estrutural traseiro inferior	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
2	1002022	Tubo reforço quadro	N	S	N	S	N	N	N	S	S	N
3	1002023	Flange de fixação	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Fonte: Pesquisa (2022).

2.2 Permitir alinhamento e fácil inserção dos componentes:

Como reduziu-se o tamanho da peça, também se facilitou na sua montagem, uma vez que os operadores reclamavam muito do dimensionamento e peso das peças contidas nesta linha de produção.

2.4 Buscar a simetria dos componentes:

Como as duas peças são idênticas ambos os lados podem-se usar o mesmo componente.

2.8 Projetar componentes que não necessitam de força para montá-los:

De forma análoga ao segundo critério, diminuiu-se o seu peso tornando-se assim a peça mais leve.

2.9 Promover um espaçamento entre furos de modo a garantir a resistência do componente:

No modelo proposto foram retirados os furos que existiam, eliminando-se uma operação que não era necessária neste componente.

4.4 Sugestão da proposta de melhoria

Com a aplicação da metodologia DFMA e ajuda das matrizes de simplificação, foi possível determinar que alguns elementos poderiam ter uma melhoria bem significativa, bem como redução no seu tempo de montagem, redução de custos, maior facilidade na montagem de equipamentos, diminuição de processos de fabricação entre outros.

Se tratando da estrutura lateral dos painéis da linha frigorífica foram realizadas sugestões de melhorias em três elementos, sendo eles o Reforço da guia inferior, o Rebite inferior e o Rebite do suporte da coluna interna.

Reforço da guia inferior:

O reforço da guia inferior teve seu *design* modificado, o que trouxe uma redução tanto de operações com sua fabricação quanto operações com suas montagens. O novo modelo proposto é mais leve pois possui dimensões menores e é de um material mais leve (alumínio). Também na sua montagem ela requer menos rebites, economizando custo e tempo de operações com furos e rebitagem. Na sua fabricação não é mais necessário soldar pois ela é composta por apenas uma chapa de alumínio diferente do modelo anterior que possuía duas conforme a figura 30.

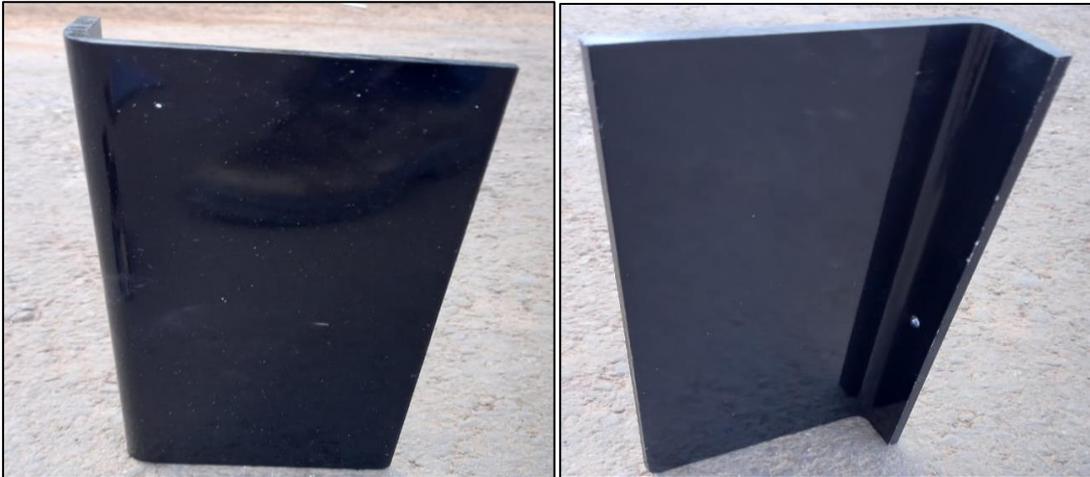
Figura 30 – Modelo atua do reforço da guia inferior.



Fonte: Pesquisa (2022).

Observa-se nas figuras 30 e 31 as diferenças principalmente de tamanho entre os dois modelos.

Figura 31 – Modelo proposto suporte da guia inferior

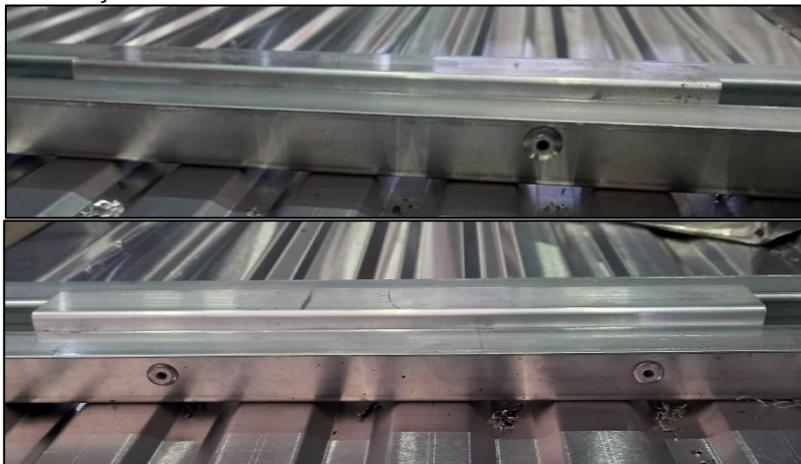


Fonte: Pesquisa (2022).

