

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Jansen Anderson Gomes

**SIMULAÇÃO DIGITAL UTILIZADA PARA DESENVOLVIMENTO DE
UM PROJETO AUTOMOBILÍSTICO**

Taubaté – SP

2016

Jansen Anderson Gomes

**SIMULAÇÃO DIGITAL UTILIZADA PARA DESENVOLVIMENTO DE
UM PROJETO AUTOMOBILÍSTICO**

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre pelo programa de Mestrado
Profissionalizante de Engenharia Mecânica
do Departamento de Engenharia Mecânica
da Universidade de Taubaté,
Área de Concentração: Produção Mecânica
Orientador: Profa. Dra. Valesca Alves Corrêa

Taubaté – SP

2016

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Jansen Anderson Gomes

SIMULAÇÃO DIGITAL UTILIZADA PARA DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO AUTOMOBILÍSTICO

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre pelo programa Mestrado
Profissionalizante de Engenharia Mecânica
do Departamento de Engenharia Mecânica
da Universidade de Taubaté,
Área de Concentração: Produção Mecânica

Data: 07/01/2016

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Valesca Alves Corrêa

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Luiz Eduardo Nicolini do P. Nunes

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. José Vitor Cândido de Souza

Universidade Estadual de São Paulo

Assinatura _____

*Dedico este trabalho a Mariana Gomes Faria, minha esposa,
aos meus pais Ataide Francisco Gomes e Maria Regina
Alves Gomes e ao meu irmão Jeferson Alisson Gomes.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que me deu a oportunidade de estar aqui.

A minha esposa Mariana Gomes Faria, aos meus pais Ataíde Francisco Gomes e Maria Regina Alves Gomes e ao meu irmão Jeferson Alisson Gomes que desde o início estiveram ao meu lado, me incentivando e apoiando.

A professora Dra. Valesca Alves Corrêa pela impecável orientação, confiança e incentivo atribuído ao desenvolvimento desta dissertação.

Ao professor Dr. Carlos Alberto Chaves pela impecável orientação, durante as aulas de Metodologia Científica atribuída ao desenvolvimento desta dissertação.

Aos colegas da Turma 34 que estiveram comigo nesta caminhada.

À Universidade de Taubaté e Professores, que forneceram todos os recursos e conhecimentos necessários para a minha formação e para realização deste trabalho.

À secretária Helena Barros Fiorio pela atenção, respeito e incentivo.

A todas as pessoas que gentilmente colaboraram respondendo os questionários e tornaram possível a conclusão deste trabalho.

“Não devemos deixar os nossos medos nos afastar dos nossos sonhos”.

John F. Kennedy

RESUMO

Diante de um cenário automobilístico que consiste em uma busca incessante por reduções de custos e de tempo para um projeto a importância da simulação digital se destaca de forma contundente pois permite a antecipação de problemas bem como implementação de ações para resolvê-los ainda durante a fase digital, o que remete a uma redução de custos e de tempo. Um dos principais objetivos das montadoras a cada lançamento de um novo veículo é a manutenção e incremento das vendas, não levando em conta somente a divisão de mercado que cada montadora possui, mas também a quantidade real de carros que cada montadora vende. Com o cenário competitivo e a necessidade de aumentar o número de carros vendidos, faz-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias para redução de tempo e de custos necessários para realizar um lançamento de um veículo. Uma técnica rotineiramente utilizada dentre as montadoras é de produzir em um país um veículo que já é produzido em outro país, porém para que isso ocorra com sucesso, faz-se necessário um estudo mercadológico para identificação de possíveis modificações necessárias para atender não somente a legislação vigente do País, mas também as necessidades desse novo mercado. Para conseguir programar essas modificações necessárias nos produtos e garantir um lançamento mais enxuto tanto em tempo como em custos, o uso de ferramentas computacionais passa a ser cada vez mais utilizados. O objetivo do presente trabalho é a verificação dos resultados na prática da utilização da metodologia de simulação digital não mais focada no desenvolvimento do processo e sim no desenvolvimento de uma adaptação necessária ao veículo, porém sem perder a sinergia com o processo já desenvolvido e implantado em outra planta do grupo. Foram obtidas significativas reduções de tempo e de custos devido à utilização desta metodologia, e com os resultados obtidos é possível auxiliar no planejamento da modernização de um veículo já existente, buscando-se alternativas para diminuição do tempo de lançamento, bem como no estudo de diversas possibilidades de produto para minimizar os impactos financeiros no desenvolvimento posteriormente do processo. Para o teste computacional, foram utilizados os *softwares* comerciais de simulação Catia e Process Designer. Este estudo delimita-se a aplicação do conceito de simulação digital na implementação de um projeto na unidade de Taubaté, cidade do Estado de São Paulo.

Palavras-chave: Divisão de mercado; Simulação digital; montadoras.

SIMULATION DIGITAL USED FOR DEVELOPMENT OF AN AUTOMOTIVE PROJECT

Abstract

One of the automakers' main goals in each new vehicle launching is to keep and increase sales, always focused not only in the market share, but also increasing the number of vehicles sales. In addition to this situation, there is also a more competitive market, with more automakers offering more variety and modern cars, with these challenges the automakers need to develop a new manner to reduce the vehicle launch timing and costs. A method already used among the automakers is to produce in such country a vehicle that is already assembled in another country, but to succeed it is required a marketing analysis to identify possible required modifications to accomplish with not only legal aspects but also the needs of the new market. In order to execute those product modifications and guarantee a leaner launch regarding timing and costs, the automakers start using computational tools to achieve this goal. The present study has the objective to share the results of using digital simulation methodology, when used to make the vehicle improvements to sell these cars on the domestic market, focused in product engineering, keeping the synergy with the process already developed and installed in any other country. It was achieved relevant results regarding development time and cost reduction with this methodology. To the computational tests, it was used the softwares catia and process designer. The obtained results may be used to better plan the modernization of an existing vehicle, seeking for alternatives to reduce the launch timing, as well checking the different product possibilities to minimize financial development impact after the launch process.

Keywords: Automakers; Market share; Catia; Process Designer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Área de Estamparia.....	18
Figura 02 - Armação de Carroçaria.....	18
Figura 03 - Área de Pintura.....	19
Figura 04 - Área de Montagem Final.....	19
Figura 05 - Forma digitalizada de uma área de Estamparia.....	20
Figura 06 - Forma digitalizada de uma área de Armação.....	21
Figura 07 - Forma digitalizada de uma área de Pintura.....	22
Figura 08 - Forma digitalizada de uma área de Montagem Final.....	22
Figura 09 - Etapas de um planejamento.....	28
Figura 10 - Cronograma de projeto automobilístico tradicional.....	29
Figura 11 - Modelo de utilização da Engenharia simultânea.....	30
Figura 12 - Comparativo do mercado nacional com mercado da América do Sul.....	31
Figura 13 - Evolução em termos de quantidade de fábricas instaladas no Brasil.....	32
Figura 14 - Esquema ilustrativo dos estágios de desenvolvimento da indústria automobilística.....	36
Figura 15 - Tipologia das competências tecnológicas em desenvolvimento de produto das montadoras de automóveis.....	37
Figura 16 - Ilustração de algumas trajetórias e estratégias de produtos das montadoras.....	38
Figura 17 - Exemplos de análise de dispositivos na fase digital.....	40
Figura 18 - Tipos de modelos de fábrica digital.....	41
Figura 19 - Etapas para análise de arranjo físico de Produção.....	48
Figura 20 - FMEA de sistema, DFMEA e PFMEA.....	51
Figura 21 - Visão estrutural das informações do FMEA.....	52
Figura 22 - Diferentes tipos de falhas.....	53
Figura 23 - Funções do POKAYOKE.....	55
Figura 24 - Fluxograma de desenvolvimento de POKAYOKE.....	56
Figura 25 - Fluxograma para desenvolvimento do FMEA com recurso do F.d.....	60
Figura 26 - Fluxograma desenvolvimento processo com conceito fábrica digital.....	62
Figura 27 - Exemplo de POKAYOKE desenvolvido durante a fase digital.....	63
Figura 28 - Detalhe 2 do exemplo de POKAYOKE desenvolvido durante a fase de simulação digital.....	64

Figura 29 - Detalhe 3 do exemplo de <i>POKAYOKE</i> desenvolvido durante a fase de simulação digital.....	64
Figura 30 - Detalhe de exemplo de <i>POKAYOKE</i> construído.....	65
Figura 31 - Layout durante fase digital autonomação.....	66
Figura 32 - Layout implementado.....	67
Figura 33 - Exemplo de análise ergonômica com a utilização do conceito fábrica digital.....	67
Figura 34 - Fluxo do trabalho com conceito fábrica digital.....	68
Figura 35 – Fluxo do trabalho com conceito fábrica digital.....	70
Figura 36 – Interferência 1 entre produto e sistema de fixação.....	71
Figura 37 - Solução da interferência 1 entre produto e sistema de fixação.....	72
Figura 38 - Interferência 2 entre produto e sistema de posicionamento.....	73
Figura 39 - Solução da interferência 2 entre produto e sistema de posicionamento.	74
Figura 40 - Comparação entre o tempo de lançamento esperado e o realizado.....	74
Figura 41 - Gráfico comparativo esperado x realizado no quesito tempo.....	75
Figura 42 - Gráfico comparativo <i>FMEA</i>	76
Figura 43 - Gráfico comparativo <i>POKAYOKEs</i>	77

LISTA DE QUADROS

Tabela 1 - Distribuição de porcentagens de investimento.....	23
Tabela 2 - Proporção entre investimento em P&D e o investimento total na indústria automotiva brasileira (em R\$ milhões).....	35
Tabela 3 - Diferenças na visão antiga e atua referente ao conceito de gerenciamento de projetos.....	44
Tabela 4 - Práticas consideradas prioritárias para o SPE.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

F.d – Fábrica digital

DIP – Desenvolvimento Integrado do Produto

QFD – Quality Function Deployment

EUA – Estados Unidos da América

GM – General Motors

P&D – Pesquisa e desenvolvimento

CPM – Método do caminho crítico

FMEA – Estudo de análise de modo de falha

SPE – Sistema enxuto de produção

APQP – Advanced Product Quality Planning

2D – Desenho em duas dimensões

3D – Desenhos em três dimensões

PIB – Produto Interno Bruto

PFMEA – Estudo de análise de modo de falha de processo

DFMEA – Estudo de análise de modo de falha de produto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.2	OBJETIVO.....	15
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA.....	16
2.1.1	Áreas de empresa automobilística.....	17
2.2	PROJETOS DE NOVAS INSTALAÇÕES.....	23
2.3	ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	26
2.4	ESTUDO DE MERCADO	30
2.5	ENGENHARIA DE MANUFATURA.....	32
2.6	INVESTIMENTOS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO	34
2.7	TROPICALIZAÇÃO.....	37
2.8	CONCEITO FÁBRICA DIGITAL	39
2.9	ANÁLISE ERGONÔMICA	42
2.10	GESTÃO DE PROJETOS	42
2.11	DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DO PRODUTO.....	46
2.12	AUTONOMAÇÃO OU PRÉ-AUTOMAÇÃO.....	48
2.13	FMEA	49
2.14	POKAYOKE.....	54
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	57
3.1	FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS UTILIZADAS.....	57
3.2	LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES	57
3.3	DEFINIÇÃO DO PRODUTO.....	58
3.4	DETALHAMENTO DO PRODUTO	58
3.5	APLICAÇÃO DO FMEA.....	59
3.6	APLICAÇÃO DO POKAYOKE	60
3.7	ANÁLISE ERGONÔMICA E AUTONOMAÇÃO.....	65
3.8	APLICAÇÃO DO CONCEITO FÁBRICA DIGITAL EM DIP	68
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
5	CONCLUSÃO.....	77

1 INTRODUÇÃO

O aumento da concorrência no ramo automobilístico força a necessidade de projetos de alta eficácia em curto espaço de tempo além de desenvolvimento de produtos voltados para atendimento do mercado nacional.

A necessidade de rapidez do lançamento do veículo no mercado nacional faz com que as empresas utilizem produtos já em andamento em outros países, sendo necessário realizar adaptações no produto para que este atenda tanto as necessidades do mercado nacional como as adaptações à legislação vigente, esse processo denomina-se tropicalização (VIDAL, 2006).

A tropicalização define mudanças no produto para atender necessidades dos clientes nacionais e da legislação, porém devido a necessidade de rapidez no lançamento essas alterações não podem interferir de forma negativa na sinergia entre o processo que será instalado no Brasil com o processo instalado onde o produto já é fabricado, para atender essa necessidade as empresas automobilísticas desenvolveram técnicas para validação do processo e das modificações ainda durante a fase digital, conceito esse conhecido como Fábrica digital (F.d) (VIDAL, 2006).

Desde que o então presidente Fernando Collor de Melo em 1991, abriu o mercado automobilístico nacional a concorrência passou a ficar cada vez mais acirrada.

Com a instalação das empresas automobilísticas em solo brasileiro somado ao crescimento da internet que atua de forma a divulgar tecnologias e lançamentos de veículos o objetivo das empresas automobilísticas passou a ser lançar veículos cada vez com prazos menores (VIDAL, 2006).

Quando se decide analisar a viabilidade de se nacionalizar um modelo de veículo produzido na Europa existe a necessidade de reutilização do máximo possível do projeto original visando evitar custos de um novo projeto. Porém, existe a necessidade de adaptação do veículo ao mercado brasileiro, o que é conhecido como “Tropicalização”, onde o projeto tem que ser adaptado para as condições desse mercado.

Com a necessidade de lançamento de um veículo aproveitando a tecnologia e o processo já desenvolvido e implementado em uma planta de outro país, era necessário desenvolver condições através do conceito F.d. que promovesse a

redução do tempo necessário para adaptação do produto ao mercado nacional e consequentemente reduzir o tempo necessário para lançamento de um veículo.

Utilizar o conceito F.d. nas técnicas do Desenvolvimento Integrado do Produto (DIP).

1.2 OBJETIVO

O objetivo desse artigo é a aplicação da simulação digital no desenvolvimento de um projeto automobilístico.

Antecipar-se aos problemas e as tomadas de decisões minimizando e consequentemente reduzindo seus impactos negativos no projeto.

Realizar as modificações necessárias em um veículo para que este seja comercializado no mercado nacional utilizando o conceito de F.d. durante o desenvolvimento do produto

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A dissertação está estruturada em capítulos e subcapítulos.

O capítulo 1 introduz o tema, o problema que motivou a pesquisa, o objetivo e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre a utilização da F.d. e sobre o conceito de engenharia simultânea.

O capítulo 3 trata da metodologia e do pensamento lógico adotado na pesquisa.

O capítulo 4 apresenta os resultados e discussões.

O capítulo 5 apresenta as considerações finais e conclusões.

Por fim, são apresentadas as referências adotadas neste trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Diante do cenário nacional de concorrência acirrada e com a internet atuando de forma a difundir novas tecnologias e lançamentos, cada estratégia, cada detalhe não somente ligado diretamente ao produto, mas também ao lançamento do produto se torna importante, podendo ser até mesmo decisivo para o sucesso ou fracasso de um veículo (FISCHER, 2000).

Conforme Bazanini e Berton (2011), a definição de uma estratégia para o lançamento de um novo produto é um ponto decisivo que separa o sucesso de vendas ou uma realidade de vendas aquém daquela esperada pela empresa. Segundo os autores, a estratégia para definição de lançamento passa pela configuração de grupos multifuncionais com conhecimentos específicos, porém que passam a trabalhar juntos de forma que o conhecimento passa a ser difundido o que corrobora com o sucesso do projeto. Sucesso esse que pode ser entendido desde o cumprimento de metas de prazo, custos ou mesmo de evitar possíveis correções no produto após o seu lançamento, fato que denigre a marca envolvida.

No caso do EcoSport a análise de mercado foi preponderante para o sucesso do projeto, pois foi capaz de antever uma situação, que seria o aumento da procura por veículo com caracterização de veículos de trilha, por clientes que não necessariamente fariam aventuras com esse tipo de veículo, com isso possibilitou a empresa fabricante do veículo a ter um sucesso nesse seguimento e ser uma das percussoras nesse seguimentos que mais tarde passaria a ser um nicho de mercado explorado por praticamente todas as outras grandes fabricante de veículos instaladas no País (BAZANINI e BERTON, 2011).

Segundo Barcellos e Nesello (2014) um novo produto deve ser lançado alinhado com a necessidade do mercado, pois dessa forma possibilita o retorno máximo do investimento, pois essa condição é capaz de torná-lo atrativo para os consumidores por possuírem características inovadoras ao mercado.

2.1 INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Conforme a Federação Nacional de distribuição de Veículos Automotores – Fenabrave (2015) a produção mundial de veículos em 2014 foi de 89,7 milhões de unidades, desse total, 3,1 milhões de veículos foram produzidos no Brasil. O Brasil é o 8º maior produtor mundial de veículos, na frente estão China, Estados Unidos,

Japão, Alemanha, Coréia do Sul, Índia e México. A capacidade produtiva instalada no Brasil é de 4,5 milhões de unidades de veículos, sendo 100 mil unidades de máquinas agrícolas e rodoviárias.

O Brasil possui 31 fabricantes de veículos, máquinas agrícolas e rodoviárias. Possui também 5.533 concessionárias, 64 unidades industriais que estão divididas em 10 estados e 52 municípios. O faturamento em 2014 (somando autopeças) foi de U\$ 110,9 bilhões e as vendas do segmento automobilístico em 2015 teve retração de 20,68% no primeiro semestre comparado com o mesmo período de 2014 (FENABRAVE, 2015).

As exportações da indústria automobilística brasileira atingiram U\$ 11,51 bilhões e foram importados U\$ 30,2 bilhões em 2014 incluindo autopeças. Os empregos diretos e indiretos da indústria automobilística brasileira totalizaram em 2014 1,5 milhão de pessoas, com cerca de 12.400 demissões. O setor teve participação de 23% no Produto Interno Bruto Industrial (PIB I) e de 5,0% no Produto Interno Bruto total (PIB) em 2014 e gerou U\$ 178,5 bilhões de tributos entre IPI, ICMS, PIS e Cofins (FENABRAVE, 2015).

Os investimentos de fabricantes de veículo no Brasil devem atingir R\$ 50,29 bilhões no período de 2011/2024, considerando as empresas já instaladas no país (FENABRAVE, 2015).

2.1.1 Áreas de empresa automobilística

Conforme Vidal (2006) as principais áreas de Manufatura que estão envolvidas em uma produção de um automóvel, são divididas da seguinte forma:

- Estamparia: através dos processos de estampagem dos componentes metálicos que constituem as carroçarias, o departamento de estamparia destaca-se como o início da fabricação do veículo em solo das empresas automobilísticas, conforme a Figura 01;



Figura 01. Área de Estamparia
Fonte: AUTOR (2016)

•Armação de Carroçarias: departamento que se destaca pela utilização de soldas, como é possível identificar na Figura 02 e como principal forma de união entre peças metálicas, porém ainda se destaca as uniões e processos como a colagem, a cravagem, os dobramentos e fixação por meio de parafusos ou outros meios de fixação.



Figura 02. Armação de Carroçaria
Fonte: AUTOR (2016)

- Pintura: departamento responsável pela aplicação das camadas de protetoras, de acabamento e por fim, pela cor predominante do veículo, conforme mostra Figura 03.