Observar-se as diferenças de complexidade de fabricação entre os modelos.

Rebite do suporte da coluna interna: O modelo proposto traz a substituição do rebite por um de maior resistência, eliminando-se as operações em 50%, uma vez que se usava quatro rebites e o modelo proposto usará apenas dois, diminuindo riscos de danos no painel com as operações de furações. O rebite proposto não será montado de forma linear como do modelo atual, e sim de um lado na parte superior e de outro na parte inferior tendo assim melhores pontos de apoio para que a estrutura não falhe conforme a figura 32 abaixo.

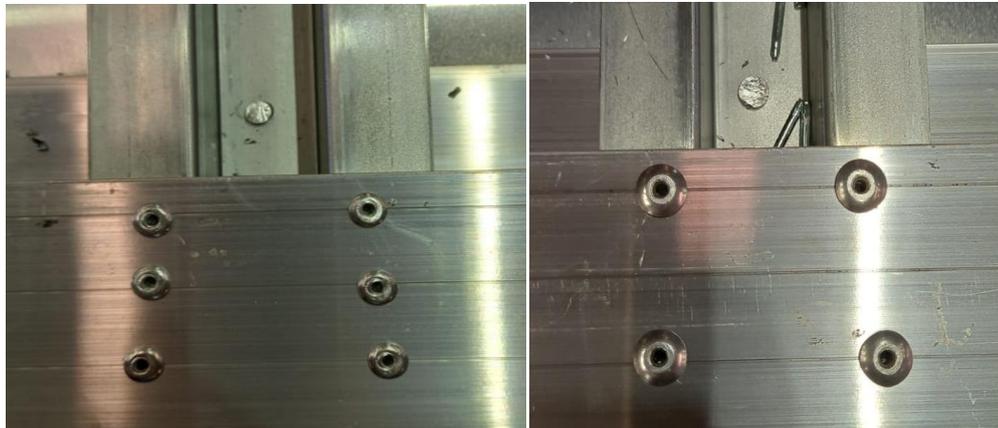
Figura 32 – Diferenças entre os modelos dos rebites



Fonte: Pesquisa (2022).

Rebite inferior: De forma análoga ao rebite do suporte da coluna interna, o modelo proposto traz a substituição do rebite por um de maior resistência, trazendo maior fluidez na montagem e resistência. A montagem do modelo proposto será realizada com quatro rebites ao invés de seis conforme o modelo atual. Os quatro rebites serão fixados nas partes superiores e inferiores das colunas, sendo retirados os rebites na parte central da coluna. A modificação do rebite inferior para um rebite de maior resistência reduz a quantidade de rebite por coluna em 33% e trouxe maior fluidez da linha e diminui riscos de não conformidades na montagem, pois possui menos furações e por consequência menos operações conforme a figura 33.

Figura 33 – Diferentes modelos rebites inferiores.



Fonte: Pesquisa (2022).

Na estrutura traseira pode-se realizar-se melhorias no tubo reforço do quadro, item 2 conforme a matriz de simplificação (figuras 28 e 29).

O modelo proposto (protótipo) segue conforme a figura 34. Este modelo tem uma redução de material em 75% em relação ao modelo atual e também reduções em operações de fabricação e montagem. O modelo proposto será do mesmo material do modelo atual (aço carbono).

Figura 34 – Protótipo do modelo proposto do tubo do quadro



Fonte: Pesquisa (2022).

Este modelo traz alguns benefícios significativos conforme será comentado no tópico 4.5 a seguir.

4.5 Comparação das modificações realizadas por meio do protótipo.

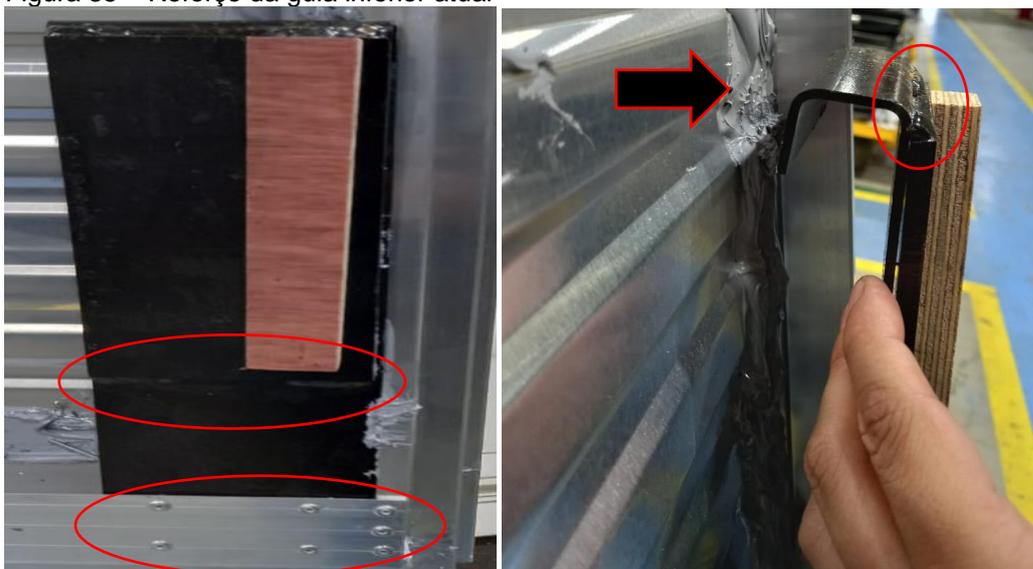
4.5.1 Comparação da estrutura do painel lateral

A estrutura do painel lateral deve resultar em resultados significativos no que diz respeito a sua montagem e fabricação. Serão abordados abaixo os tópicos dos protótipos e suas comparações com o modelo atual.

Reforço da guia inferior:

Neste item teve-se uma redução de operações de fabricação e montagem. Tratando-se da fabricação, com o modelo proposto não será mais necessária a soldagem dos elementos, uma vez que este modelo será apenas dobrado. Também não será necessária a utilização de duas peças com espessuras diferentes e sim apenas uma peça com espessura de 5 mm. A figura 35 mostra o modelo atual e pode-se perceber a união das chapas com espessuras diferentes soldadas.

Figura 35 – Reforço da guia inferior atual



Fonte: Pesquisa (2022).

Na figura 35 observa-se que só há rebites na parte inferior do reforço totalizando 4 rebites. Isto de certa forma era um problema, pois o reforço não possui fixação na sua parte superior e quando era parafusado pelos outros componentes ele poderia ser movimentar nesta região.

Pode-se perceber que é possível inclinar o componente com facilidade para frente. O modelo proposto resolve estes dois problemas, pois será encaixado no perfil de fechamento e rebitado pela lateral com apenas dois rebites com diâmetros maiores, trazendo uma melhor fixação do elemento e também uma redução nos números de furos e rebites inseridos na montagem como mostra a figura 36.

Figura 36 – Reforço guia inferior montado modelo proposto.



Fonte: Pesquisa (2022).

Podemos perceber que este modelo não possui nenhum processo de soldagem e também é fabricado com apenas uma chapa ao invés de duas conforme o modelo atual, reduzindo massa, tempo e custos de fabricação.

Conforme mostrado na figura 36, o modelo é rebitado na sua lateral ao invés de ser rebitado na sua parte inferior, fazendo-se com que o componente tenha uma melhor fixação, eliminando os problemas de inclinação conforme mostrado na figura 35. Também reduziu-se a quantidade de rebites para fixação da guia inferior de sete para dois rebites, facilitando a montagem.

Quanto aos custos de fabricação e montagem tivemos um resultado interessante conforme os comparativos entre os modelos mostrados nas tabelas 6 e 7 abaixo.

Tabela 6 – Custos de fabricação e montagem reforço guia inferior modelo atual

REFORÇO GUIA INFERIOR			
Processos	h ou m²	Custo hora	Custo Processo
CORTAR COM LASER	0,00175	R\$ 361,99	R\$ 0,63
SEPARAR COMPONENTES	0,00415	R\$ 73,35	R\$ 0,30
DOBRAR	0,00533	R\$ 185,01	R\$ 0,99
CORTAR COM PLASMA	0,0054	R\$ 376,79	R\$ 2,03
MONTAR E PONTEAR	0,005	R\$ 125,00	R\$ 0,63
SOLDAR	0,00833	R\$ 125,00	R\$ 1,04
JATO E-COAT	0,146	R\$ 6,80	R\$ 0,99
PINTURA E-COAT	0,146	R\$ 4,70	R\$ 0,69
MATERIA PRIMA	-	-	R\$ 12,99
Total	0,175967		R\$ 20,29

Fonte: Pesquisa (2022).

Tabela 7 - Custos de fabricação e montagem reforço da guia inferior proposta.

REFORÇO GUIA INFERIOR PROPOSTO			
Processos	h ou m²	Custo hora	Custo Processo
CORTAR COM LASER	0,000833	R\$ 361,99	R\$ 0,30
SEPARAR COMPONENTES	0	R\$ 73,35	R\$ -
DOBRAR	0,00167	R\$ 185,01	R\$ 0,31
CORTAR COM PLASMA	0	R\$ 376,79	-
MONTAR E PONTEAR	0	R\$ 125,00	R\$ -
SOLDAR	0,00000	R\$ 125,00	R\$ -
JATO E-COAT	0,073	R\$ 6,80	R\$ 0,50
PINTURA E-COAT	0,073	R\$ 4,70	R\$ 0,34
MATERIA PRIMA	-	-	R\$ 6,22
Total	0,0755		R\$ 7,67
Diferença entre modelos (%)	57,09%		62,21%

Fonte: Pesquisa (2022).

O modelo proposto terá uma redução de processos envolvidos em sua fabricação, não sendo necessário soldar, montar e pontear os componentes, separar os componentes e cortar com o plasma, pois o mesmo será uma peça única não sendo necessário dois componentes para a sua fabricação. Também como o componente será menor e mais leve, sua matéria prima foi reduzida em torno de 33%, onde temos o maior custo, trazendo uma redução considerável. As demais operações foram reduzidas também, pois como se trata de apenas uma peça e de tamanho inferior à do modelo atual, o tempo de operação foi reduzido. Como resultados tivemos uma redução no seu custo de fabricação e montagem de 62,21% e também uma redução em torno de 57% em seus tempos de operações.