Figura 03. Área de Pintura
Fonte: AUTOR (2016)

- Montagem Final: por último o departamento de montagem final, conforme Figura 04, que é responsável pela montagem dos conjuntos e sistemas que possibilita a movimentação do veículo, a instalação de itens de conforto e segurança ao usuário.



Figura 04. Área de Montagem Final
Fonte: AUTOR (2016)

Ainda conforme Vidal (2006) pode-se dividir as principais atividades do planejamento e projeto das linhas de manufatura, realizadas pela Engenharia de Manufatura como:

- na Estamparia: a Figura 5 apresenta uma visão geral de uma linha de prensa, onde demonstra a identificação dos equipamentos que serão empregados e o projeto de ferramentas para fabricar componentes metálicos que constituem a carroçaria.

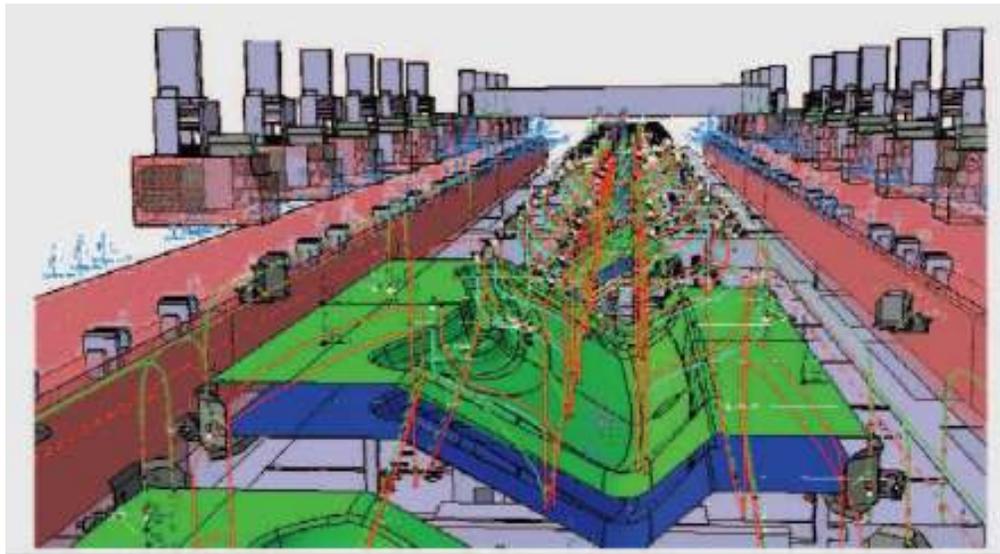


Figura 05. Forma digitalizada de uma área de Estamparia
Fonte: VIDAL (2006)

- na Armação de Carroçarias: destacam-se as principais atividades na carroçaria como:

- equipamentos e linhas de manufatura para a união dos componentes metálicos através dos processos relacionados anteriormente, onde o resultado está na estrutura armada do veículo, dentro das características dimensionais e funcionais, bem como os sistemas de transporte para transferência dos conjuntos entre as linhas que formam a carroçaria.

Conforme Vidal (2006), o departamento de armação de carroçarias destaca-se como as principais atividades os projetos dos meios, equipamentos e linhas de manufatura, além dos arranjos físicos para que possibilite a fabricação das carroçarias, conforme mostra a Figura 06.



Figura 06. Forma digitalizada de uma área de Armação
Fonte: VIDAL (2006)

•Na Pintura: as principais atividades são os recursos, materiais e os sistemas de transporte, responsável pelo transporte da carroçaria desde o recebimento da mesma da armação até a entrega do produto pintado para o departamento de montagem final, como mostra a Figura 07.

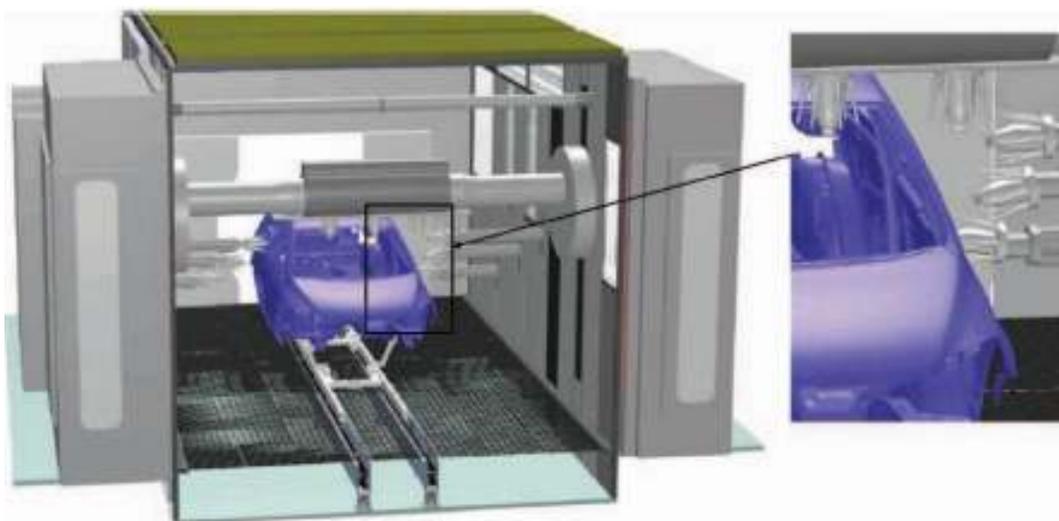


Figura 07. Forma digitalizada de uma área de Pintura
Fonte: VIDAL (2006)

•Na Montagem: destacam-se as ferramentas e transportadores para união e aplicação dos componentes que constituem os acabamentos, sistemas de motorização e demais sistemas, linhas de testes e o sistema de transporte e logística, conforme Figura 08.

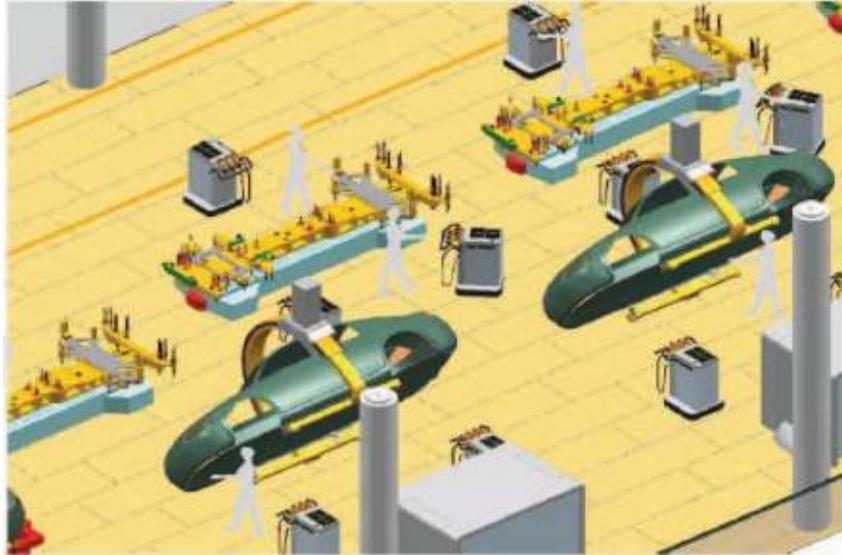


Figura 08. Forma digitalizada de uma área de Montagem Final
Fonte: VIDAL (2006)

Conforme Vidal (2006), o departamento de armação de carroçarias é, geralmente onde concentram-se os maiores investimentos em uma implantação de uma nova linha de produção. Pode-se manter essa afirmação, na implantação de um veículo, pois não necessita de grandes ampliações nas instalações existentes, ou, até mesmo, de novas instalações.

No Quadro 01, visualiza-se uma média percentual nos investimentos de equipamentos, meios e infraestrutura para as áreas de estamparia, armação, pintura e montagem final, para uma mesma planta com capacidade para produzir 800 veículos por dia, com grau de automação em torno de 40% na armação, em duas oportunidades sendo uma planta nova para a primeira instalação nessa fábrica e produto novo, quando considera-se adaptação das linhas existentes para receber um produto diferente e mantendo o produto anterior (VIDAL, 2006).

Quadro 01. Distribuição de porcentagens de investimento

Tipo de Instalação	Estamparia	Armação	Pintura	Montagem
Planta nova	15%	45%	20%	20%
Produto novo	25%	55%	5%	15%

Fonte: VIDAL (2006)

Retira-se da comparação, itens como sistemas centrais de energia elétrica, água refrigerada, ar comprimido nem tampouco prédios ou edificações de construção civil (VIDAL, 2006).

2.2 PROJETOS DE NOVAS INSTALAÇÕES

Conforme Vidal (2006), define-se como planejamento de uma nova instalação:

- definição do conceito que será utilizado para a fabricação do produto;
- os recursos que serão utilizados na manufatura;
- o planejamento e a organização cronológica dos eventos, desde o *layout*

conceito, passa pelas seguintes etapas:

- Desenvolvimento dos meios e equipamentos;
- Instalação;
- Testes;
- Ajustes de desempenho e dimensionais.

Ainda de acordo com o autor, associa-se o projeto aos trabalhos que transformam os conceitos em documentações e que permite fabricar os meios e dispositivos que tornarão possíveis a fabricação dos produtos, bem como a definição dos equipamentos, onde estes serão utilizados conforme a definição para cada operação. O *Layout* define a distribuição física dos meios e equipamentos no espaço, na sequência que as operações são realizadas. Logo o autor define que gerar toda a documentação, a partir dos estudos, que viabilizam a confecção dos meios é projetar conforme documentação técnica. Possibilita-se ainda, desenvolver e adquirir os equipamentos e, posteriormente, instalá-los. Ao final da instalação e

tryout de todos os equipamentos, a linha atinge níveis aceitáveis de produção de forma definitiva.

Segundo Vidal (2006) durante o desenvolvimento de projeto para a concepção de uma linha de manufatura, devido possíveis dificuldades em desenvolver o processo conforme o produto foi desenvolvido, pode gerar necessidades de revisão no produto, situação essa que, se identificado com antecedência minimiza-se os custos de modificação. Conforme esse conceito definido pelo autor, caso as modificações ocorram quando as instalações estiverem em níveis mais avançados, gera um alto investimento tanto na área de desenvolvimento de produto quanto em outras áreas que possuem interface com determinado produto que necessita de alteração.

Em linha com esse conceito, Silva (2013), afirma que o conceito digital auxilia na tomada de decisão quanto a uma possível modificação no produto, porém a necessidade da tomada de decisão o quanto antes minimiza os impactos no projeto, sejam elas no âmbito financeiro ou mesmo de prazo de entrega. Em determinadas modificações, dependendo do impacto de qualidade que esta modificação pode realizar, essa modificação pode definir a necessidade de uma prática conhecida no Brasil pela palavra inglesa *Recall*, ou seja, um “chamamento” para os proprietários dos veículos em questão, para que compareçam as concessionárias para que esta realize as modificações e/ou correções necessárias.

Conforme Silva (2011), um recall deve ocorrer quando este defeito for nocivo ou perigoso e atenta contra a segurança e saúde dos proprietários.

De acordo com Vidal (2006), a interação da manufatura durante todo o período de projeto e principalmente desde os primeiros momentos do desenvolvimento do produto é primordial, pois pode:

- Garantir uma melhor condição para manufaturar;
- Reduzir os investimentos com a simplificação do processo;
- Racionalizar as atividades de planejamento;
- Padronizar os conceitos com o atendimento das características qualitativas e funcionais do produto.

Mesmo que a alteração seja uma simples alteração dimensional até uma importante modificação de uma peça ou inclusão de outra peça, em todos esses exemplos pode significar um custo alto, além de modificações nas linhas de produção

já instaladas, onde é reportada a necessidade de que ocorra novamente as seguintes etapas (VIDAL, 2006):

- Novos testes dos produtos;
- Realização de novos protótipos;
- Realização de novos veículos de teste, sempre que as modificações impactem em características importantes do produto que passa a representar comprometimento na segurança ou durabilidade do produto.

Segundo Vidal (2006), modificações implicam diretamente nos trabalhos da engenharia de manufatura, mas também gera complicações na extensão mais ampla do programa, onde pode ocasionar atrasos ou prazos mais longos para introdução do novo produto no mercado.

Seguindo a mesma rotina como acontece com o desenvolvimento do produto, o desenvolvimento de novos processos para um novo produto é considerado extremamente complexo, pois envolve várias áreas, competências e pessoas. Além da engenharia de manufatura, quando obtém modificações, se faz necessária a participação de outras áreas da empresa, como por exemplo:

- Medicina Ocupacional;
- Segurança do Trabalho nas questões envolvendo as atividades do trabalhador;
- Logística Operacional;
- Recursos Humanos (caso novas atividades, horários, remunerações e divisões de trabalho sejam afetados);
- Qualidade;
- Entre outras.

Em resumo, a conclusão dos estudos para desenvolvimento dos dispositivos, processos e linhas de manufatura deve-se atender:

- Normas de segurança;
- Condições ergonômicas para realização das atividades;
- Melhor fluxo logístico e;
- Principalmente, deve garantir a qualidade do produto que será manufaturado.

Uma ferramenta importante no desenvolvimento das atividades de projetos é a engenharia simultânea, apresentada por Evans (1988), é uma ferramenta importante para as empresas que desenvolvem novos projetos, permitindo aos

desenvolvedores de projeto desenvolver o processo simultaneamente ao desenvolvimento do produto.

Considerando atender às expectativas dos clientes, outra ferramenta deve ser destacada: o *Quality Function Deployment* (QFD), que tem como principal finalidade o aperfeiçoamento do ciclo de desenvolvimento e consiste em apresentar, as avaliações, necessidades e problemas a serem sanadas no desenvolvimento de um novo produto, a partir dos problemas e reclamações existentes (SCHÖLER, 1993).

2.3 ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Conforme Winner et al. (1988), uma abordagem sistemática para o projeto trabalhando simultaneamente e integradamente aos desenvolvimentos de produtos e dos processos relativos a eles, somando a manufatura e o suporte é a forma como pode ser chamada a engenharia simultânea, ou seja, basicamente a integração de todas as áreas envolvidas no desenvolvimento do projeto, porém ainda digitalmente. Esse conceito visa integrar o desenvolvimento de todos os elementos de vida do produto e do processo, além dos pontos de qualidade, que é impactada diretamente, pois uma análise mais robusta permite soluções igualmente robustas, custos, prazos e requisitos dos clientes.

Conforme Amy et al. (2012), a falta de boas práticas ou mesmo de registros de soluções aplicadas a problemas anteriormente deparados em projetos recentes fez com que as empresas buscassem novas formas de soluções de problemas ou mesmo novas formas de antecipação dos problemas visando a redução do impacto ou mesmo a eliminação total deste no projeto. Ainda conforme o autor, é possível afirmar que tais práticas contribuem para o sucesso de um projeto, viabilizando-o tanto financeiramente quanto na questão do tempo. Nessa ótica, a engenharia simultânea traz para a indústria automobilística uma nova forma de abordagem dos problemas, propondo uma nova forma de solução dos mesmos.

Conforme Contreras et al. (2011), a engenharia simultânea atua de forma a facilitar a transferência de *know-how* entre diferentes plantas automobilísticas, pois permite a análise de todo o processo produtivo sem a necessidade de movimentar toda a equipe de engenharia. Ainda conforme o autor, indústrias automobilísticas do México, utilizam-se dessa forma de transferência de conhecimentos entre plantas de

outros países, devido à proximidade com os EUA, foi possível tal análise e a comparação dentre o planejado e o implementado. Dessa forma, foi possível a expansão de tal utilização para plantas mais distantes, como Brasil e China.

Segundo Vidal e Kaminski (2005), cada projeto possui um cronograma, com uma escala de tempo individual, dependendo da complexidade e da reutilização do que já está instalado, como, por exemplo, o chamado *face lift*, que consiste em uma modificação de *design*, porém mantendo a estrutura básica do veículo, mas de qualquer forma, o desenvolvimento de um veículo passa pelas fases descritas abaixo:

1. Levantamento de informações que constituirão as premissas do programa;
2. Análise de viabilidade;
3. Definição de produto;
4. Detalhamento dos produtos;
5. Detalhamento de processos e fabricação.

Conforme apresentado por Vidal e Kaminski (2005), em um planejamento geral de um produto existem diversas etapas, para que seja consolidada a viabilidade desse produto, no mercado em que este seja lançado, a Figura 09 ilustra essas etapas citadas.

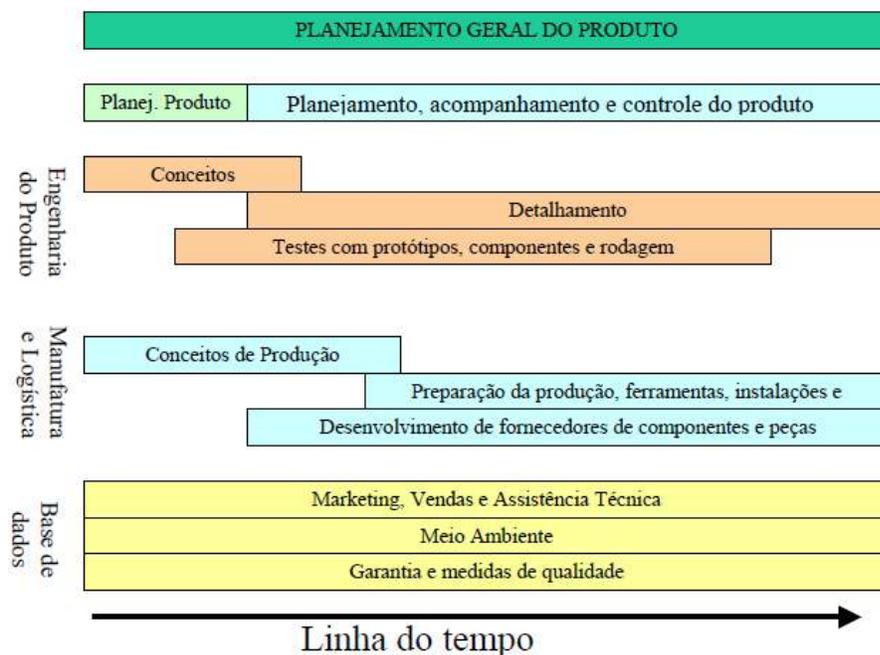


Figura 09. Etapas de um planejamento.
Fonte: VIDAL e KAMINSKI (2005).

Na Figura 10 é mostrado um cronograma de projeto automobilístico para o desenvolvimento de um veículo onde tem-se como princípio um veículo novo, mas com os conceitos de fabricação validados, quando utiliza-se o conceito de F.d. na fase de engenharia de manufatura, auxilia-se no desenvolvimento do ferramental, onde antecipa-se os problemas, e realiza-se uma etapa de passagem de pinça, trabalho esse que consiste em validar todos os pontos de solda com suas respectivas pinças de solda, esse trabalho situa-se dentro da fase de projeto e construção.

Com isso as fases principais do projeto são:

1. Estudo;
2. Contratação;
3. Projeto e Construção;
4. Instalação;
5. Testes 01;
6. Testes 02;
7. Testes 03;
8. Lançamento.