Rebite do suporte da coluna interna:

Este rebite trouxe uma redução de 50% no tempo de operação e na quantidade de furação e rebites em comparação com o modelo atual conforme a tabela 8. Conforme mostram a figura 32, podemos perceber a diferença entre os dois modelos. Foi substituído o total de quatro rebites de 5 mm de diâmetro para apenas dois rebites de 6,5 mm de diâmetro. Os rebites no modelo atual são montados um na parte inferior e outro na superior de cada lado para melhorar os pontos de apoio no suporte da coluna. Esta sugestão de melhoria já foi aceita pelo setor de engenharia da empresa e já está sendo montado com este modelo sugerido.

Quanto a valores, não se teve uma redução expressiva, porém o tempo de montagem teve uma redução considerável e será mostrado posteriormente considerando o tempo total com todas as operações. Também foi facilitada a operação para os colaboradores e, como consequência, a redução de erros envolvendo montagem.

Tabela 8 – Relação entre os dois modelos do rebites da coluna.

Código	Nome	Quantidade de rebites	Valor individual	Valor total
1002426	Rebite do suporte da coluna interna	92	0,09	8,28
1002489	Rebite do suporte da coluna interna modelo proposto	46	0,17	7,82
Diferença (%)		50%	-89%	6%

Fonte: Pesquisa (2022).

Rebite inferior:

Com relação a este rebite foram reduzidos em 41% a quantidade de rebites e furos necessários em comparação com o modelo atual. O modelo traz uma redução de seis rebites para quatro como mostra a figura 33. Em relação a custos houve um aumento de 10,7% conforme a tabela 9, porém este custo é compensado pois seu tempo de montagem é reduzido e, como consequência seu custo final será inferior ao do modelo atual. E também como as operações são reduzidas tem-se uma redução em erros relacionados a montagem e também uma montagem mais eficiente, melhorando a o processo para os colaboradores. A tabela 9 mostra algumas diferenças.

Tabela 9 - Relação entre os dois modelos do rebite inferior.

Código	Nome	Quantidade de rebites	Valor individual	Valor total
1002425	Rebite inferior	162	0,09	14,58
1002489	Rebite inferior	96	0,17	16,32
Diferença (%)		41%	-89%	10,7%

Fonte: Pesquisa (2022).

Com isso, pode-se perceber-se que o tempo de montagem da estrutura do painel lateral teve uma redução 32% que antes era montado com 30 minutos com a sugestão de melhoria obtivemos em torno de 21 minutos, sendo uma diferença de 9 minutos por painel conforme a tabela 10. No total são montados 10 painéis por dia havendo um ganho de 90 minutos de operação, podendo ser realizados três painéis a mais.

Tabela 10 – Relação entre o tempo de montagem x taxa hora do painel

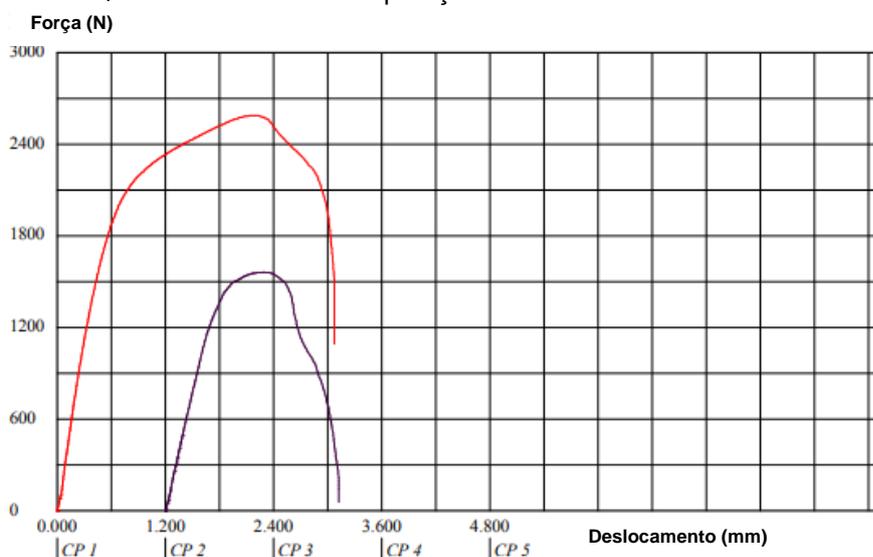
Nome	Tempo total do painel (hora)	Valor total
Estrutura painel lateral	0,3	R\$ 284,04
Estrutura painel lateral modelo proposto	0,21	R\$ 220,80
Diferença (%)	0,09	22%

Fonte: Pesquisa (2022).

Com isso conclui-se que se teria uma redução no valor diário de aproximadamente R\$630 nesta operação e também uma redução considerável no seu tempo de montagem, trazendo uma melhor fluidez na linha de montagem.