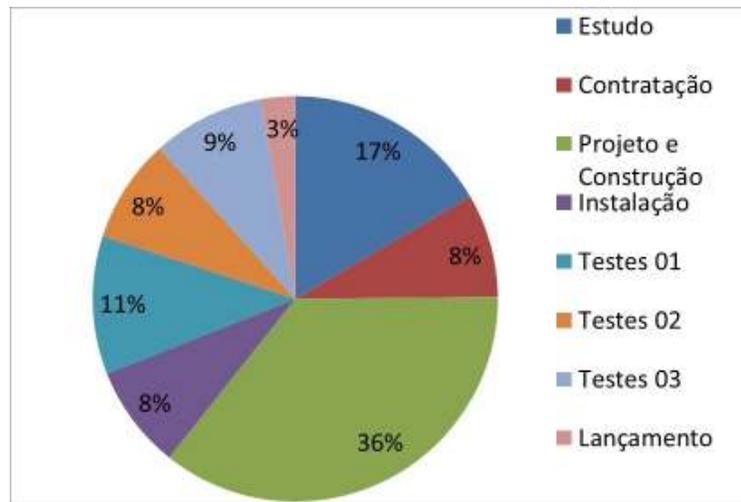


Figura 10. Cronograma de projeto automobilístico tradicional
Fonte: AUTOR (2016)

Conforme Dal Forno et al. (2014), o desenvolvimento enxuto é foco das empresas automobilísticas no desenvolvimento de projetos, e com esse conceito é possível envolver e manter informado os fornecedores de forma que, as modificações ocorridas em produto sejam informadas aos fornecedores de forma

instantânea o que permite reduzir ao máximo os impactos das mudanças, tanto no fator financeiro quanto no fator prazo, e maximizando o fator qualidade. Conforme os autores, a necessidade de simulações virtuais através de modelos digitais faz-se necessário no intuito de antecipar-se para a tomada de decisão quanto aos problemas encontrados, o que permite solucionar os problemas minimizando os impactos.

Conforme Canciglieri et al. (2013), a engenharia simultânea é o ponto central de um desenvolvimento de projeto, onde é feita a integração das áreas envolvidas no projeto, como pode ser evidenciado na Figura 11, que a engenharia simultânea interage com as áreas da empresa e alimenta todo o projeto de informações e deriva as informações também de forma contrária, ou seja, tanto recebe informação como fornece informação relativa ao projeto. Para os autores a engenharia simultânea já seria algo como uma filosofia de desenvolvimento e integração de projetos para o desenvolvimento de novos produtos e processos, onde seguem-se conceitos já implementados e boas práticas de forma a maximizar os ganhos da corporação e minimizar os riscos de modificações, ou mesmo, quando não faz-se possível a eliminação das modificações, a antecipação das mesmas já demonstra um ganho, pois como é de conhecimento, o quanto antes toma-se as decisões menores serão os impactos nos projetos.

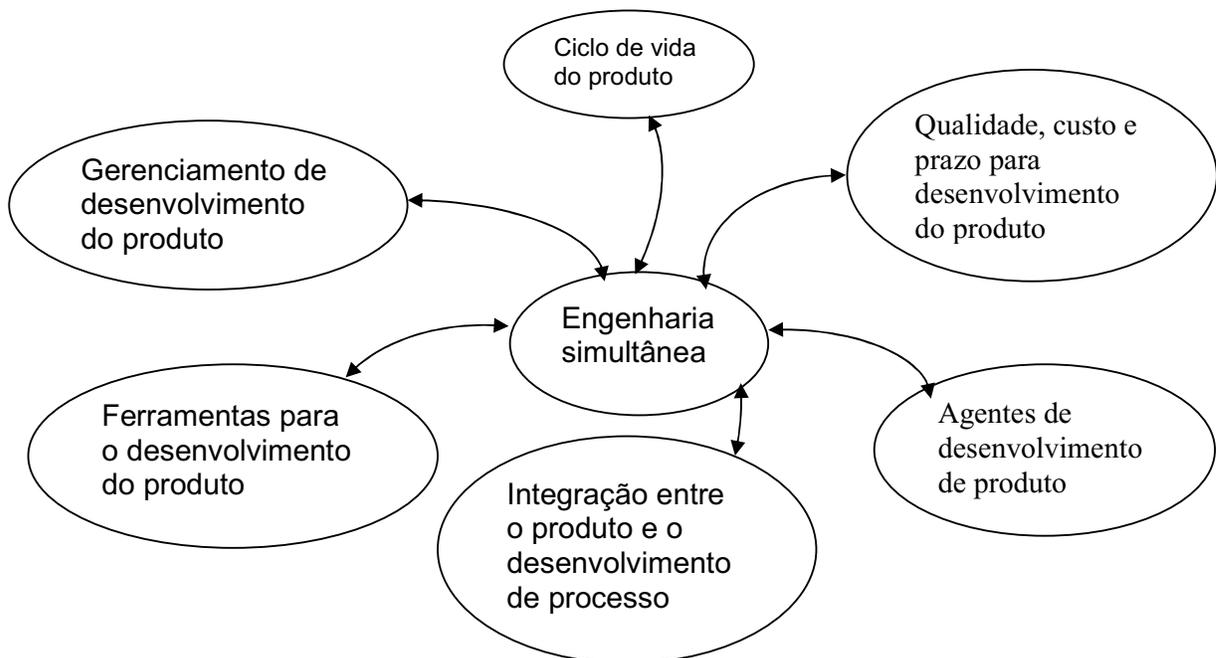


Figura 11. Modelo de utilização da engenharia simultânea
Fonte: Adaptado de CANGILIERI (2013)

Para Ribeiro (2011), o conceito de engenharia simultânea pauta-se no princípio de reduzir ao máximo os custos do projeto, e prazo para lançamento, com o intuito de permeabilidade permite que um maior controle no desenvolvimento do projeto, da qualidade e principalmente na exequibilidade do que se desenvolve.

2.4 ESTUDO DE MERCADO

O levantamento de informações, conforme Vidal e Kaminski (2005), que constituirão as premissas de um programa é baseado em informações de mercado. É basicamente um retorno do mercado para as empresas dizendo o que será tendência de vendas num futuro a média e longo prazo. Com essas informações existe o estudo de viabilidade, tanto técnica quanto financeira, ou seja, análise se essa tendência de vendas possui viabilidade técnica e se possuirá um volume suficiente para ser viável financeiramente também. De posse dessas informações inicia-se a definição de produto, nessa fase, forma-se um novo conjunto de premissas, que será usado para nortear o projeto.

Outro ponto importante a ser estudado no projeto é a análise da legislação vigente para que o produto a ser desenvolvido possa atender totalmente as necessidades dos clientes bem como a legislação, para evitar exposição desnecessária da marca.

Conforme Paganotti (2014), o mercado automobilístico vivia um momento de glória, com uma previsão de crescimento acompanhando o sucesso do momento vivido pelo País, conforme é possível ser visualizado na Figura 12, em comparação com o mercado automobilístico na América do Sul.

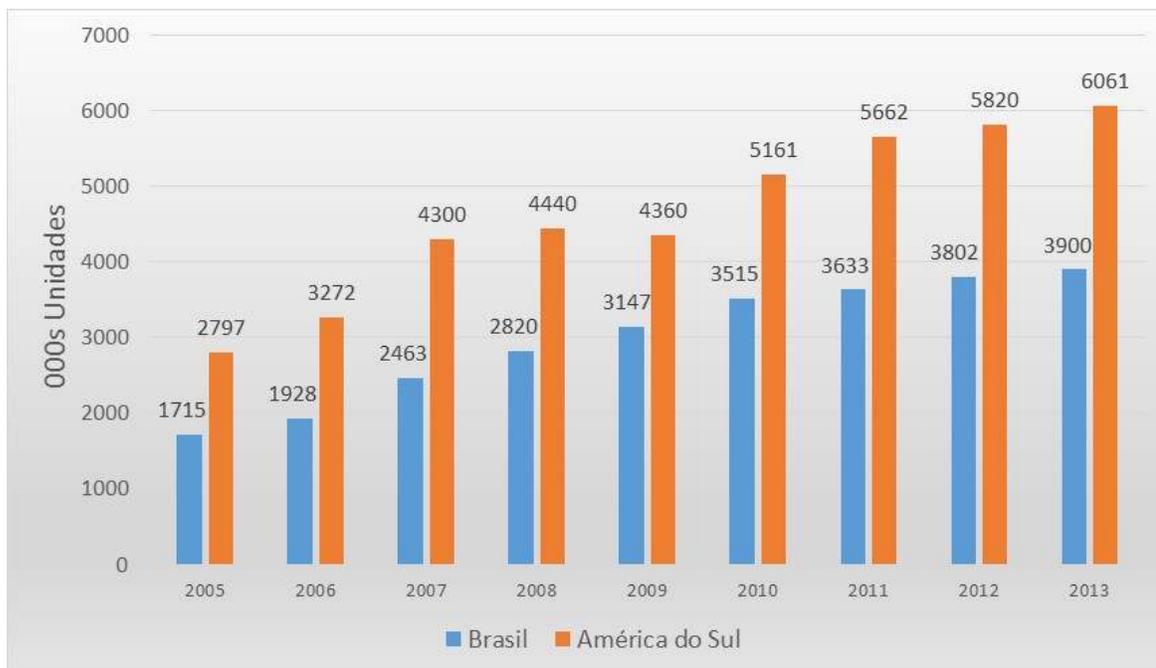


Figura 12. Comparativo do mercado nacional com mercado da América do Sul
Fonte: PAGANOTTI (2014)

Ainda conforme Paganotti (2014), o mercado automobilístico, nessa data, previa um crescimento para o ano de 2015, conforme é mostrado na Figura 13 e ainda o crescimento no número de empresas fabricantes de veículos o que demonstra um acirrado cenário, estabelecendo uma competição para as vendas de veículos comerciais, sendo a realidade do cenário, uma competição acirrada, o autor afirma a necessidade das empresas em investir em tecnologias cada vez mais específicas e voltadas para desenvolver diferenciais em cada lançamento de projeto, enumerando uma lista das empresas que passaram a ter em solos nacionais centros de desenvolvimento técnicos, estes situavam-se apenas nos países de origens das empresas multinacionais, devido a inúmeros fatores, que passa desde a estabilização da marca no quadro de vendas de veículos no País, estruturas governamentais e investimento em faculdades para o desenvolvimento de mão de obra qualificada.

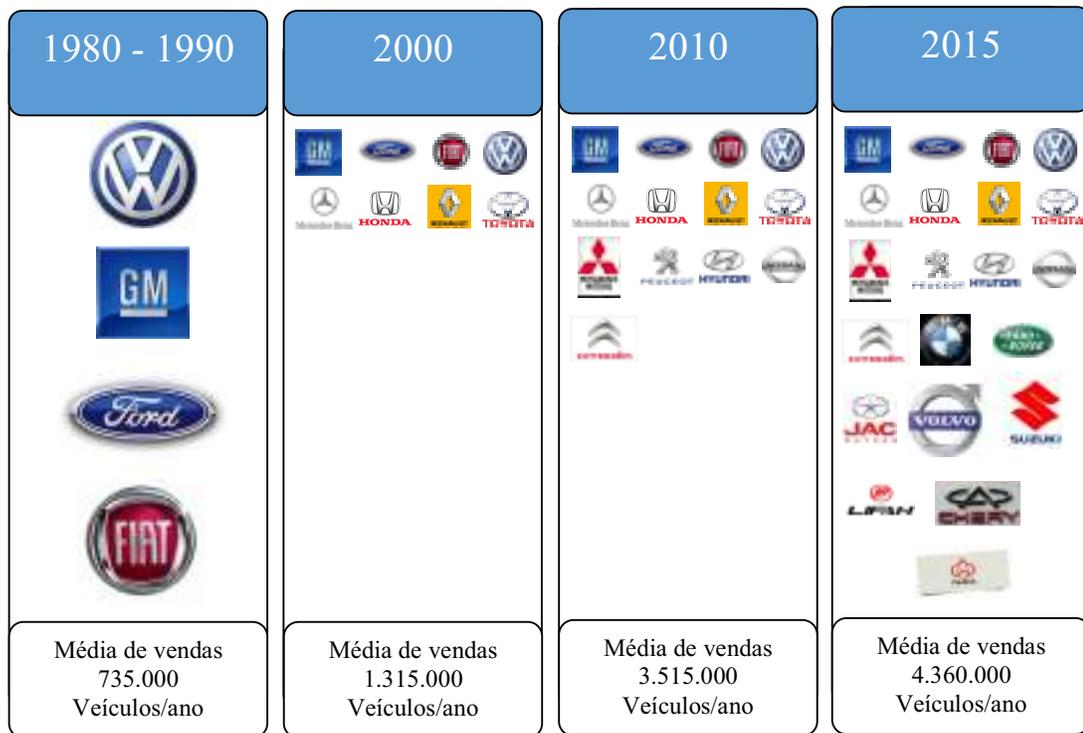


Figura 13. Evolução em termos de quantidade de fábricas instaladas no Brasil
Fonte: PAGANOTTI (2014)

Conforme Camargo et al. (2014), a competitividade e a constante necessidade de atingir metas, faz com que estudos de melhorias sejam cada vez mais desenvolvidos entre equipes de engenharia. Ainda conforme os autores, a abertura do mercado, também conhecido como globalização ou internacionalização faz com que a busca por soluções inovadoras não sejam mais pontos facultativos para as empresas e sim necessidades para que se mantenham no mercado de forma competitiva, pois após 1992, outras dezessete montadoras se instalaram em solos brasileiros, cenário esse que era exclusividade das quatro grandes montadoras (GM, Fiat, Ford e Volkswagen).

2.5 ENGENHARIA DE MANUFATURA

Ainda conforme Vidal e Kaminski (2005), o detalhamento do produto permite a engenharia de manufatura estabelecer como serão os processos de fabricação das peças com uma riqueza de detalhes que permite aproximar de forma satisfatória, ainda que através de *softwares* de computador. Essa será basicamente

a fase que o atual estudo sugere uma maior integração da engenharia de produto e manufatura utilizando o conceito de fábrica digital e através das atualizações de desenho dos produtos pela engenharia do produto, porém com foco e sendo suportado nessa oportunidade pelo conceito de F.d. bem como pela linha de processo em forma digital, pois já existe e necessita obter essa sinergia que justifica esse trabalho.

Segundo Vidal e Kaminski (2005) a definição de todos os processos através do que o mercado conhece como estudo 3D é o momento em que a montadora trabalha junto com uma empresa terceira no desenvolvimento mais detalhado da linha onde abrange desde as primeiras definições até a disposição de cada ponto de solda bem como outro trabalho chamado de passagem de pinça, trabalho este que consiste em validar o posicionamento das pinças de soldas em cada ponto de solda em sua estação definida para ser aplicado, o que valida a exequibilidade do que foi planejado e a implantação das linhas, com seus teste e validações, nesse momento não mais digitalmente e sim já construído para que sejam fabricados os primeiros veículos de pré-séries, que é como são chamadas as etapas de validação não somente do produto mas também do processo, antes do lançamento do veículo e a liberação da venda do produto.

Então, é ponto fundamental em toda a cadeia, que a Manufatura deva ser planejada e desenvolvida para que:

- possam ser produzidas todas as variações que o mercado espera encontrar;
- não hajam atrasos para disponibilizar os produtos aos clientes;
- todas as características qualitativas do produto estejam presentes, dentro das variações aceitáveis;
- os processos sejam claros e à prova de erros;
- os investimentos necessários sejam compatíveis com os previstos;
- o prazo para se efetivar as linhas esteja dentro das expectativas e objetivos da companhia.

Então as principais características a serem apresentadas são as seguintes:

- flexibilidade;
- qualidade;
- prazo;
- custos.

Conforme Dal Forno et al. (2014), independente do setor de atuação da empresa, durante o desenvolvimento de novos produtos as empresas enfrentam desafios devido a não possuírem um processo definido para desenvolvimento de produto estrutura de forma enxuta, o que não possibilita as empresas a desenvolverem produtos que podem ser classificados como fácil de fabricar. Ainda segundo os autores, em relação aos novos lançamentos, esses podem ser classificados como projetos plataforma ou próxima geração; projetos incrementais ou derivados e no caso do Brasil ainda há uma categoria denominada recursos da matriz, que são os projetos oriundos da matriz ou de clientes que necessitam de processo de adaptação ao mercado nacional, o que se denomina como tropicalização.

2.6 INVESTIMENTOS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Conforme Castro et al. (2013) as indústrias automobilísticas investem em média 1,39% da receita líquida em pesquisa e desenvolvimento (P&D), e com a evolução das empresas em território nacional esse capital passa a ser utilizado pelas filiais, no caso das auto peças esse valor reduz-se para 1,17%, ainda assim é acima da média de que as indústrias de transformação em geral investem em P&D. Destaca-se ainda, para os autores, que se for comparado o valor de investimento total com o valor de investimento em P&D, percebe-se que o valor é realmente expressivo, conforme é mostrado na Tabela 02, ainda faz-se uma breve comparação com as auto peças, onde identifica-se que o percentual de investimento em P&D também é consideravelmente alto, pois aproxima-se de valores médios como 12%, tal investimento prova a preocupação em manter-se no mercado e a busca por novas tecnologias, mesmo que o intuito destas sejam a busca por reduções de custos.

Quadro 02 – Proporção entre investimento em P&D e o investimento total na indústria automotiva brasileira (em R\$ milhões)

Montadoras	2000	2003	2005	2008	2011
Investimento em P&D	899	1.135	1.419	2.488	2.372
Investimento Total	3.021	2.067	2.556	5.353	8.324
%	29,8	54,9	55,5	46,5	28,5

Autopeças	2000	2003	2005	2008	2011
Investimento em P&D	134	161	246	529	922
Investimento Total	2.012	1.634	3.439	3.866	4.049
%	6,7	9,9	7,2	13,7	22,8

Fonte: Adaptado de CASTRO (2013)

Segundo Castro et al. (2013), apesar de ser possível citar exemplos de veículos concebidos nacionalmente parte dos trabalhos de engenharia de desenvolvimento de produto mantém-se nas matrizes. Com o desenvolvimento de produtos centralizados nas matrizes as engenharias de produto nacionais dedicam-se a maior parte do tempo para um evento chamado tropicalização, que é o ato de adaptar um produto as necessidades e tendências locais de onde esse produto passará a ser produzido e vendido. As engenharias ainda se dedicam as reestilizações, porém, devido a quantidade de novos modelos, as reestilizações passam a não mais serem utilizadas com tamanha frequência. Ainda de acordo com os autores, existem estágios de maturidade das indústrias, sendo que o primeiro estágio seria dos países que apenas importam e comercializam os veículos, como os casos de Chile, Bolívia, Paraguai, dentre outros. O Brasil, encontra-se no estágio 3, pois já possui produção e engenharia local, isso quando são citadas as maiores indústrias automobilísticas situadas no país, pois ainda existem alguns exemplos de indústrias que optam por não implantar centro de desenvolvimentos tecnológicos no país, como pode evidenciar-se na Figura 14.

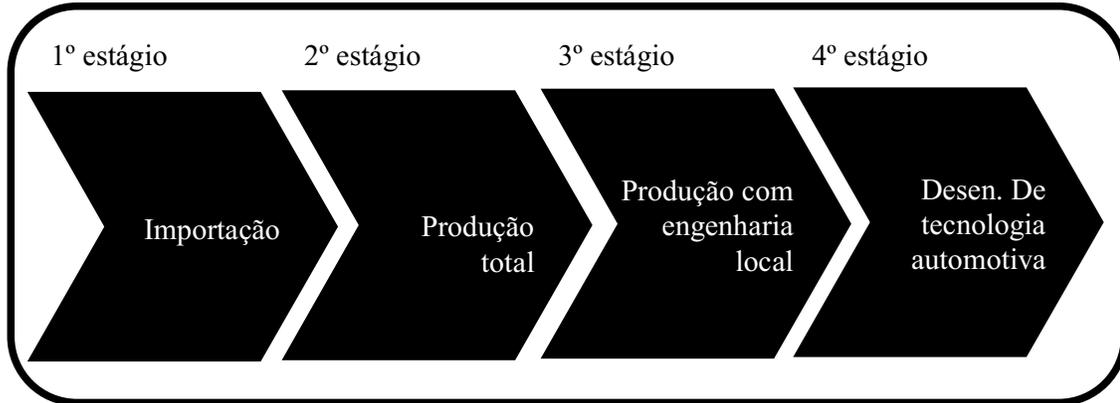


Figura 14. Os estágios de desenvolvimento da indústria automobilística
Fonte: CASTRO (2013)

De acordo com Castro (2013), classifica-se ainda o grau de maturidade das engenharias conforme a tipologia das competências tecnológicas em desenvolvimento de produtos, como é mostrado na Figura 15, que evidencia os estágios são:

- Nacionalização, momento em que a engenharia nacional inicia-se um processo de localizar ferramental que até então era produzido em país diferente;
- Tropicalização, engenharia de produto adapta o produto para as tendências regionais ou mesmo para atender legislação ou questões climáticas;
- Projetos derivativo parcial, projeto desenvolvido em coparticipação entre a engenharia local e a engenharia que situa na matriz ou em centros tecnológicos não situados no mesmo país;
- Projeto derivativo completo, projeto desenvolvido total pela engenharia local, mas ainda conta com suporte da matriz, porém o produto é produzido unicamente no país de desenvolvimento;
- Plataforma, projeto global, onde desenvolve o conceito da plataforma global, onde pode ser utilizada em diversos países e em diversos seguimentos.

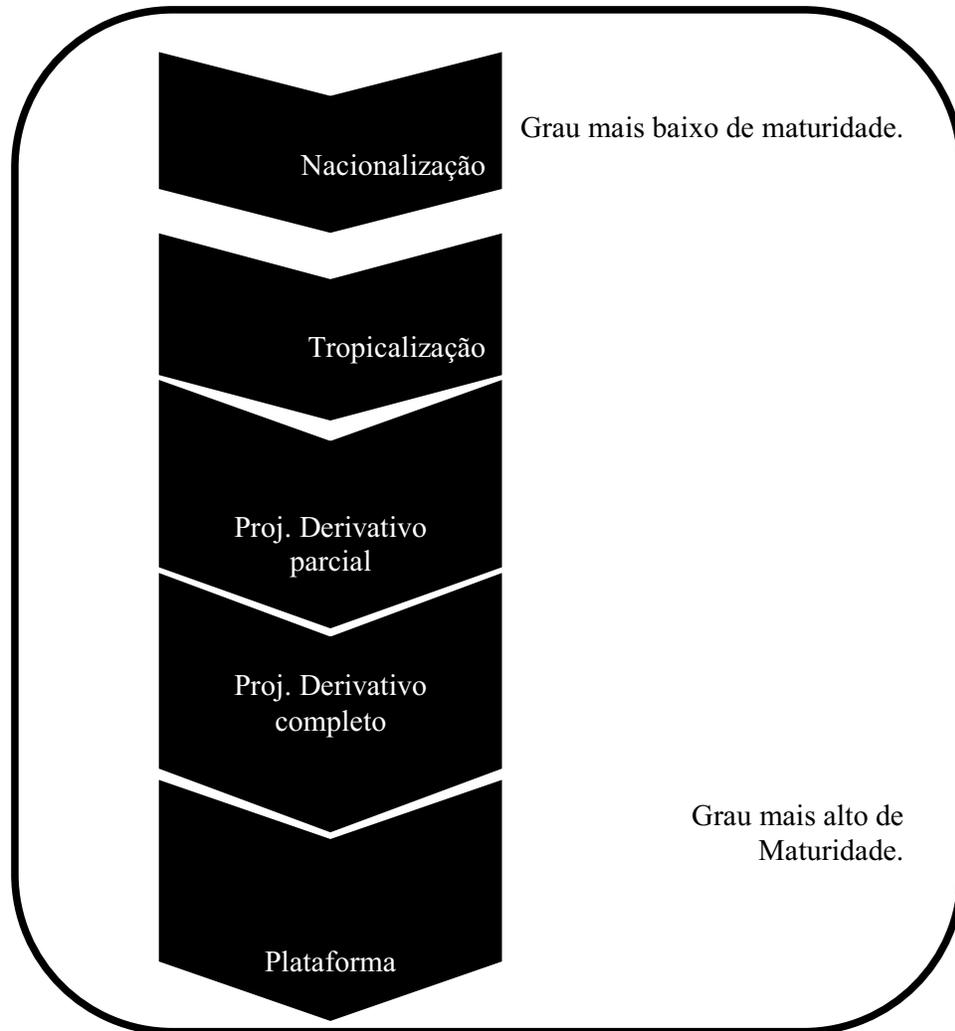


Figura 15. Tipologia em desenvolvimento de produto das montadoras de automóveis
Fonte: Adaptado de CASTRO (2013)

2.7 TROPICALIZAÇÃO

Do ponto de vista de Henriques (2013), a tropicalização é uma atividade de suma importância para o desenvolvimento da engenharia local, porém não pode ser decisiva para afirmar que a engenharia possui maturidade suficiente, ou seja, a tropicalização é um passo importante no desenvolvimento, porém entende-se que é um passo intermediário no desenvolvimento de conhecimento da engenharia.

Para Consoni e Carvalho (2002), o fato de atender a mercados emergentes que necessita de adaptações veiculares para adaptá-lo ao seu local de destino é o chamado tropicalização, porém não resume apenas nessa situação, engloba-se ainda quando as adaptações são voltadas para:

- Condições de rodagem;
- Umidade;
- Sistema de combustível, como no caso do álcool ou da gasolina comercializada no Brasil;
- Preferência dos consumidores, carros de pequeno porte ou mesmo em caso que a população possua alguma característica exclusiva que necessite de adaptações;
- Finaliza-se quando necessita de adaptações devido à legislação vigente no país onde o veículo será comercializado.

Conforme Consoni e Carvalho (2002), destaca-se o fato de que, tende-se a não ocorrer tropicalização quando o veículo é de uma classe chamada carro mundial ou plataforma mundial, nesses casos as tropicalizações são evitadas, pois difere da plataforma mundial, o que torna os carros interessantes para as empresas devido a padronização de peças e processos. Em casos raros, ocorre-se a tropicalização dos veículos globais, os autores nomeiam como glocalização e não mais globalização, onde é feita a referência a localização do veículo ou peças, termo utilizado para identificar que a produção é local, como é mostrado na Figura 16.

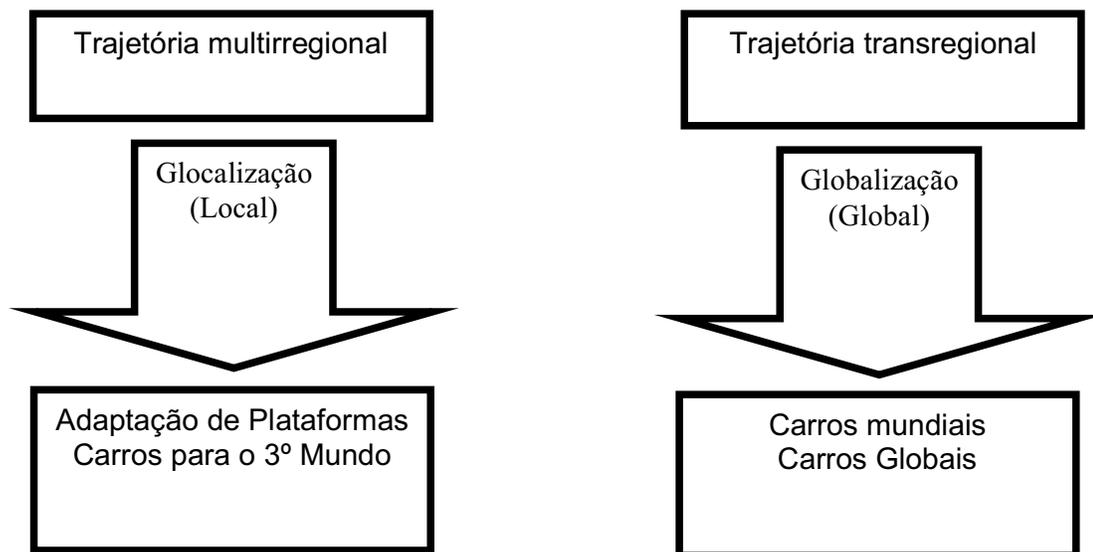


Figura 16: Ilustração de algumas trajetórias e estratégias de produtos das montadoras

Fonte: Adaptado de CONSONI e CARVALHO (2002)

Para Mesquita et al. (2013), é possível entender que o processo de tropicalização é um processo de inovação, pois visa adaptar um produto a uma situação diferente daquela na qual este foi desenvolvido. No caso, os autores citam a tropicalização dos motores, para que estes utilizam de combustíveis nacionais, que possuem diferenças para o combustível utilizado em outros países. Os autores citam ainda o fato nos veículos nacionais necessitarem da tecnologia chamada bicombustível, que torna os veículos capazes de utilizarem diferentes tipos de combustíveis, sendo os mais comuns, álcool e gasolina.

Conforme Ibusuki et al. (2012), são exemplos de montadoras com desenvolvimento local, onde ressalta a Renault como executora de tropicalização referente ao Sandero e ainda o Grupo PSA Peugeot Citroen, com capacidade de desenvolvimento onde tem-se a Hoggar como exemplo, porém as duas empresas não especificam quais atividades exatas a engenharia local desenvolveu.

Segundo Amatucci et al. (2012), a General Motors possui engenharia local capaz de desenvolver tropicalização, porém possui ainda capacidade e nível de maturidade, pois a engenharia local participa de desenvolvimentos globais.

Conforme Henriques (2013), no caso da Fiat destaca-se que a unidade de engenharia situada no Brasil já possui *status* de desenvolvimento mundial, onde contribui-se para além de tropicalizações, desenvolvimento com coparticipação da matriz.

2.8 CONCEITO FÁBRICA DIGITAL

O conceito de fábrica digital está sendo cada vez mais utilizado em engenharias chamadas ou de engenharia simultânea ou mesmo engenharia avançada, conforme Vidal e Kaminski (2005).

Segundo Vidal e Kaminski, (2005) o fato de poder antecipar um problema e conseqüentemente antecipar uma solução, ou mesmo uma possibilidade de mudança do conceito para que se evite tal situação, e isso ser ainda na fase inicial de projeto, quando tudo ainda está em forma digital, reduz drasticamente o custo dessa solução e prazo para implementação. Um exemplo bem simples e muito utilizado em qualquer discussão nesse sentido é a comparação de uma relocação de uma torre utilizada para localizar duas peças durante a soldagem. Para se relocar essa torre com o dispositivo já construído passa pelas seguintes fases:

1. Estudo digital;
2. Desenvolvimento e fabricação de um novo conjunto;
3. Reposicionamento do novo conjunto no dispositivo, muitas vezes com o auxílio de equipamentos de medição, seja um braço tridimensional de medição, ou seja, um sistema de Laser de medição dependendo do tamanho e acesso à região;
4. Refazer a furação e reposicionamento do novo conjunto, com o auxílio do equipamento de medição.

Herrman (2004) já apontava que quanto antes boas decisões forem tomadas melhores serão os resultados, nessa linha, se for detectada a necessidade de mudança de uma torre que sustenta sistemas de fixações principais que serão a base de medição do dispositivo enquanto este ainda esteja em fase digital de construção, essa mudança não passa de um simples comando no programa, não superando o prazo de poucas horas.

Nessa fase qualquer modificação realizada no dispositivo ou mesmo no produto gera um impacto muito menor do que se fosse identificado apenas após o início da fabricação, conseqüentemente gerando menos tempo de modificação e menos custos, além da qualidade do trabalho alcançar um nível muito melhor, pois a medição dos dispositivos é de forma definitiva (VIDAL 2005).

A análise antecipada permite tomada de decisões também antecipadas, o que seria um fator que gera sempre ganho, a utilização de sistemas digitais, ou seja, auxílio computacional para essas definições trazem benefícios que impactam principalmente custos, prazos e qualidade, mas também o lançamento do veículo. Na Figura 17 é mostrado uma seqüência de fotos de uma análise digital onde foi possível identificar-se um problema de produto (VIDAL 2005).

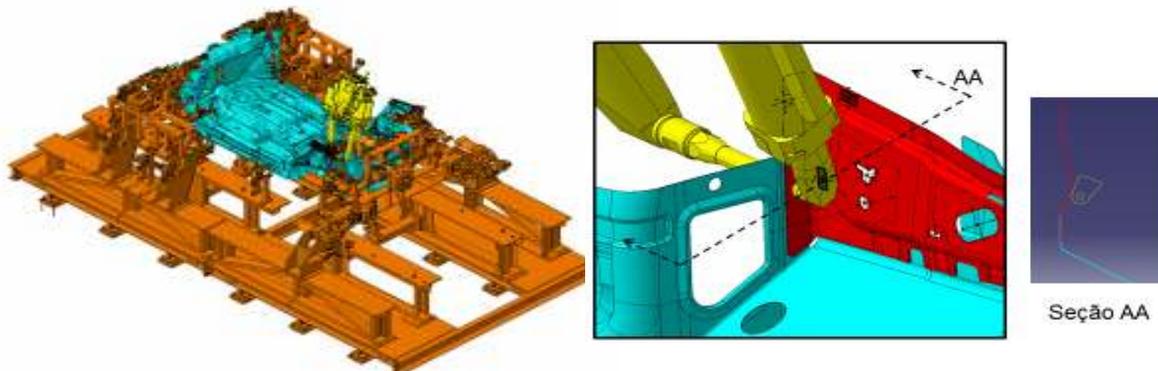


Figura 17. Exemplos de análise de dispositivos na fase digital
Fonte: AUTOR (2016)

Nessa fase são detalhados os processos de fabricação de forma que possibilitem ao setor de compras a negociação com fornecedores para a construção da linha de fabricação assim como para auxiliar aos fornecedores no desenvolvimento do processo. Nessa fase o conceito de F.d. é comumente utilizado, pois permite antecipar os problemas de fabricação e construção da linha de processo. Quanto antes os problemas forem identificados, menor será o impacto tanto quanto a prazo como financeiro, devido a isso as fases de estudo 3D e passagem de pinça passam a ser analisadas de forma minuciosa (VIDAL, 2005).

Conforme Silva (2013), o conceito de F.d. destaca-se no quesito arranjo físico, pois permite aproximar-se ao extremo da realidade ainda em fase digital, o que permite que identifique problemas com soluções mais simples de implementação. O conceito utiliza-se de um banco de dados conforme definido nos primórdios dos processos, onde evidencia-se a forma final do processo, na Figura 18 é mostrado o conceito da F.d. como forma central do desenvolvimento do processo.

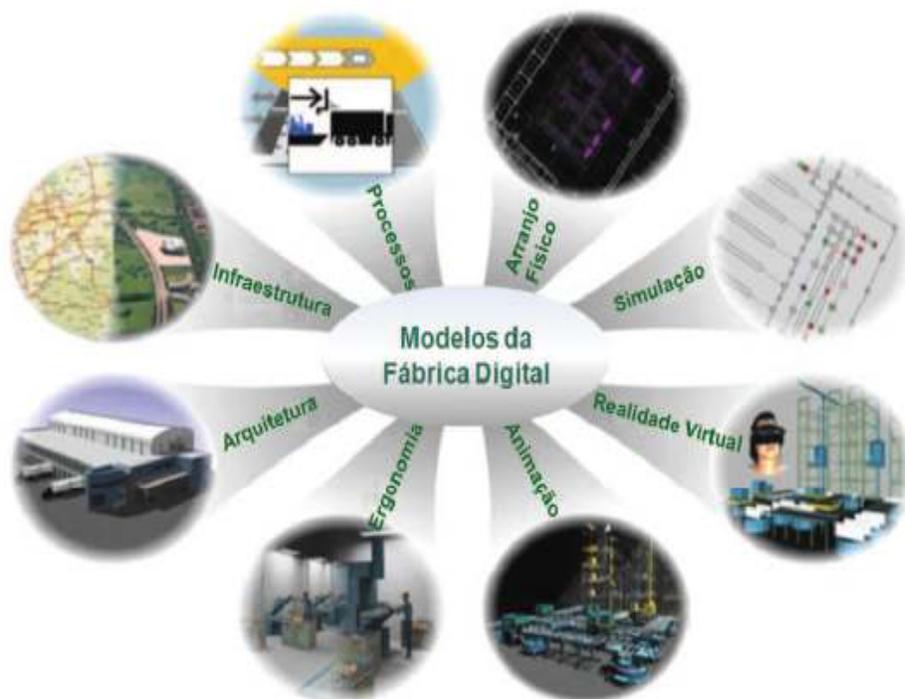


Figura 18. Tipos de modelos de fábrica digital
Fonte: SILVA (2013)

2.9 ANÁLISE ERGONÔMICA

Conforme Thun et all (2010), o quesito ergonomia tem sido um assunto abordado em abundância dentro das empresas e em especial dentro das empresas automobilísticas devido a exposição a riscos dos funcionários diretamente ligados ao processo produtivo. Em diversos casos a análise constata tamanho risco para a saúde e bem-estar dos funcionários que a utilização de robôs se faz necessário. Ainda de acordo com os autores, é bem correto afirmar que em diversos momentos as empresas optam pela utilização de robôs no intuito de melhorar a eficiência das atividades, pois devido ao alto grau de exposição dos funcionários não seria possível alcançar níveis máximos de eficiência.

Outro ponto abordado pelos autores é o fato do envelhecimento da mão de obra, é uma tendência mundial, apenas a Alemanha vai na contra-mão, as idades dos funcionários passaram a ser cada vez maiores, e dessa forma a análise ergonômica passa a ganhar ainda mais notoriedade no cenário de desenvolvimento de um projeto.

Conforme Thun et all (2010), apesar do entendimento das organizações quanto a necessidade da análise ergonômica, o fator financeiro é um impasse entre implementar as ações de melhorias ergonômicas ou conviver com esses problemas, gerenciando os mesmos de outras formas, porém é possível também afirmar que, quanto mais cedo essa análise for feita, menor será o impacto financeiro para o projeto, com isso o conceito de fábrica digital passa a ser um conceito utilizado em fatores que até então não possuíam esse foco. O fato das alterações serem identificadas o quanto antes e o custo de alteração reduzido entra como quesito para se justificar tal mudança.

2.10 GESTÃO DE PROJETOS

Conforme Junior e Rego (2013), a falta de materiais publicados referente a gestão de projeto é um ponto que chama a atenção, em especial, no ramo automobilístico, os materiais referentes a gestão de projetos no ramo automobilístico não são comumente disponibilizados nem tão pouco tem despertado tamanho interesse dos pesquisadores de forma que artigos com esse conteúdo são raramente publicados, o que dificulta o acesso de tal conhecimento pela sociedade. Ainda conforme os autores como normalmente não existem no organograma da

empresa a estrutura montada e definitiva de projeto, se faz necessário estruturar o desenvolvimento do projeto amparado nos conceitos do Guia PMBOK (PMI, 2013), onde o evento de abertura de um projeto é conhecido como Termo de Abertura de Projeto, onde é considerado bem feito quando toda a informação necessária é passada claramente para todas as áreas de forma que cada área seja capaz de desenvolver toda as etapas á que lhe cabe. O termo que precede ao termo de Abertura de Projeto é o *business case*, que é o documento que demonstra a viabilidade e em alguns casos até a rentabilidade do projeto.