Os dois rebites tanto o inferior como o do suporte da coluna interna são os mesmos rebites, então foram realizados testes de cisalhamento a fim de comparar ambos os rebites e suas resistências. A figura 37 abaixo mostra a diferença entre força x deslocamento de ambos os rebites.

Figura 37 – Gráfico força x deslocamento comparações entre os rebites.

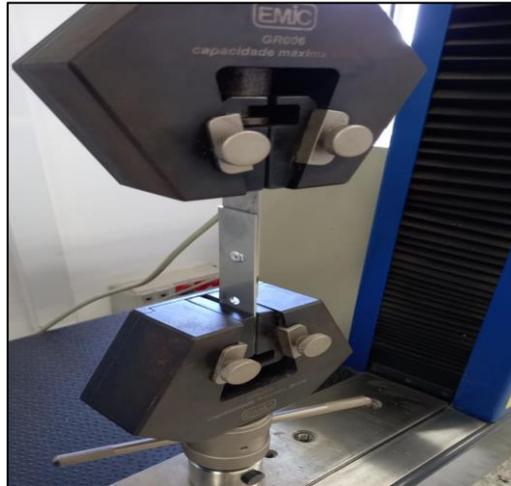


Fonte: Pesquisa (2022).

A curva em vermelho é a do rebite sugerido para a mudança e a de azul é a do rebite atual. O rebite sugerido suportou uma carga máxima de 2589,2 N. Já o rebite atual 1564,1 N, tendo uma diferença de 1025,1 N entre os rebites, provando que o rebite sugerido irá suportar com facilidade os esforços sugeridos pelo componente.

As amostras foram realizadas de forma simples com chapas da mesma espessura do material em que serão submetidas conforme a figura 38.

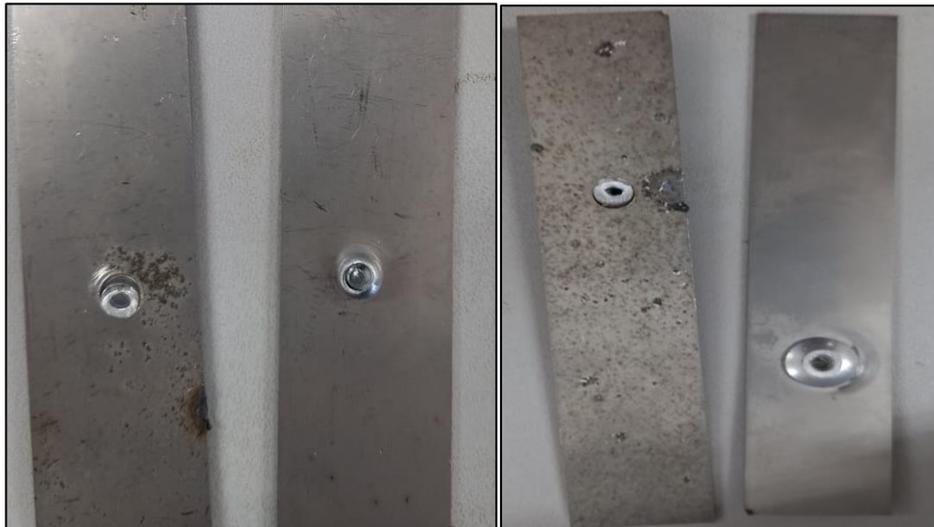
Figura 38 – Teste de cisalhamento simples entre os rebites.



Fonte: Pesquisa (2022).

A figura 39 mostram os rebites cisalhados após o teste realizado.

Figura 39 – Teste de cisalhamento entre rebites.



Fonte: Pesquisa (2022).

Também foram realizados testes com amostras com às mesmas condições de montagem conforme a figura 40, porém devido as limitações da máquina de teste não foi possível validar os testes.

Figura 40 – Amostras realizadas com as mesmas condições da montagem.



Fonte: Pesquisa (2022).

4.5.2 Comparação da estrutura traseira

Nesta estrutura traseira do produto realizou-se modificação em apenas um componente, porém teve-se um ganho envolvendo custos de fabricação bem considerável neste elemento conforme será descrito.

O componente otimizado foi o Tubo reforço quadro, e teve suas características geométricas modificadas, retirando furações que não eram mais necessárias e excesso de material e cortes desnecessários. A estrutura atual é mostrada na figura 41 abaixo.

Figura 41 – Tubo reforço do quadro atual.



Fonte: Pesquisa (2022).

Com relação a montagem e teste deste elemento não se teve uma redução considerável, porém sua massa foi reduzida em $\frac{3}{4}$ do seu tamanho original facilitando a manipulação da peça para o operador.

Nota-se que as simplificações realizadas no modelo proposto por meio da figura 34 descritas no item 4.4. A figura 42 abaixo mostra o modelo proposto montado na estrutura do quadro (protótipo).

Figura 42 – Modelo proposto montado na estrutura.



Fonte: Pesquisa (2022).

O componente teve uma redução de material em torno de 75% em relação ao modelo atual, trazendo uma redução de custo considerável. Quanto aos processos de fabricação também houve simplificação, pois não haverá necessidade de realizar furação e cortes na peça. As tabelas 11 e 12 descrevem as comparações de valores dos dois modelos.