De acordo com Soeltl (2006), a área de gerenciamento de projetos existe desde os primórdios, onde é citada a história de referente à supervisão da construção da Basílica de São Pedro em Roma, onde Michelangelo deparou-se com problemas não diferentes dos problemas citados hoje pelos gerentes de projetos dos dias atuais, especificações insuficientes, mão de obra não adequada, verbas abaixo do especificado e um cliente muito influente. Ainda de acordo com o autor após o início da Guerra Fria, no final dos anos 50, o departamento de defesa americano desenvolveu a técnica conhecida como PERT, conceito esse que preconiza determinar o menor tempo possível para a conclusão de um projeto. Após isso houve alguns aprimoramentos do conceito, outro ponto a salientar foi a criação do CPM, pela Dupont, CPM ou método do caminho crítico que é amplamente utilizado para se definir quais atividades devem ter uma atenção direcionada devido ao impacto direto no prazo de entrega do projeto.

De acordo com Kerzner (2005), os benefícios pela utilização de um gerenciamento de projetos estruturado e bem definido foram capazes de modificar a forma com que executivo e funcionários de toda a organização no que se trata de gerenciamento de projetos nas empresas. Pode-se visualizar essa mudança conforme a Tabela 03, onde é demonstrada essa adaptação e evolução da visão.

Quadro 03 – Diferenças na visão antiga e atua referente ao conceito de gerenciamento de projetos

Visão Antiga	Visão Atual
O gerenciamento de projeto necessitará de mais pessoas e incidirá em aumento de custos em geral.	O gerenciamento de projeto garante a conclusão de mais trabalhos em menos tempo e com menor número de pessoas.
A lucratividade reduzirá.	A lucratividade aumentará.
O gerenciamento de projetos aumentará as mudanças de escopo.	O gerenciamento de projetos melhorará os controles das mudanças de escopo.
Apenas grandes projetos necessitam de gerenciamento de projetos	Todos os projetos serão beneficiados pelo gerenciamento de projetos.
O gerenciamento de projetos é para agradar aos clientes.	O gerenciamento de projetos torna a empresa mais eficiente e eficaz, ao implementar os melhores princípios de comportamento organizacional.
O gerenciamento criará conflitos de autoridades e poder.	O gerenciamento de projetos permite-se que atue mais próximo ao cliente.
O gerenciamento de projetos evidencia uma suposta subotimização de uma equipe ao cuidar apenas do projeto.	O gerenciamento de projetos permite melhores tomadas de decisões.
Os problemas de qualidade intensificarão com o gerenciamento de projetos.	O gerenciamento de projetos incidirá em aumento de qualidade
O custo do gerenciamento de projetos tende a reduzir a competitividade da empresa.	A empresa progredirá com o gerenciamento de projetos.

Fonte: Adaptado de KERZNER (2005)

Em concordância com Silva et all (2009) refere ao gerenciamento de projetos em sua totalidade um número bem inferior que gerenciamento de processos, e isso deve-se muito ao fato de em gerenciamento de processos as atividades se repetem, quanto em gerenciamento de projetos essa repetição é bem menos comum, o que não inspira autores a escrever sobre o assunto. Ainda de acordo com os autores, dentro do gerenciamento de projetos destaca-se o quesito gerenciamento de riscos, que refere a matéria de análise do projeto de forma que minimize ou mesmo elimine o risco de perdas materiais para a organização. Segundo os autores no Brasil, praticamente em sua totalidade, o gerenciamento de projetos não foca o gerenciamento de risco, o que ocasiona nas perdas financeiras para as organizações.

Em adição ao que já foi mencionado, destaca-se Peinado e Graeml (2013), onde estes citam que a evolução do gerenciamento de projetos é aquela que gerencia o projeto e o entrega em formato de Sistema Enxuto de Produção (SPE), onde este visa a melhor forma de produção utilizando o menor recurso possível minimizando recursos e maximizando resultados. Os autores ainda destacam que a indústria automobilística devido a sua complexidade e importância no mercado mundial fez-se necessário o desenvolvimento de uma norma específica conhecida como ISO TS 16949, norma essa que define os termos não somente referente a qualidade, mas também conceitos de validação de produto, conhecido como APQP, *Advanced Product Quality Planning*. Ainda de acordo com os autores, em gerenciamento de projetos devem seguir conceitos de *Lean manufacturing*, onde este destaca alguns pontos, mesmo que em fase de projeto, conceitos como melhorias contínuas e busca por gargalos quando utilizados ainda na fase de projetos permite a máxima utilização dos recursos alocados no projeto e mesmo os recursos que serão dispostos após a implementação do projeto concluído. O artigo ainda destaca uma das principais dificuldades de um gerenciamento de projetos eficiente é a comunicação, seja internamente seja com fornecedores, pois preconiza que, quanto mais rápido a informação seja difundida dentro da organização e mesmo com seus respectivos fornecedores auxilia na tomada de decisão para adaptação a mudanças de escopo, sejam elas mudanças de produto ou mesmo prazo.

Para Oliveira (2012), a ISO TS 16949 é um *World Automotive Standard*, ou seja, um padrão automotivo mundial, no conceito de qualidade, é uma norma que direciona, gerencia e possibilita a comparação entre as grandes corporações do ramo automobilístico. Ainda segundo a autora, é o cumprimento de uma sequência de práticas de modo a garantir a robustez da qualidade, de forma a atingir a Qualidade Assegurada, onde está faz a função de suportar as garantias de montadoras.

Conforme Ribeiro e Marodin (2010) em um trabalho de práticas de gestão de produção foi feita uma pesquisa sobre SPE em 47 empresas do Brasil e do exterior, sendo deste total 21 empresas do ramo automotivo, esse trabalho levantou as maiores dificuldades de gerenciar projetos de forma que atenda os conceitos do SPE. Ainda de acordo com os autores, na Tabela 04 é demonstrada as atividades práticas prioritárias para que se atenda aos conceitos SPE.

Quadro 04 – Práticas consideradas prioritárias para o SPE

Posição	Práticas prioritárias
1	Produção puxada
2	Padronização do trabalho
3	Gerenciamento visual
4	Controles qualidade/zero defeitos
5	Mapeamento de fluxo de valor
6	<i>Kaizen</i> e solução de problemas
7	Troca rápida de ferramentas
8	Manutenção produtiva total
9	Nivelamento da produção
10	Flexibilização da mão-de-obra
11	Produção enxuta
12	Autonomação
13	<i>Lean Office</i>
14	<i>Lean servisse</i>
15	Outras

Fonte: Adaptado RIBEIRO e MARODIN (2010)

2.11 DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DO PRODUTO

Segundo Canciglieri et all (2012), devido a necessidade atender e adequar-se ao novo consumidor que busca inovação, desenvolveu-se e aprimorou-se o conceito desenvolvimento integrado do produto, um conceito da engenharia que busca o desenvolvimento de produtos com uma visão integrada entre manufatura e produção. Com essas características e o potencial de entrega de resultados o conceito de desenvolvimento integrado do produto passou a tornar de vital importância à organização, desenvolvendo métodos de processos e produtos de forma que estes além de atender à necessidade dos clientes, utilizando um conceito de processo sustentável e padronizado. Ainda conforme os autores, o conceito de desenvolvimento integrado do produto consiste na integração de diversas áreas da empresa, com grupos multifuncionais, onde as diferentes vertentes de conhecimento de cada equipe possam vir a somar no desenvolvimento de produtos de forma que

intensifica a padronização do processo. Conceito utiliza uma grande integração de recursos computacionais.

De um modo geral, conforme Silva (213), o modelo de desenvolvimento integrado do produto utilizado para desenvolvimento de um arranjo físico e suportado pelo conceito de fábrica digital é composto pelas seguintes fases:

- Definição dos principais elementos do arranjo físico bem como os produtos digitalizados;
- Definição de metas para o arranjo físico a partir das especificações de mercado;
- Escolha do sistema digital;
- Levantamento de dados para o arranjo físico;
- Construção do modelo digital do processo;
- Construção do modelo digital para simulação das operações;
- Construção do modelo digital para simulação do Arranjo físico
- Simulação e análise de resultados;
- Análise do arranjo físico;
- Validação do arranjo físico.

O conceito evidencia a sequência lógica de desenvolvimento e validação do arranjo físico, de forma que, este, obtenha-se simulações, conceitos, e validações estruturadas e robustas de forma que os problemas encontrados nas simulações sejam resolvidos ainda durante a fase digital, o que minimiza o investimento, caso necessite de mudanças e adaptações e garante o cumprimento do prazo. Ainda conforme o autor, na Figura 19, pode-se identificar o fluxograma que demonstra as etapas para o desenvolvimento de um arranjo físico suportado pelo conceito fábrica digital.

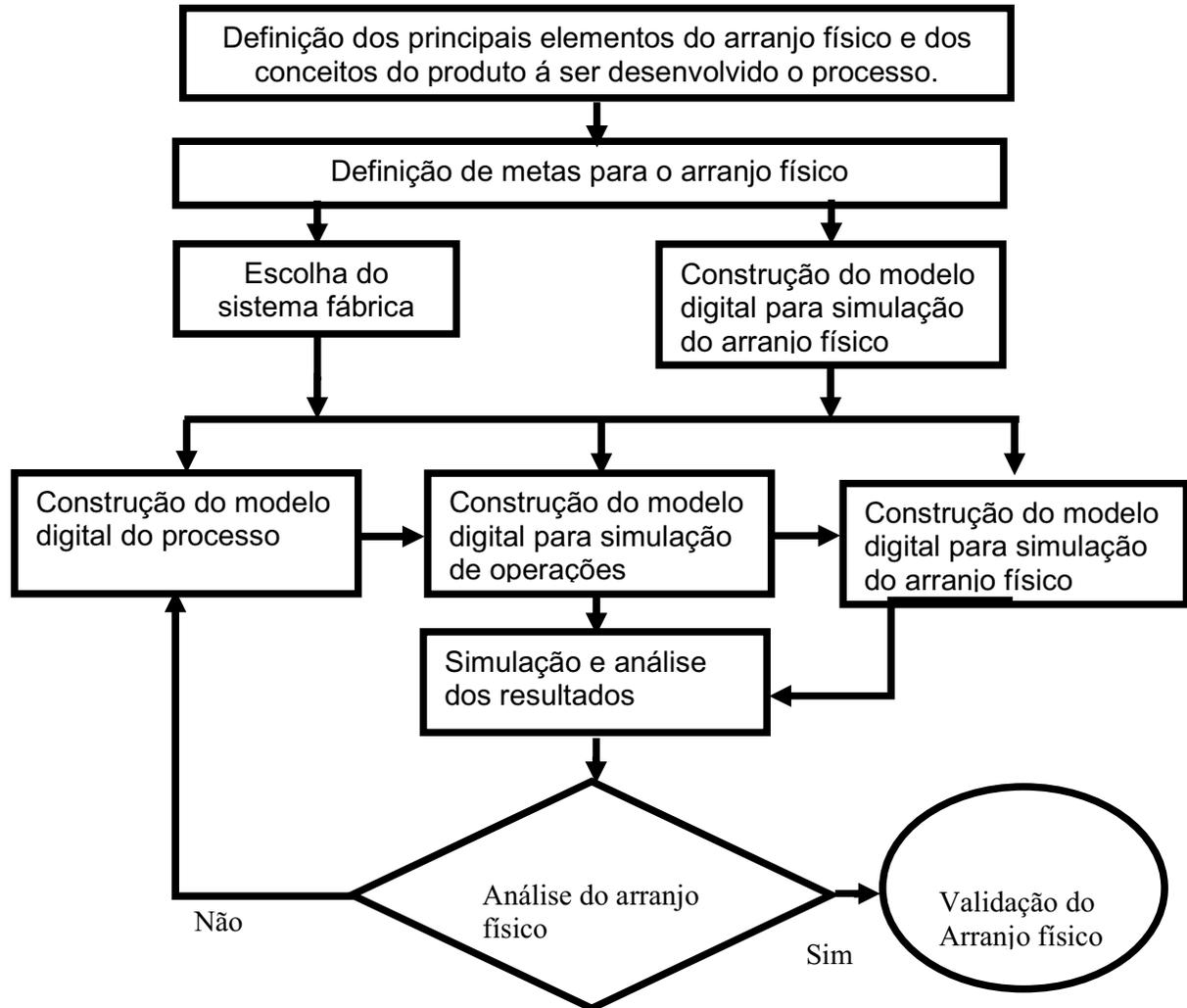


Figura 19. Etapas para análise de arranjo físico de Produção
 Fonte: Adaptado de SILVA (2013)

2.12 AUTONOMAÇÃO OU PRÉ-AUTOMAÇÃO

Conforme Rebello (2014), a autonomação ou pré-automação é o conceito de mesclar operações totalmente automáticas com operações manuais em uma mesma linha de produção de forma que possa elevar ao máximo o nível de eficiência do processo assim como manter a presença humana no processo, o que possibilita a supervisão dos processos automáticos e a manutenção rápida dos mesmos. Utiliza-se tal conceito, ainda, na obtenção de solução de desvios do processo, como exemplo em abastecimento de peças de formas geométricas que impossibilitasse ser de forma automática ou mesmo quando esta não segue uma sequência lógica, o que impede a utilização de robô nessa atividade.

Segundo Nunes e Menezes, a automação é definida como a automação com um toque humano, de forma que se caracteriza pela sofisticada forma de detecção de anormalidades e problemas na linha de produção. Ainda conforme os autores como uma identificação eficaz e rápida, são possíveis minimizar os efeitos e identificar as causas de forma rápida e eficaz.

Conforme Rodas (2014), gradativamente, as empresas foram trocando os processos manuais pelos processos robotizados exatamente pelo fato da eficiência e aumento de eficiência, o que gera operações cada vez mais rápidas e com altas complexidades sem que ocorram falhas devido a interação humana. Ainda de acordo com os autores, a mescla entre robôs e operações manuais, onde privilegia as operações complexas para os robôs e as operações onde necessita de uma mente pensante para soluções de problemas para as operações onde usa a força humana. O objetivo da utilização da automação é a redução do custo da manufatura, redução de peças com defeitos, de forma a atingir um limite de eficiência próxima do teórico, ou seja, 100% das peças dentro da especificação e com tempo de fabricação conforme especificado no início do projeto. Ainda de acordo com os autores, não somente pela necessidade de alcançar elevados índices de eficiência, mas também pelo fator ergonômico, usa-se a robotização de forma a evitar prejuízos para os trabalhadores. Ainda conforme os autores, o fator ambiente é outro fator importante e que justifica o uso da robótica, visto que, em temperaturas elevadas ou em ambientes nocivos a vida humana e recomendado a utilização de robôs, pois esses trabalham nessas condições onde pode-se obter o mesmo resultado por horas seguidas de trabalho.

2.13 FMEA

Segundo Wang et al. (2012) *FMEA* é uma técnica de análise de riscos reconhecida internacionalmente devido aos resultados obtidos pelas organizações que as utilizam. Ferramenta utilizada para identificar e antecipar possíveis falhas nos processos de forma que possibilita a implementação de ações que ampliam a robustez do processo, onde evita-se falhas e custos adicionais com retrabalhos ou mesmo refugos. Ainda de acordo com os autores, as análises de novos processos, devem considerar conhecimentos adquiridos em projetos anteriores, bem como boas práticas, mesmo tendo estas sendo utilizadas em outros processos, semelhantes ou

não. Durante o desenvolvimento de *FMEA*, o grupo multidisciplinar pode deparar-se com situações que necessitam de outra ferramenta conhecida como *POKAYOKE*.

Conforme Mendes (2014), no *FMEA* existem diversas formas de análise de forma a antecipar-se aos problemas, e o modo mais eficaz para implementar a técnica é a combinação de todas as formas, pois deve-se a essa miscigenação de conhecimento que permite a equipe identificar e implementar as soluções exequíveis a cada situação.

A origem do *FMEA* não é um consenso, conforme Laurenti et al. (2012), existem contradições no campo da origem do *FMEA*, porém pode-se afirmar que um desses registros foi feito pelo Exército do Estados Unidos, com o intuito de prevenção de modos de falhas. Dentro do universo automobilístico pode-se afirmar que a primeira empresa a utilizar tal estudo foi a Ford, com conceito de garantia da qualidade. Mesmo com ampla utilização, o *FMEA* possui diversos problemas práticos para utilização correta da ferramenta, alguns erros são:

- Falta de termos bem definidos;
- Problemas na identificação de falhas chaves;
- Momento da aplicação da ferramenta no desenvolvimento;
- Integração com o departamento de desenvolvimento de projetos;
- Reutilização de conhecimentos de falhas anteriores, dentre outros.

Ainda de acordo com os autores, o conceito *FMEA* foi desenvolvido para definir, identificar e corrigir falhas tanto voltado para o produto quanto para o processo. Nesse contexto, reúnem-se um grupo multidisciplinar onde é exposto com riqueza de detalhes o processo ou produto estudado, de forma que se estuda todos os modos de falhas potenciais sistemáticos com conhecimento adquiridos em processos ou produtos anteriores. Toda essa análise é registrada em um formulário, que deve ser atualizado em determinadas etapas de evolução do item estudado.

Os autores afirmam ainda que existem 4 tipos de *FMEA*, sendo eles:

- *FMEA* de sistema (*FMEA*); utilizado no intuito de analisar sistemas e subsistemas no início do desenvolvimento do conceito e do projeto;
- *FMEA* de produto (*DFMEA*); utilização voltada para análise do produto, fase que antecede a liberação do produto para fabricação mesmo que como protótipo.
- *FMEA* de processo (*PFMEA*); utilizado para análise do processo de fabricação e montagem, voltado para buscar-se um processo robusto e capaz de produzir de forma que reduza os erros a situação próxima de zero.

- *FMEA* de serviços (*Service FMEA*); voltado para analisar serviços de forma que máxime a qualidade da entrega do serviço para o consumidor. Na Figura 20 pode-se observar um exemplo da utilização dos *FMEA*'s descrito anteriormente.

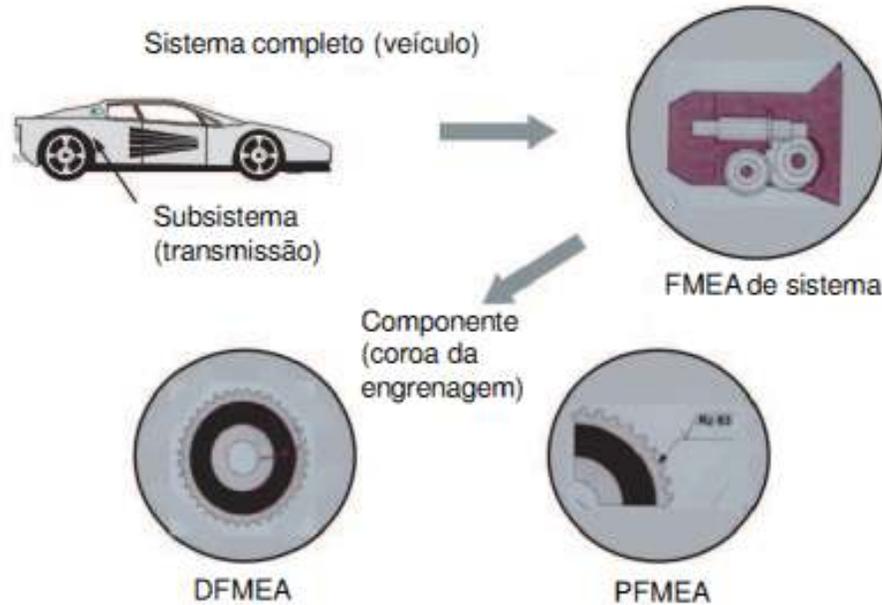


Figura 20. *FMEA* de sistema, *DFMEA* e *PFMEA*
Fonte: LAURENTIL et al. (2012)

Para Laureintl et al. (2012), para Mesquita et al. (2014) e Freitas et al. (2012) uma sessão de *FMEA* inicia com a identificação das funções do item estudado, após isso é analisado pelo grupo os efeitos e as causas de cada modo de falha, onde utiliza-se uma escala de 0 a 10 onde atribui-se notas para:

- Severidade dos defeitos;
- Probabilidade de ocorrência dos defeitos;
- Controles do processo/produto para identificar os defeitos.

Após isso é feito o produto dos 3 quesitos, onde obtém-se índice de prioridade de risco, em seguida propõe-se ações para eliminar ou detectar os modos de falhas ou ainda para limitar seus defeitos. Em diversas oportunidades é nesse momento em que surgem os *POKAYOKES*.

Na Figura 21 pode-se observar uma visão estrutural das informações do *FMEA*.

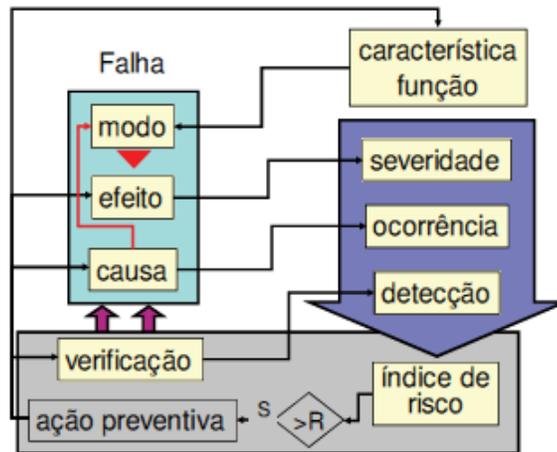


Figura 21. Visão estrutural das informações do *FMEA*
 Fonte: LAURENTIL et al. (2012)

Para Mesquita et al. (2014), o *FMEA* é uma ferramenta voltada para identificação de falhas, de forma que tal identificação possibilita a organização reduções de custos ou mesmo eliminações de custos adicionais com possíveis alterações no decorrer do desenvolvimento do processo ou produto.

Para Oliveira et al. (2012), as organizações necessitam voltar as suas atenções para a identificação e eliminação de falhas que perturbem o funcionamento do processo, onde entende-se o termo perturbação como todo e qualquer evento que altere a rotina programada para determinado processo e produto. Para tal, necessita-se entender as diversas formas de falhas que possam existir no decorrer da vida útil do processo/produto, como pode-se observar na Figura 22, onde apresentam as falhas divididas em grupos e subgrupos, de forma que facilitam o entendimento das organizações e possibilitam a tratativa de cada falha de forma que suas consequências possam ser minimizadas, no conceito de buscar a taxa de defeitos zero que será entregue ao consumidor.

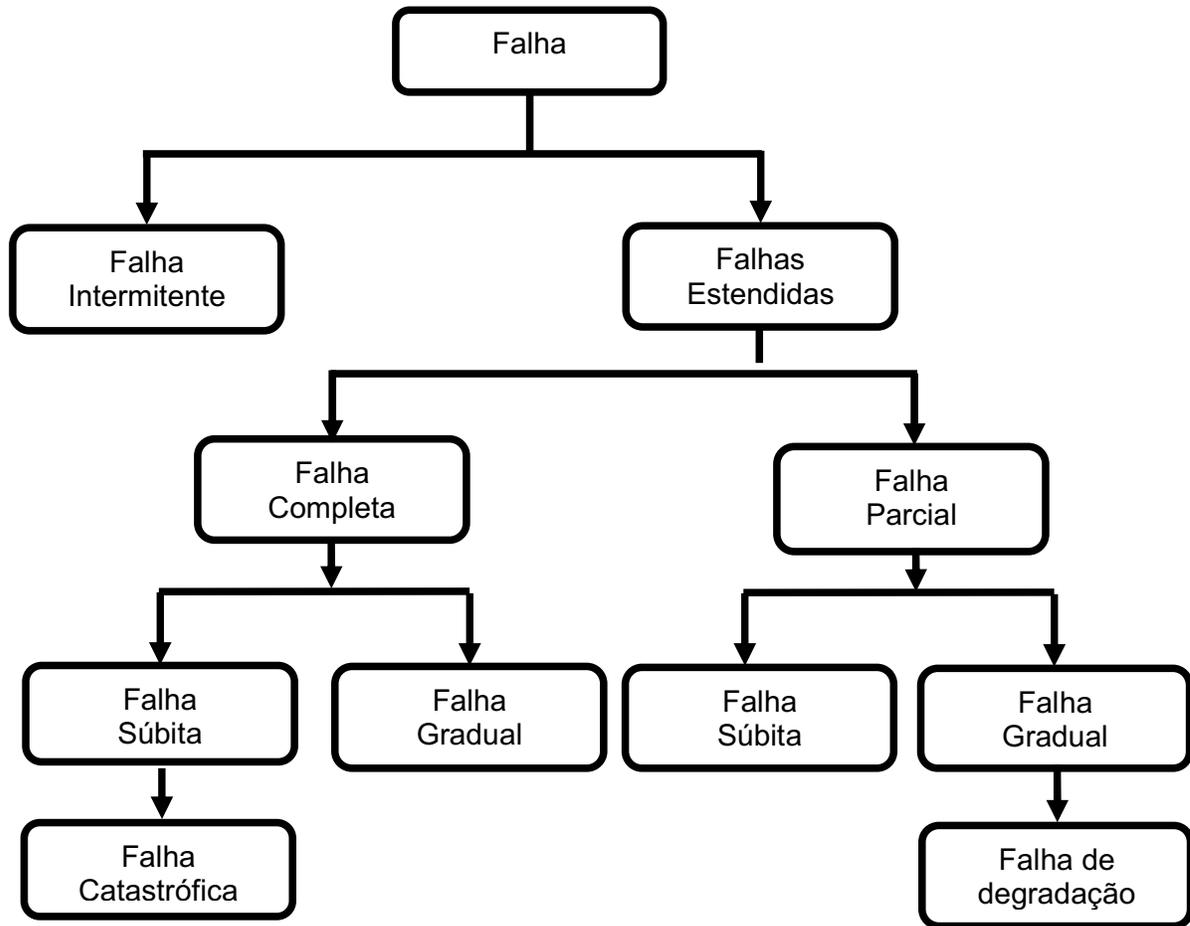


Figura 22. Diferentes tipos de falhas
 Fonte: OLIVEIRA et al. (2012)

Segundo Oliveira et al (2012), o entendimento dessas falhas permite um desenvolvimento mais eficaz do *FMEA*.

Maekawa (2013) destaca ainda que, além da eficácia da utilização do *FMEA*, essa ferramenta é pré-condição para que as empresas busquem certificações, tanto no âmbito nacional como internacional, ou seja, o desenvolvimento, a implementação e os registros do *FMEA* devem ser arquivados de forma que possibilitem sua localização para possível auditoria.

2.14 POKAYOKE

Para Parit et al. (2013), o conceito de *POKAYOKE*, é oriundo do Japão e consiste em evitar falhas humanas com a utilização de recursos diversos, o conceito iniciou-se através do TPS, *Toyota Production System*. Com o conceito de *POKAYOKE* busca-se o termo conhecido com zero defeitos, ou seja, reduzir a níveis desconsideráveis as peças rejeitadas do processo devido a erros humanos.

De acordo com Tak et al. (2015), é recomendada a utilização de equipamentos fixos como *POKAYOKEs* que possibilitam maiores resultados, ou seja, equipamentos fixos de forma que impossibilite o erro humano e simplifique a implementação no processo, sem que obtenha-se perdas de tempo na montagem ou execução da tarefa pelo operador.

Segundo Loureiro et al. (2014), a utilização do conceito *POKAYOKE* é uma ferramenta que visa a redução ou mesmo eliminação total dos erros de sistematização, ou seja, erros oriundos do processo de fabricação. Em outras palavras, considera-se a utilização de *POKAYOKEs* quando o processo permite que o erro ocorra sem que esse erro seja potencialmente identificado durante o processo de fabricação.

Conforme Loureiro et al. (2014), assim como o conceito *FMEA*, quando ocorre o erro, busca-se que esse erro seja identificado o quanto antes no processo de fabricação, ainda na estação de fabricação, ou nos casos mais ideais, que esse erro seja evitado devido a dispositivos instalados de auxílio, ou mesmo que o equipamento não seja liberado para a fabricação. O conceito é amplamente utilizado para evitar-se *recalls*, conceito este que denigre a imagem da marca sempre que é veiculado nos instrumentos da mídia.

Sistema robusto de qualidade é aquele que busca o conceito de “Zero defeito”, conceito esse que os autores citam 4 pilares:

1. Inspeção na fonte, ou seja, processo produtivo capaz de identificar problemas ainda na estação de montagem, ou mesmo quando este evita-se a montagem incorreta.
2. Inspeção 100%, conceito pouco viável quando aplicado a produção em alta cadência e sistema enxuto, visto que, a inspeção pode considerar como custo adicional.

3. Redução do tempo de reação, reduzir o tempo de reação quando compara-se o tempo em que o erro foi identificado, onde minimiza-se o lote suspeito e aumenta-se a garantia da qualidade do lote fabricado.
4. Reconhecimento das fraquezas de processo, demonstrar que a instituição identifica as fraquezas do processo e que a repetição de produção pode-se levar ao erro humano.

A ferramenta *POKAYOKE* pode ser dividida conforme utilização, onde obtém-se as funções de, interromper a operação, controlar ou alertar caso ocorra algo durante a fabricação diferente do pré estabelecido. Na Figura 23 é mostrada uma classificação dos dispositivos quanto às funções (LOUREIRO, 2014).

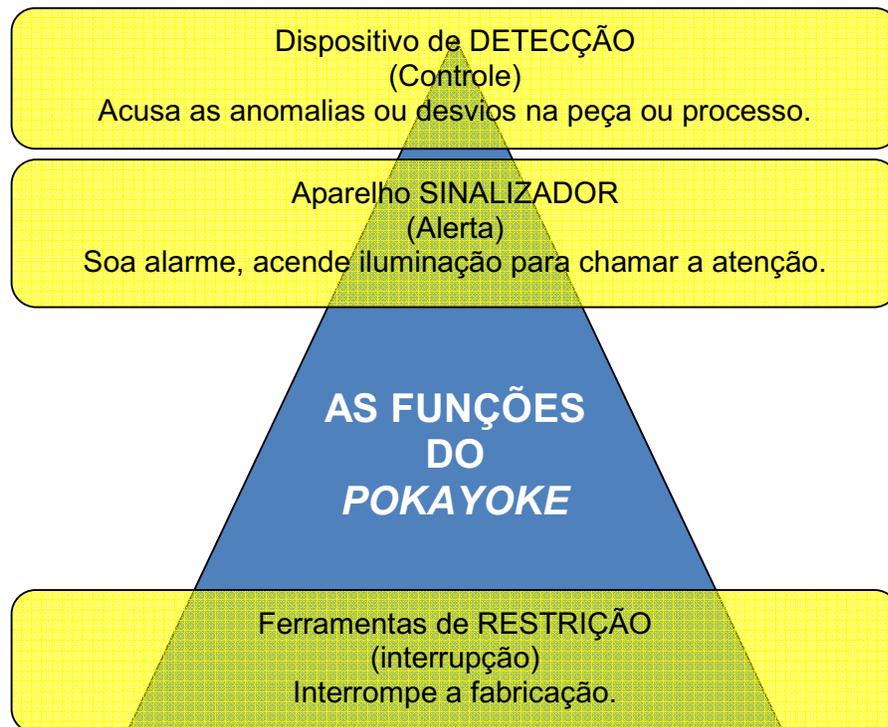


Figura 23. Funções do *POKAYOKE*
 Fonte: Adaptado de LOUREIRO et al. (2014)

Os conceitos, segundo Loureiro et al (2014), podem variar ainda conforme a utilização, e não somente conforme as funções, ou seja, dentro das funções, ainda existe a forma com que utiliza-se a ferramenta durante o processo de fabricação, pois em alguns casos, a impossibilidade de contato com o produto impede que essa forma de conceito seja utilizado, caso de produtos que impossibilita o contato devido

a higiene, caso típico da área de medicamentos, ou mesmo quando impossibilita a utilização do controle através de comparação visual ou mesmo por peso, exemplos típicos do ramo alimentício ou mesmo do ramo automobilístico, devido a impossibilidade de se comparar a composição dos produtos ou mesmo da impossibilidade da comparação conforme o peso do produto a ser fabricado.

Pode-se ver na Figura 24, a forma de análise e desenvolvimento do sistema de *POKAYOKE* e que, após a implementação do *POKAYOKE* e a checagem da funcionalidade necessita-se a atualização do *FMEA* (SILVA, 2010).

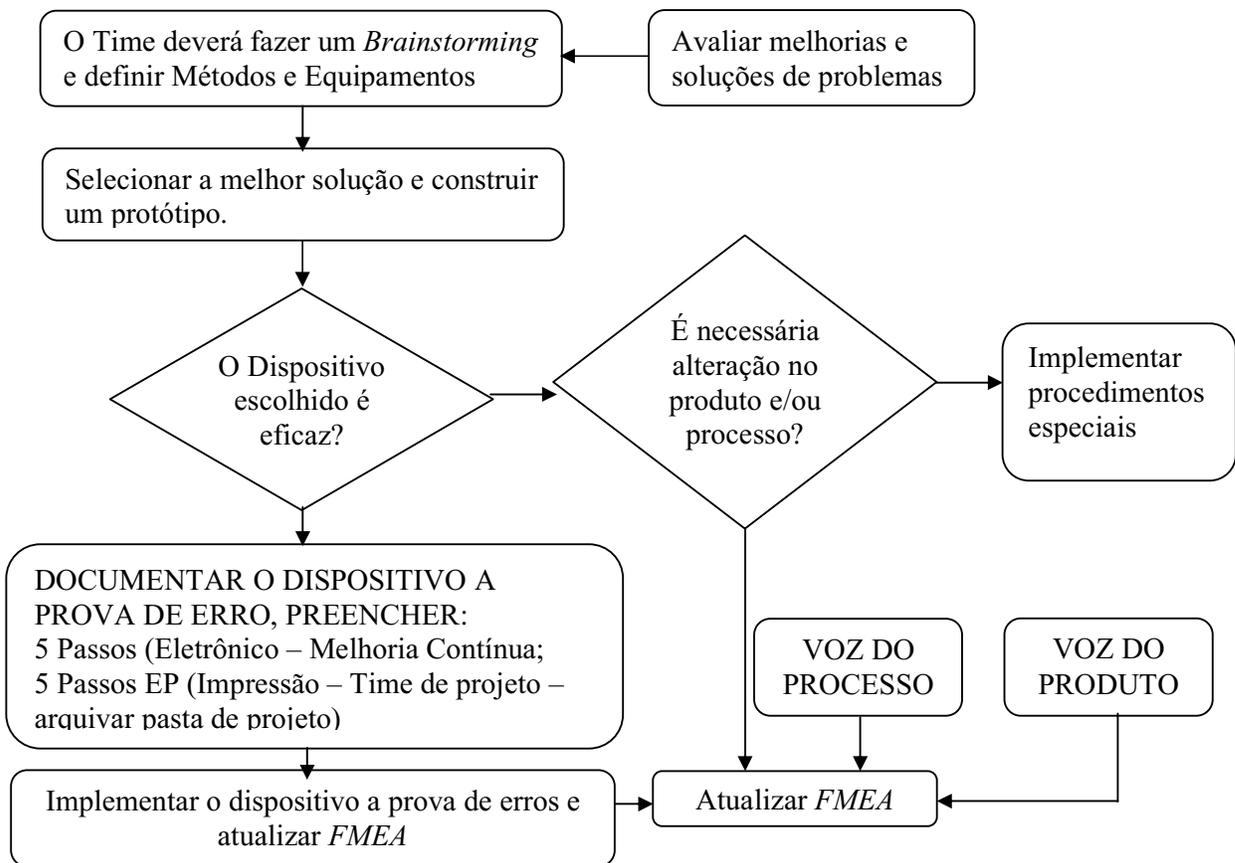


Figura 24. Fluxograma de desenvolvimento de *POKAYOKE*
Fonte: SILVA (2010)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS UTILIZADAS

O *software* Process Designer possibilita a interação entre diversos *softwares* atuando em uma única plataforma, ou seja, diversos produtos projetados em Catia, processos desenhados em AutoCad e simulações, podem ser analisados juntos, porém em um mesmo ambiente digital, que permite interação antecipando riscos e minimizando problemas. O computador utilizado nas simulações foi um Pentium IV – Intel com 3,2 GHz de processamento e 1500Mb de memória RAM.

3.2 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

Através de laboratórios realizados com clientes onde veículos da mesma classe são expostos e apreciados por esses clientes que identificam os pontos fortes e fracos de cada veículo apresentado e através de pesquisas de satisfação feita com clientes que adquiriram recentemente veículos que seriam chamados de concorrentes daquele modelo a ser lançado, definiu-se a necessidade da tropicalização, ou seja, o veículo passou a ter medidas maiores devido a uma característica do mercado onde será comercializado, foi o principal ponto a ser trabalhado no decorrer deste estudo. Na Europa esse modelo é utilizado por apenas quatro pessoas, porém no mercado nacional o veículo seria oferecido para cinco pessoas, o que levou a necessidade das alterações para resultar em um acréscimo no comprimento do modelo.

Com essas informações existe o estudo de viabilidade, tanto técnica quanto financeira, analisa se essa tendência de vendas possui viabilidade técnica e se possuirá um volume suficiente para ser viável financeiramente também, ou seja, caso o levantamento das informações orientasse a empresa para uma condição inviável, seria nesse momento que os membros da diretoria tomam a decisão de seguir ou não com o projeto.

Para os membros da diretoria, os pontos mais importantes são a parte financeira e o impacto de prazo no lançamento do veículo, uma vez que já existe um ferramental desenvolvido e em funcionamento para a construção desse veículo quanto menor a modificação menor o impacto nesses dois aspectos apresentados. Para nortear a diretoria foi utilizado o conceito da F.d. para análise das modificações

de produto, analisando o que essas modificações de produto impactariam na modificação de processo.

3.3 DEFINIÇÃO DO PRODUTO

Como já mencionado, após os laboratórios que definiram as necessidades dos clientes, inicia-se a definição de produto, nessa fase, forma-se um novo conjunto de premissas, que será usado para nortear o projeto daqui em diante, de forma que possibilita a antecipação de fatores importantes para o projeto, essas premissas são os pontos definidos pelos clientes como fatores preponderantes para a definição da compra de um veículo bem como as adaptações necessárias para atender a legislação vigente do País na qual o veículo será comercializado. Em determinados projetos e empresas, esse nível de análise pode chegar até ao *design* do produto.