Tabela 11 – Custos de fabricação e montagem Tubo reforço quadro

TUBO REFORÇO QUADRO			
Processos	h ou m²	Custo hora	Custo Processo
CORTAR COM LASER	0,00215	R\$ 361,99	R\$ 0,78
SEPARAR COMPONENTES	0,00778	R\$ 73,35	R\$ 0,57
DOBRAR	0,0085	R\$ 185,01	R\$ 1,57
PINTAR TOP COAT ACRILICO - PEÇAS	0,141	R\$ 18,00	R\$ 2,54
MATERIA PRIMA	-	-	R\$ 13,70
Total	0,018433		R\$ 19,16

Fonte: Pesquisa (2022).

Tabela 12 - Custos de fabricação e montagem Tubo reforço quadro proposto.

TUBO REFORÇO QUADRO PROPOSTO			
Processos	h ou m²	Custo hora	Custo Processo
CORTAR COM LASER	0,0005	R\$ 361,99	R\$ 0,18
SEPARAR COMPONENTES	0,00358	R\$ 73,35	R\$ 0,26
DOBRAR	0,001667	R\$ 185,01	R\$ 0,31
PINTAR TOP COAT ACRILICO - PEÇAS	0,03525	R\$ 18,00	R\$ 0,63
MATERIA PRIMA	-	-	R\$ 3,43
Total	0,005747		R\$ 4,81
Diferença entre os modelos (%)	68,82%		74,89%

Fonte: Pesquisa (2022).

Neste modelo foi reduzido em torno de 68% do seu tempo de fabricação e montagem e também 74,89% do seu valor final. Apesar dos custos serem relativamente pequenos, por dia são fabricados em torno de 14 componentes, tendo uma redução mensal em torno de R\$ 4.000 reais.

5 CONCLUSÃO

O levantamento de dados com o *Brainstorming* e as entrevistas aplicadas foram essenciais para este estudo, dando uma direção específica onde deveríamos atuar com a metodologia, podendo definir onde seria aplicado este estudo e também definindo os componentes a serem estudados. Com as entrevistas pode-se identificar onde estavam as dificuldades quanto a montagem e fabricação de peças. O *Brainstorming* serviu de auxílio para a definição da linha de produção onde seriam aplicadas as entrevistas. Já os dados coletados das entrevistas serviram para a definição dos componentes a serem estudados. Pode-se observar-se que elementos de fixação principalmente se tratando dos rebites foram os que tiveram maiores resultados, seguidos de elementos com dobras.

A aplicação das técnicas da metodologia do DFMA juntamente com o auxílio da matriz de simplificação trouxe resultados bem relevantes podendo-se dizer que a metodologia pode trazer muitos benefícios se aplicada de forma adequada. Com a matriz de simplificação foi possível ter uma visão mais ampla do componente em que foram aplicados o DFMA, sendo possível melhorar os elementos estudados em alguns quesitos da metodologia. Os quadros não foram utilizados pois esta teria maior eficiência na etapa de conceituação de projeto e este trabalho baseou-se apenas em componentes já desenvolvidos, sendo necessário apenas a utilização das matrizes de simplificação que trouxe resultados muito positivos para este estudo.

Com o emprego do DFMA, houve melhorias em quatro componentes, sendo eles, o reforço da guia inferior, a montagem do rebite inferior e do suporte da coluna interna e por último do tubo reforço do quadro. As sugestões traziam reduções no tempo de montagem, reduções de materiais, reduções no tempo de fabricação dos elementos e como consequência reduções de custos. No reforço da guia inferior reduzimos seus processos de montagem e fabricação que não seriam necessários, trazendo resultados bem positivos. Também neste mesmo elemento, não é mais necessário a união de dois apenas e no modelo proposto ele se tornou apenas uma, trazendo maior facilidade na montagem. Os rebites tanto o inferior como o do suporte da coluna interna foram reduzidos. Por último, o tubo reforço quadro também foi otimizado, tendo sua massa reduzida, diminuindo seu tamanho e retirando operações com furação que não havia necessidade.

As comparações foram realizadas com protótipos montados nas mesmas condições atuais e trouxeram resultados positivos. O reforço da guia inferior teve seu tempo de fabricação reduzido em 57,09% e seu custo total em 62,21% e também seu tamanho e por consequência seu peso, sendo montado e validado, atendendo as especificações de projeto. Os rebites trouxeram uma redução considerável no tempo de montagem da estrutura lateral tendo uma redução do tempo de montagem de 90 minutos diário e por consequência seu custo reduzido em 22% por painel. Os rebites inferior e do suporte da coluna foram reduzidos em quantidades em 41% e 50% respectivamente. Os testes de cisalhamento dos rebites foram validados por meio de amostras contendo os dois modelos de rebites, confirmando que a troca não causaria falha envolvendo esta nova estrutura. O tubo do quadro traseiro da mesma forma que o reforço da guia inferior, teve uma redução de material bem significativa trazendo uma redução de custo em 74,89% e seu tempo de fabricação em 68,82%.