As definições de produto foram realizadas com base nas solicitações para realizar a tropicalização conforme definido nas fases anteriores, porém com o recurso da F.d. as definições foram realizadas de forma que os impactos no processo fossem minimizados ao máximo, o que mantém a sinergia com o processo já instalado.

3.4 DETALHAMENTO DO PRODUTO

O detalhamento do veículo consiste em desmembrar de forma a ser possível à manufatura do produto, ou seja, após as definições do produto, este precisa ser adaptado para que seja manufaturado. Nessa fase é detalhado o veículo como um todo, ou seja, cada parte do veículo é desenhada separadamente e em conjunto, focando as regiões que sofreram modificações conforme a tropicalização, assim, as peças que não sofreram modificações são validadas com os desenhos do projeto anterior.

Cada peça que sofreu modificação é submetida novamente a todas as fases de validação de produto junto às áreas impactadas, assegurando que o nível de informação alcance a todas as áreas, assim como, se as definições atendem e são factíveis. O departamento de compras com seus especialistas e a engenharia de manufatura auxilia de forma a verificar se todas as modificações são possíveis de serem implementadas.

É gerada uma nova lista de material, onde descrevem-se as alterações necessárias, bem como o motivo pelas alterações, o que possibilita um histórico das mudanças e um rastreo das necessidades de mudanças.

3.5 APLICAÇÃO DO FMEA

O engenheiro responsável pelo desenvolvimento do FMEA é sempre prejudicado, quando se trata de um desenvolvimento de um novo veículo, pois as informações de entrada nem sempre são precisas, porém, no caso da utilização do conceito fábrica digital, foi possível evidenciar situações que realmente no futuro poderiam gerar imprecisões no processo. As reuniões foram separadas para que cada engenheiro de manufatura pudesse detalhar cada área visando focar cada modo de falha. Com o foco de analisar cada modo de falha foram definidos grupos multifuncionais de forma que cada grupo analisasse o processo e o produto ainda na fase digital de forma que foi possível realizar simulações que comprovaram a necessidade ou não de modificações necessárias tanto no processo quanto no produto. As áreas foram definidas como em 5 grupos de forma a propiciar ao engenheiro análise de menos operações porém possibilitando-o a detalhar mais essas operações.

As reuniões foram realizadas em laboratórios utilizando os programas de simulação da fábrica digital, com isso, foram analisados e identificados como possíveis modos de falha, a cada questionamento dos componentes da equipe, em referência a uma pontuação ou mesmo pela ocorrência de determinado problema, essa montagem era simulada no ambiente fábrica digital de forma que fosse possível a confirmação ou não do dado citado. Com essa simulação foi possível comprovar de forma clara e coerente a todos os participantes da reunião que a aplicação ou não de uma determinada ação fazia-se necessária ou não, onde permitiu que a engenharia de manufatura conduzisse a reunião de forma transparente e com foco no resultado, conforme é mostrado na Figura 25, o fluxograma utilizado para desenvolvimento do FMEA com o recurso da F.d.

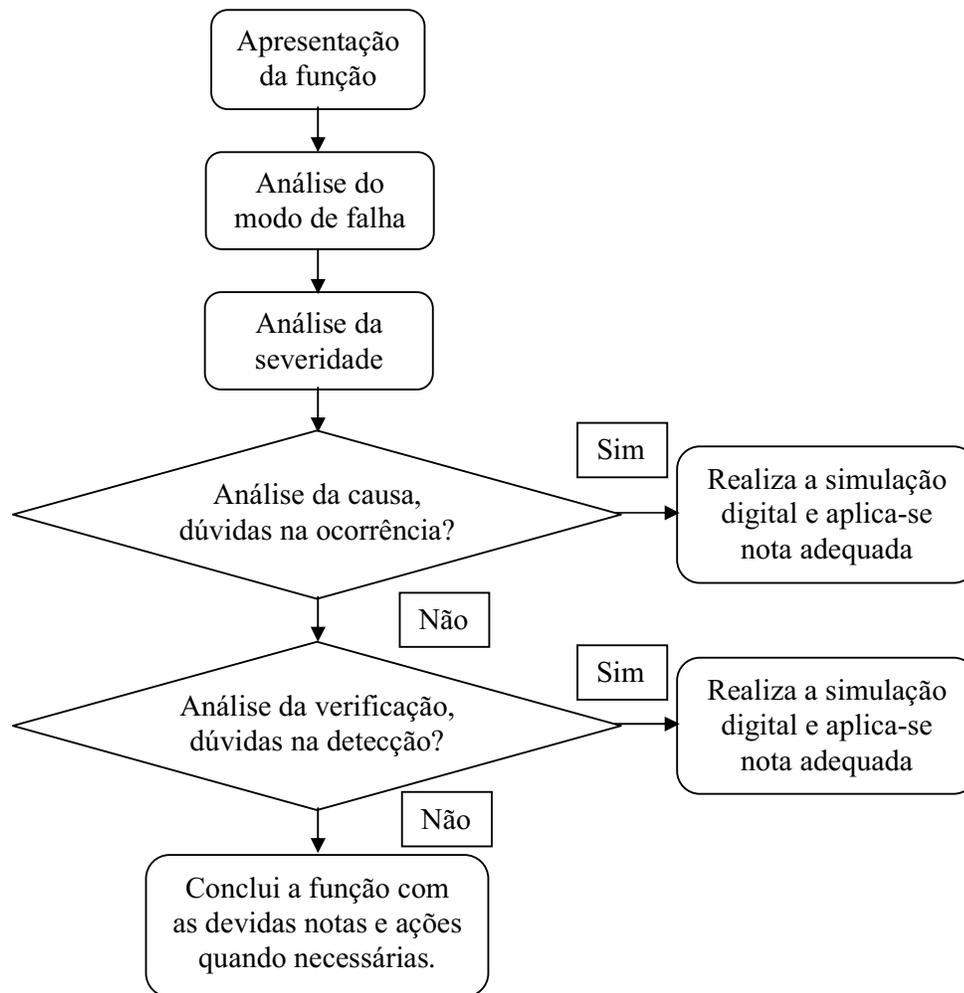


Figura 25. Fluxograma para desenvolvimento do FMEA com recurso do F.d.
Fonte: AUTOR (2016)

3.6 APLICAÇÃO DO POKAYOKE

Durante a fase de desenvolvimento foi possível “ouvir” as vozes do produto e do processo, possibilitando desenvolver *POKAYOKEs* não somente no processo, mas também no produto, como por exemplo, o caso dos reforços de fixação do bagageiro no teto. Um conjunto de quatro peças, onde, cada peça é utilizada em uma determinada posição, porém caso sejam invertidas geram problemas somente identificados no momento de montagem do bagageiro, ou seja, na montagem final, o que acarreta em um custo de retrabalho relativamente alto. Como foi possível identificar tal situação ainda durante a fase de projeto, uma pequena alteração no posicionamento de cada porca, impossibilitando a montagem invertida das peças foi

realizada, ou seja, a metodologia *POKAYOKE* aplicada diretamente no produto, o que tornou o processo ainda mais robusto, evitando erros e sem perturbações no processo, dispensando a utilização de automação para criação de *POKAYOKE*, o que gera custos de manutenção e instalação.

Durante as reuniões de *FMEA* foram-se definidos os *POKAYOKES* necessários para evitar erros de montagem, seguiu-se a mesma distribuição conforme feito no *FMEA*, dividiu-se as áreas de forma a permitir que cada área avaliasse menos itens, porém de forma mais intensa, no intuito de garantir a performance das ações.

Dessa forma o novo fluxograma do trabalho fica conforme a figura 26.

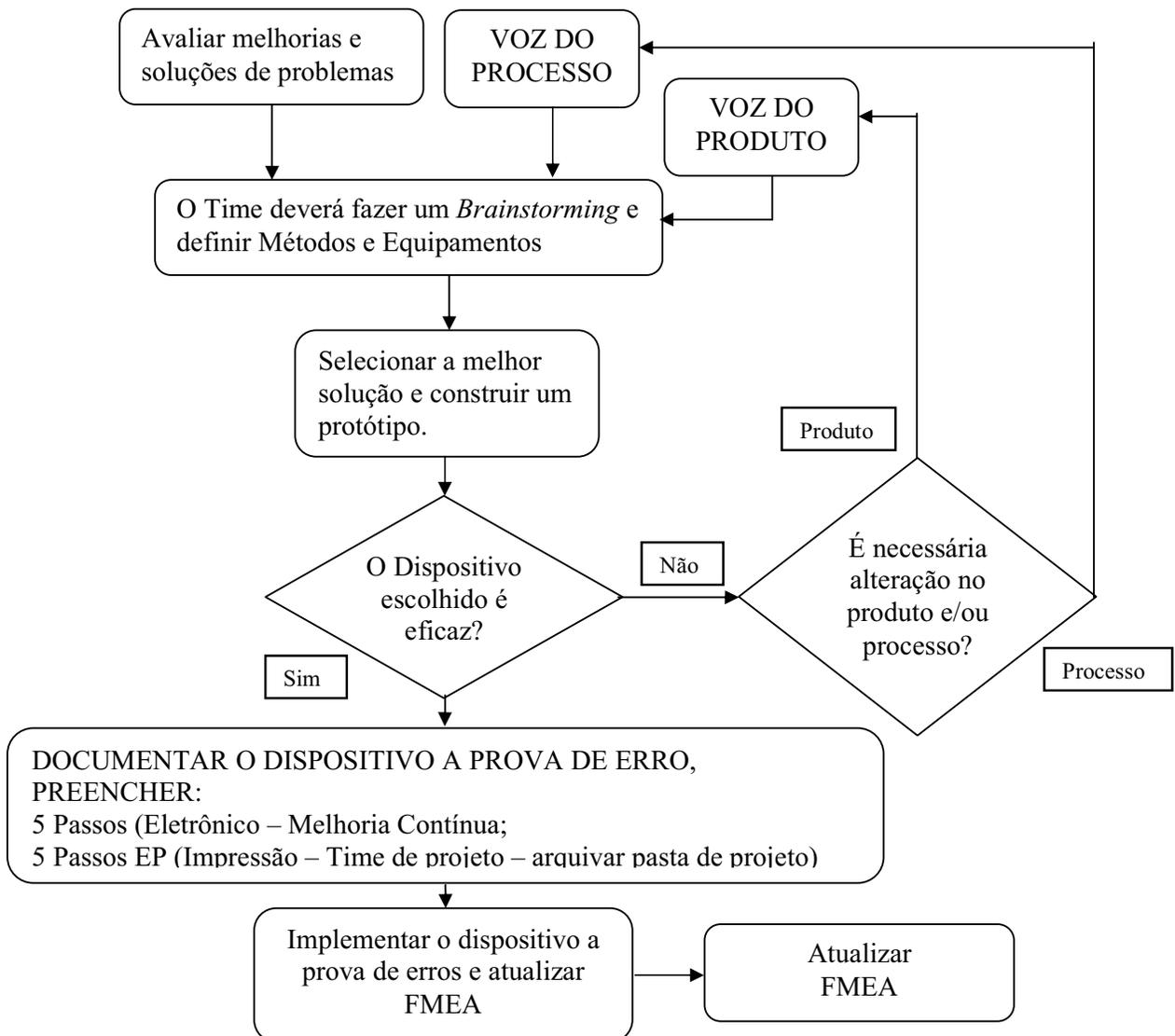


Figura 26. Fluxograma desenvolvimento processo com conceito fábrica digital
Fonte: AUTOR (2015)

Cada análise descrita no fluxograma anterior permitiu aos componentes do trabalho uma análise de forma mais clara das possibilidades de erro em que o processo apresentava. Basicamente foi deixar a teoria da tentativa e erro para um conceito mais robusto.

A utilização do conceito de fábrica digital permitiu o desenvolvimento robusto desde a implementação da digitalização no processo, onde a efetividade dos *POKAYOKEs* passou-se a ser mais robusta, pois permitiu-se a análise na fase digital e a simulação digital permitiu uma maior confiabilidade na efetividade do processo, onde reduziu-se a possibilidade de peças não conforme devido a erros de montagem operacional.

Na Figura 27 é demonstrado um dos *POKAYOKEs* desenvolvidos durante a fase digital que após a ferramenta implementada permitiu uma efetividade do processo. Como desenvolvido durante a fase digital, não foi possível uma comparação entre o processo sem o *POKAYOKE* e com o *POKAYOKE*, apesar de ser o conceito de “faz-se o certo da primeira vez” esse tipo de conduta impede a medição da efetividade do *POKAYOKE*, já que não permitiu o erro para que fosse possível uma medição da efetividade, porém com o foco do negócio de redução a níveis que busquem zero defeitos e menor implementação após o início da fabricação, esse tipo de conceito está alinhado para que o projeto alcance níveis de excelência em implementado e resultados finais.

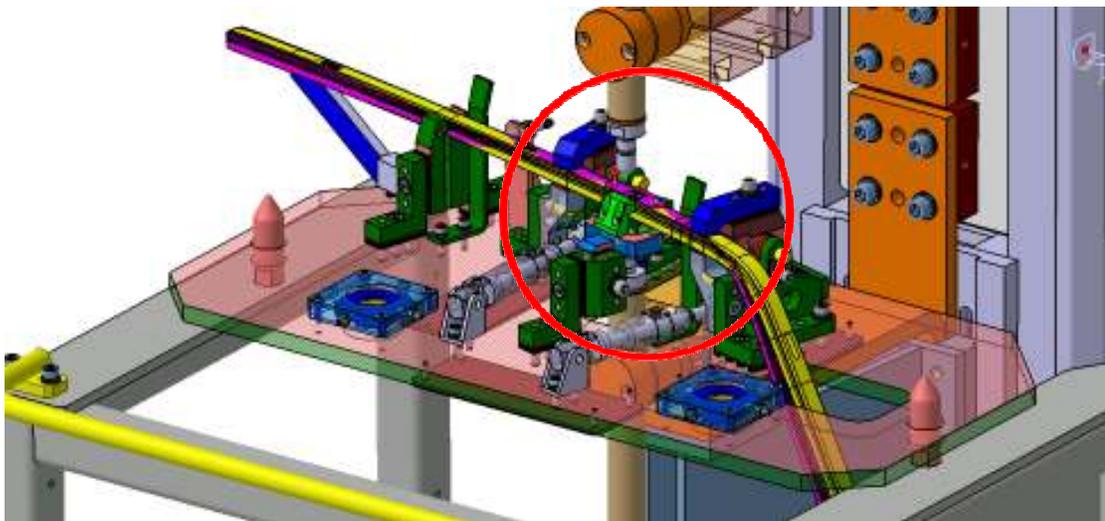


Figura 27. Exemplo de *POKAYOKE* desenvolvido durante a fase digital
Fonte: AUTOR (2016)

No detalhe em vermelho evidencia-se um simples apoio que impede a montagem invertida da peça, conceito simples, não interfere no tempo de montagem do operador e garantiu-se ao processo a eliminação de forma robusta e sistêmica da possibilidade de erros de montagens.

Na sequência das Figuras 28, 29, 30 e 31 detalham o *POKAYOKE* utilizado para evitar a montagem invertida da peça, o que geraria um alto custo de retrabalho, pois evidenciaria o erro apenas no momento da montagem da peça no departamento de montagem final, o que levaria a um elevado custo de retrabalho.

Nas Figuras 28, 29, 30 e 31, a peça em verde é a parte fixa da máquina que impede que a peça, em detalhe rosa, seja montada de forma invertida, o que geraria um elevado custo de retrabalho.

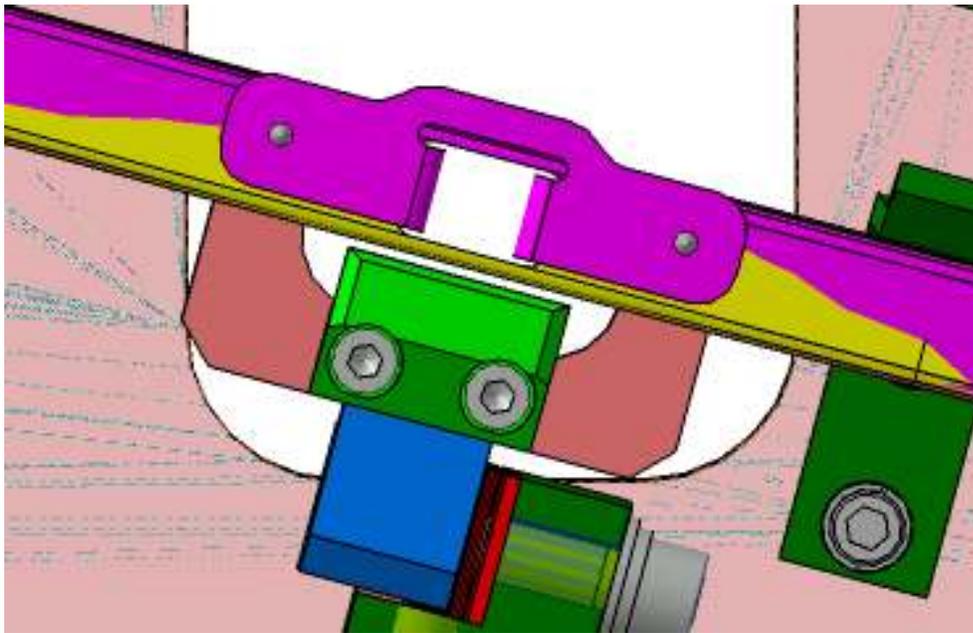


Figura 28. Detalhe de exemplo de *POKAYOKE* desenvolvido durante a fase digital
Fonte: AUTOR (2016)

Na Figura 29 pode-se identificar a condição que impede a montagem invertida, pois o detalhe em verde impediria a montagem caso o operador cometesse erro de montagem.

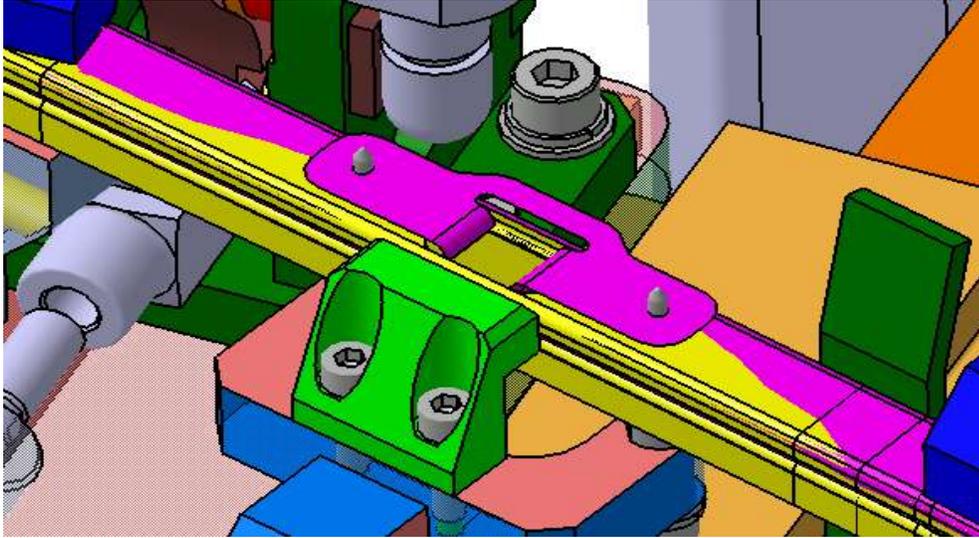


Figura 29. Detalhe 2 do exemplo de POKAYOKE desenvolvido durante a fase digital
Fonte: AUTOR (2016)

Na Figura 30 pode-se identificar outra visão do POKAYOKE que demonstra que o dispositivo não possui a função de geometria, aliás, o dispositivo não pode de forma alguma tocar na peça para que não faça essa função de geometria.