Pode-se concluir que a metodologia DFMA, se aplicada de forma correta, pode trazer resultados bem positivos principalmente envolvendo tempos de montagem e fabricação, e como uma redução no custo final do elemento. Na indústria de implementos rodoviários o DFMA inserido dentro do desenvolvimento de produtos pode trazer resultados bem mais expressivos, melhorando a linha de montagem como um todo, tendo uma visão mais ampla das áreas envolvidas, tendo uma melhor eficiência de fabricação e desperdício de matéria prima onde geralmente estão atrelados os maiores custos.

O principal empecilhos deste trabalho foi a dificuldade em conseguir informações necessárias para o estudo, como custos de fabricação e montagem, desenhos 2D e 3D, acessos a alguns arquivos da empresa, entre outros, devido a confidencialidade dos dados, trazendo um atraso considerável e não sendo possível expor todos os dados no trabalho.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Neste estudo não pode-se validar a metodologia DFMA dentro da etapa de concepção do projeto onde ela traria maiores resultados, ficando como sugestões para trabalho a aplicação desta ferramenta inserida dentro do desenvolvimento de produto, desde o estudo da viabilidade e detalhamento do projeto até a renovação e abandono do projeto, pois a mesma pode trazer diminuição no tempo de projeto,

eliminando atrasos, erros envolvendo o produto a ser desenvolvido e realizando uma análise mais detalhada de como esta metodologia pode trazer benefícios quando aplicada de forma adequada. Dentro da indústria de implementos rodoviários, seria interessante a aplicação do DFMA em outras linhas de produção, como o do tanque inox por exemplo, onde temos muitos componentes envolvidos, podendo-se assim trazer resultados ainda mais expressivos.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, G. F. **Aplicação da metodologia DFMA-Design for Manufacturing and Assembly-no projeto e fabricação de aeronaves**. 2007. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo., São Paulo, 2007.
- BERTIN, R. **Implementação do método e conceitos DFMA em projetos para construção de equipamentos**. 2018. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade de Caxias do Sul, Bento Gonçalves, 2018.
- BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P.; KNIGHT, W. A. **Product Design for Manufacture and Assembly**. 3ª. ed. New York: Taylor & Francis Group, 2011.
- BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P.; KNIGHT, W. **Product design for assembly and manufacture**. 1994.
- BRALLA, J. G. **Design for Excellence**. 2ª. ed. New York: McGraw-Hill, 1996.
- BRITTO, E. **Qualidade Total**. São Paulo: Cengage Learning Edições, 2016. 97 p.
- BROWN, T. **Design thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2020.
- CARRETAS: CONHEÇA AS PARTICULARIDADES DE CADA TIPO. 2018. VIALOC. Disponível em: <https://www.locacaodecarretas.com.br/156/tipos-de-carretas-e-suas-particularidades/>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- CHRISTOVAM, L. C. **Desenvolvimento de produto com aplicação da gestão do conhecimento em uma empresa de médio porte fabricante de implementos agrícolas**. Universidade de Araraquara - UNIARA. Araraquara. 2017.
- COUGHLAN, P.; COGLAN, D. **Action Research for Operations Management**. International Journal of Operations & Production Management, 2002.
- DUFOUR, C. A. **Estudo do processo e das ferramentas de reprojeto de produtos industriais, como vantagem competitiva e estratégia de melhoria constante**. 1996, 122 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.
- FINOTTI, M. B.; PERUSSO, A. O.; PEIXOTO, M.O.C.; GONÇALVES, F.E.V. A Metodologia Aplicada no Desenvolvimento de Uma Secadora Centrifuga. **IV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica**, Águas de Lindóia, v. 15, n. 1, p. 1-13, nov. 1999.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.
- GIL, C. A. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GOLDENSTEIN, M.; ALVES, M.F.; AZEVEDO, R. L. S. **A indústria de implementos rodoviários e sua importância para o aumento da eficiência do transporte de cargas no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 24, p. 241-260, set. 2006.
- JUNIOR, J. S. **Desenvolvimento de método de projeto de manufatura aplicado em carrocerias de ônibus**. 2016. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Projeto e Processos de Fabricação, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.
- KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro: Ltc, 2000.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico: projetos de pesquisa, pesquisa bibliográfica, teses de doutorado, dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso**. São Paulo: Atlas, 2017.

LOBO, R. L. **Gestão da Qualidade**. São Paulo: Érica, 2020. 216 p.

MADUREIRA, O. M. **Metodologia de projeto: planejamento, execução e gerenciamento**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 75 p.

MALEWSCHIK, F. H. **BIM e DFMA visando a redução da quantidade de partes da construção**. 2016. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia da Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

MANO, A. P.; TOLEDO, J. C. D. Gestão do processo de desenvolvimento de produto: Estudo de caso em empresas nacionais fabricantes de máquinas agrícolas. **ENGEVISTA**, Ilheus, 2011.

MANO, A. P.; TOLEDO, J. C. Gestão do processo de desenvolvimento de produto: estudo de casos em empresas nacionais fabricantes de máquinas agrícolas. **ENGEVISTA**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 1-11, 14 dez. 2010. Pro Reitoria de Pesquisa, Pós Graduação e Inovação - UFF. <http://dx.doi.org/10.22409/engevista.v13i2.249>.

MARINO, L. H. F.C. Gestão da qualidade e gestão do conhecimento: fatores-chave para produtividade e competitividade empresarial. **SIMPEP**, Bauru, v. 8, n. 1, p. 1-9, nov. 2006.

MAZZOTTI, K.; BROEGA, A. C.; GOMES, L. V. N. A exploração da criatividade, através do uso da técnica de brainstorming, adaptada ao processo de criação em moda. In: **Anais do 1º Congresso Internacional de Moda e Design CIMODE**, Guimarães (PT), Universidade do Minho. 2012.

O NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO DOS IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS. **Adnormas**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-1, set. 2020. Disponível em: <https://revistaadnormas.com.br/2020/09/29/o-numero-de-identificacao-dos-implementos-rodoviarios>. Acesso em: 22 abr. 2022.

OLIVEIRA, S. I. **Reprojeto do trem de pouso de uma aeronave cargueira rádio controlada por meio da integração do DFMA (Design for Manufacturing and Assembly) e Engenharia reversa (ER)**. 2049. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2019.

OSBORN, A. **O Poder Criador da Mente: Princípios e processos do pensamento criador e do "brainstormig"**. Traduzido por E. Jacy Monteiro. São Paulo: Ibrasa editora.

PERALTA, A. C. **Um modelo do processo de projeto de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadas de pequeno porte**. 2002. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA. **Transporte inter-regional de carga no Brasil - Panorama 2015**. 2015. Disponível em: <https://www.epl.gov.br/transporte-inter-regional-de-carga-no-brasil-panorama-2015>. Acesso em: 31 jul. 2022.

RESENDE, P.T.V. *et al.* **Custos logísticos no brasil 2017**. Fundação Don Cabral. Disponível em: <https://www.fdc.org.br/conhecimento-site/nucleos-de-pesquisa-site/Materiais/pesquisa-custos-logisticos2017.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2022.

ROZENFELD, H.; AMARAL, D. C. Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo. [S.l.]: **Saraiva**, 2006.

SANTOS, J. G.; CÂNDIDO, G. A.; SILVA, M. É. D. Redes empresariais como estratégia para o aumento da competitividade em APLs. **REBRAE. Revista Brasileira de Estratégia**, Curitiba, Set/Dez 2011

SAVI, A. F.; GONÇALVES FILHO, E. V.; SAVI, E. M. S. Armazenamento de conhecimento explícito referente ao DFA (Design for Assembly) utilizando regras baseadas em casos. **Production**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 66-76, 12 fev. 2010. **UNIFESP (SciELO)**. <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-65132010005000002>.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino A Distância da UFSC, 2001. 121 p.

SILVA, M. M.; ALLIPRANDINI, D. H. Relação entre o processo de stage-gates e aprendizagem organizacional no pdp: um estudo de caso. **Enegep – Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, São Carlos, n. 21, p. 1-9, 2001.

SOBEK II, D. K.; WARD, A. C.; LIKER, J. K. Toyota's Principles of Set-Based Concurrent Engineering. **Sloan Management Review**, v. 40, n. 2, p. 67-83, 1999.

SOUSA, A. G. **Estudo e análise dos métodos de avaliação da montabilidade de produtos industriais no processo de projeto**. 1998. 260 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998

SOUZA, J. F. **Aplicação de projeto para manufatura e montagem de uma abordagem de engenharia reversa: estudo de caso**. 2007. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1985.

TORCHIA, C. S.; SILVA, D. E. P.; BARI, V. A. Mensuração da inovação através do radar da inovação em empresas de transporte rodoviário de cargas. **Innovation to inspire and implement**. Aracaju, 2016.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. 5. ed. New York: **McGraw-Hill**, 2015.

WINNER, R. I.; PENNELL, J. P.; BERTREND, H. E.; SLUSARCZUK, M. M. G. The Role of Concurrent Engineering in Weapons System Acquisition. **IDA Report**. Alexandria: Institute for Defense Analysis, 1988.

YUMUS, M. I. B. M. **Design and Development of Grass Cutting Machine using DFMA Methodology**. Universiti Teknikal Malaysia Melaka, 2008

APÊNDICE A – ROTEIRO BÁSICO DE ENTREVISTA

1. Você acredita que possam ser modificados componentes de montagem dentro de algum setor?
 - () Sim
 - () Não

2. Quais características você modificaria conforme a ordem abaixo?
 - () Elementos de fixação (rebites, parafusos, solda, entre outros)
 - () Modificação de material
 - () Modificação no processo de montagem
 - () Elementos de vedações
 - () Instrução de trabalho
 - () Modificação do design

3. Você acha possível reduzir números de componentes composto em alguma estrutura? Se sim, quais?
 - () Rebites
 - () Parafusos
 - () Soldas
 - () Vedações
 - () Máquina
 - () Perfis
 - () Componente específico. Qual? _____

4. Na sua opinião, você acredita que pode ser reduzido o tempo de montagem deste elemento?
 - () Sim
 - () Não

5. Você acredita que possa ser modificado a forma de como é fabricado este componente?
 - () Sim
 - () Não