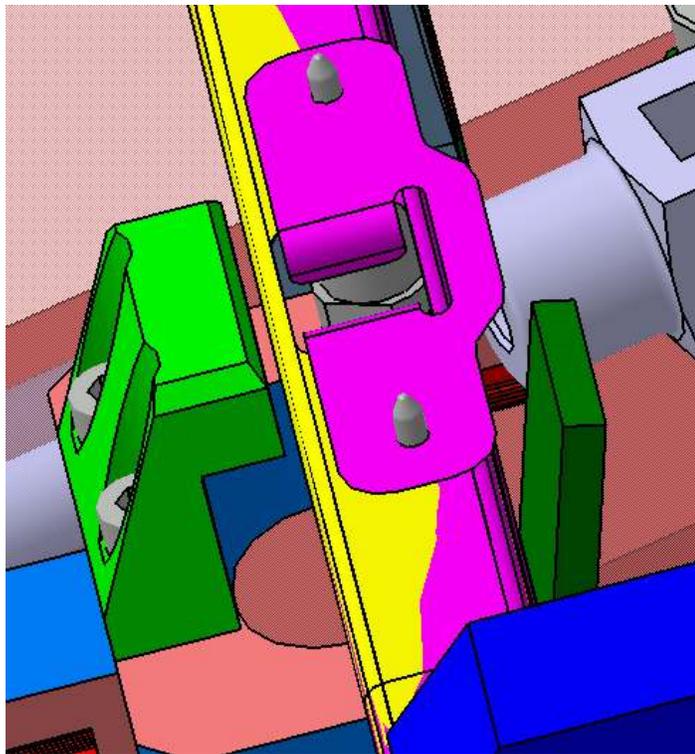


Figura 30. Detalhe 3 do exemplo de POKAYOKE desenvolvido durante a fase digital
Fonte: AUTOR (2016)

Na figura 31 tem-se o dispositivo construído, onde demonstra o dispositivo POKAYOKE, que impede o erro de montagem do operador. Essa implementação durante a fase digital permitiu garantir a robustez do processo reduzindo ao limite máximo as peças não conforme produzidas pelo processo. E, como a identificação desse possível erro somente seria possível ser identificado na montagem final o custo de retrabalho seria elevado.



Figura 31. Detalhe de exemplo de *POKAYOKE* construído
Fonte: AUTOR (2016)

3.7 ANÁLISE ERGONÔMICA E AUTONOMAÇÃO

Através de reuniões realizadas entre os diversos departamentos, onde destacou-se a participação da engenharia de manufatura, engenharia de processos, produção e segurança e higiene no trabalho possibilitou-se evidenciar problemas ergonômicos e resolve-los ainda na fase digital, o que representa redução considerável em questão de custo e desgaste da própria equipe. Apesar do processo possuir um nível de automação próximo de 90%, fez-se necessário alguns postos de trabalhos manuais, característica do conceito de automação como foi evidenciado nas Figuras 32 e 33 que representam o *layout* ainda na fase digital e

comparados com o instalado, quando se mescla operações automáticas e manuais no mesmo processo.

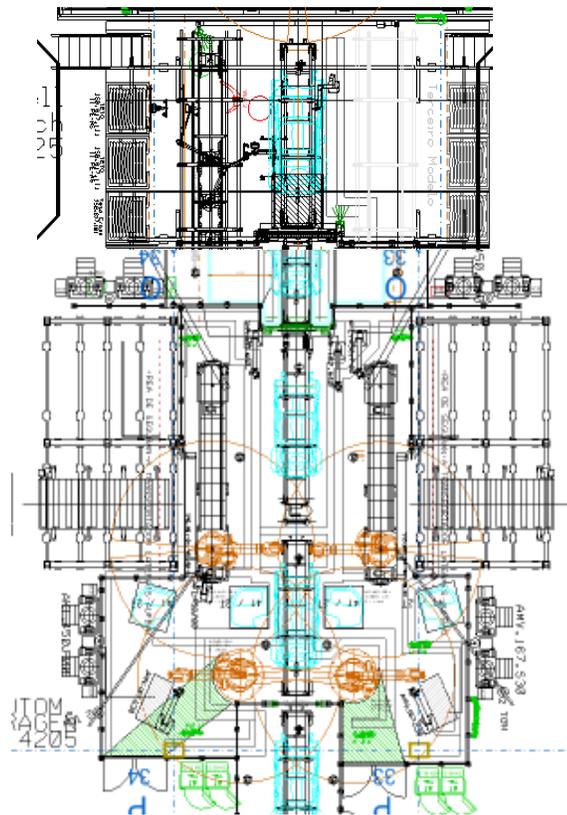


Figura 32. Layout durante fase digital autonomia
Fonte: AUTOR (2016)



Figura 33. Layout implementado
Fonte: AUTOR (2016)

Durante as reuniões a rotina desenvolveu-se da forma de o engenheiro de manufatura apresentava o processo que tinha interação manual, onde a equipe analisava etapa por etapa que seria desempenhada pelo operador onde foram detalhadas as interações e possibilidades de melhorias possíveis, seja sendo através de adaptações e mudanças no processo seja através de melhorias no produto, visto que essa fase antecipou-se devido a utilização da F.d., sendo assim, antecipou-se as decisões, onde minimiza-se os custos de modificações e impactos no quesito tempo. Essa etapa ocorre em todo o projeto, o diferencial nesse caso, foi que, através do conceito fábrica digital, possibilitou-se uma maior confiabilidade nas análises, devido ao alto grau de realidade das operações analisadas, como é possível identificar na Figura 34, onde foi analisada a operação em comparação com um modelo que simula um operador, pois assim foi possível definição de altura do dispositivo, melhor posição para a execução da rebitagem, retirada e colocação da peça no dispositivo e redução da quantidade de passos dados pelo operador durante a fase de montagem.

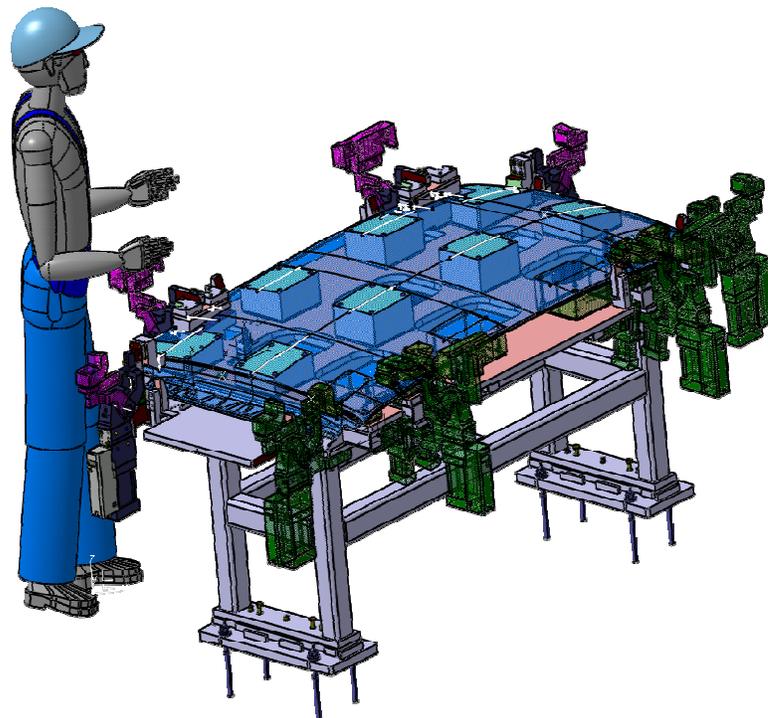


Figura 34. Exemplo de análise ergonômica com a utilização do conceito fábrica digital

Fonte: AUTOR (2016)

3.8 APLICAÇÃO DO CONCEITO FÁBRICA DIGITAL EM DIP

As áreas foram divididas de forma a permitir que todos os integrantes avaliassem menos itens, porém de forma mais intensa. A metodologia de desenvolvimento do trabalho foi posicionar a engenharia de manufatura mais próxima da engenharia de produto. Foi compartilhado com a engenharia de produto todos os dispositivos envolvidos no processo, dessa forma, as análises das modificações ocorreram simultaneamente e com interação ampla da engenharia de manufatura junto a engenharia de produto. Dessa forma, formaram-se pequenos grupos liderados por um engenheiro de produto e um engenheiro de manufatura, definindo uma entidade responsável pelo andamento, esse foi um dos grandes diferenciais desse trabalho, a responsabilidade do trabalho nesse nível passou a ser do grupo e não mais apenas de uma das áreas, dessa forma a interação permitiu análises mais abrangentes e profundas.

A cada modificação necessária conforme a tropicalização, as análises de impacto tanto em processo quanto em produto ocorriam-se de forma mais rápida e com impactos menores, visto que o desenvolvimento ocorria em conjunto, logo caso alguma modificação impactasse de forma muito negativa, soluções eram buscadas entre o grupo para que minimizasse esses impactos. Na Figura 35 é demonstrado o fluxo de trabalho que foi implementado.

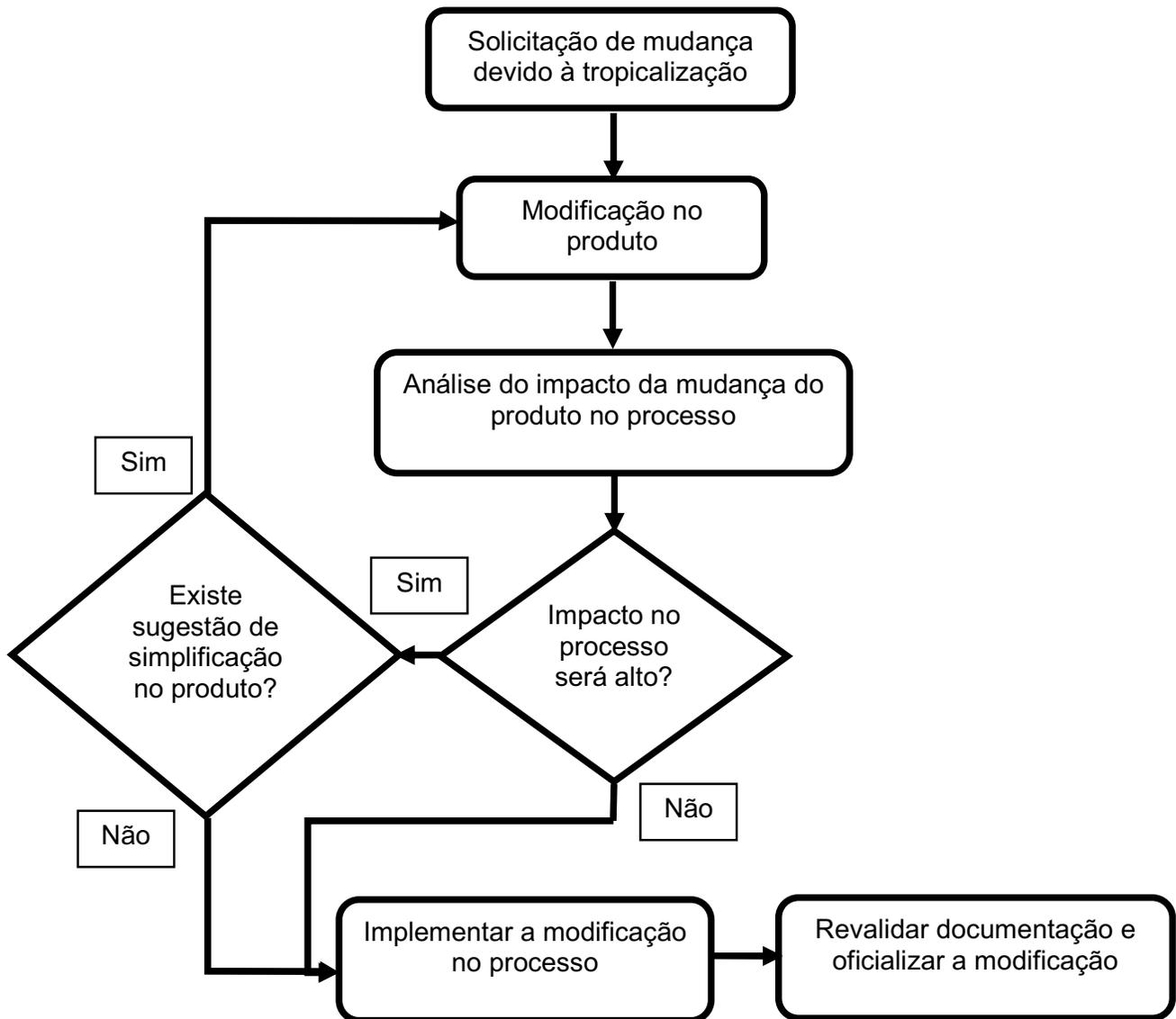


Figura 35. Fluxo do trabalho com conceito fábrica digital
Fonte: AUTOR (2016)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 36 é mostrado uma interferência que foi possível ser identificada durante a fase de projeto devido a utilização da F.d. como demonstrado pelo Detalhe A.

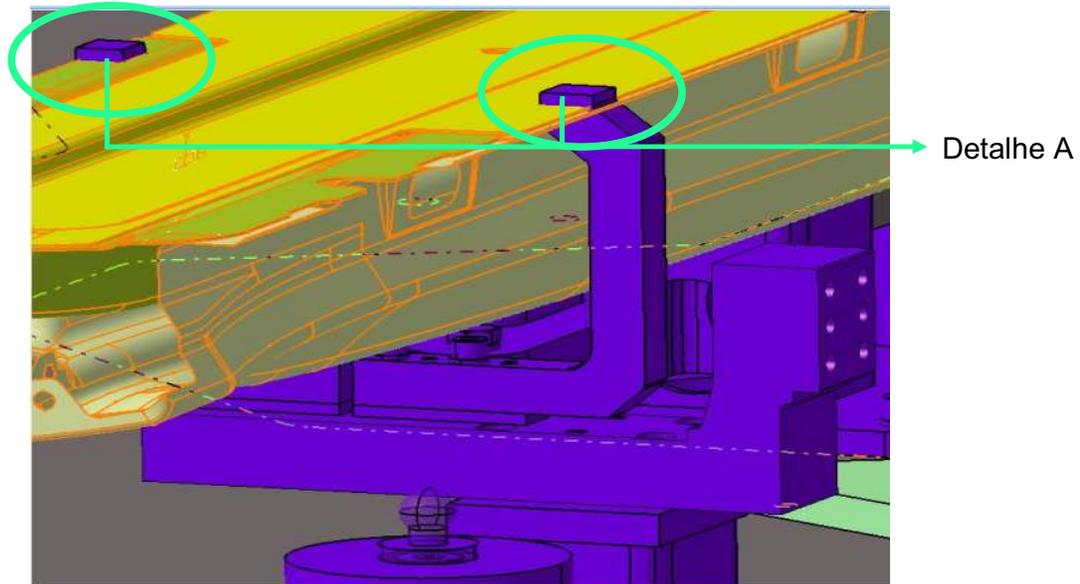


Figura 36. Interferência 1 entre produto e sistema de fixação
Fonte: Autor (2016)

Devido a necessidade de adaptação do produto, se não ocorresse uma análise digital, ocorreria uma interferência entre o produto e o sistema de fixação de tal forma que seria necessária uma nova medição completa do dispositivo, relocação do sistema de fixação, nova fixação do sistema na base do dispositivo e nova passagem de pinça para validar a solução. A interferência descrita na Figura 36, caso não fosse resolvida poderia ter gerado problemas de ordem visual e de ordem estrutural.

Na Figura 37 é mostrada a solução da interferência mostrada anteriormente.

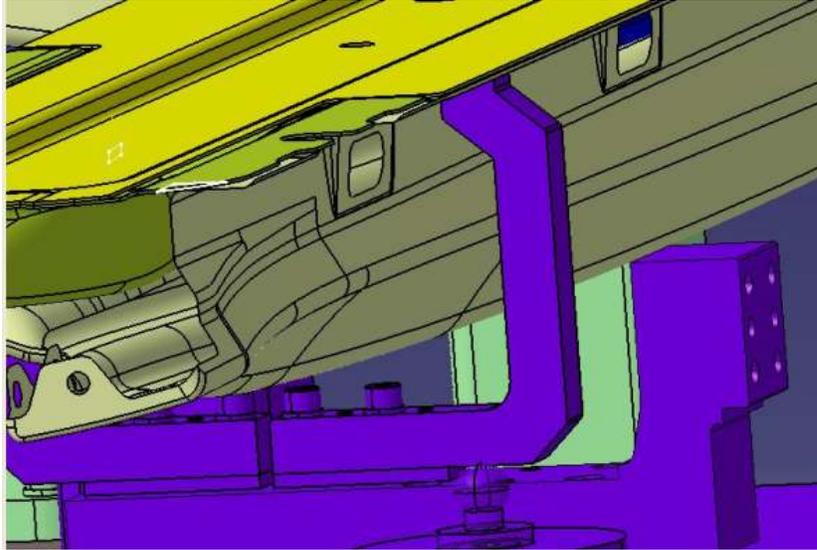


Figura 37. Solução da interferência 1 entre produto e sistema de fixação
Fonte: Autor (2016)

O que possibilitou a identificação da solução e a demonstração da solução, isso porque foi identificado durante a fase de projeto, e foi possível a solução durante a fase de projeto, alterando item usinado e alterando no detalhamento 2D, dessa forma não houve atraso nem aumento do tempo necessário para desenvolvimento, detalhamento 2D, construção ou mesmo na fase de passagem de pinça.

No caso da parte visual, a interferência poderia gerar problemas para manter-se a aparência entre as partes do carro, como por exemplo, o espaçamento entre as portas.

No caso da parte estrutural a interferência pode gerar espaçamentos entre chapas de forma que prejudique a qualidade da solda, deixando a união entre chapas comprometidas, podendo gerar falhas estruturais de forma a prejudicar a estrutura do veículo, tanto imediatamente a fabricação da solda quanto ao longo do tempo, com o uso do consumidor, essa solda pode se romper, comprometendo a segurança do veículo ou mesmo a qualidade de ruídos no veículo devido ao trabalho entre chapas.

Conforme especificado na Figura 38, como Detalhe B, identifica-se interferência entre a peça e um pino de localização que impediria a montagem.



Figura 38. Interferência 2 entre produto e sistema de posicionamento
Fonte: AUTOR (2016)

Essa interferência seria responsável por um atraso de aproximadamente 1 semana, caso fosse identificada apenas no momento de implementação, pois as ações necessárias para correção, com o processo já construído seriam a relocação do sistema de posicionamento, uma nova fixação na base e uma nova medição completa do dispositivo, além de uma nova passagem de pinça para validação da solução.

Na Figura 39 é mostrada a solução implementada durante a fase digital.

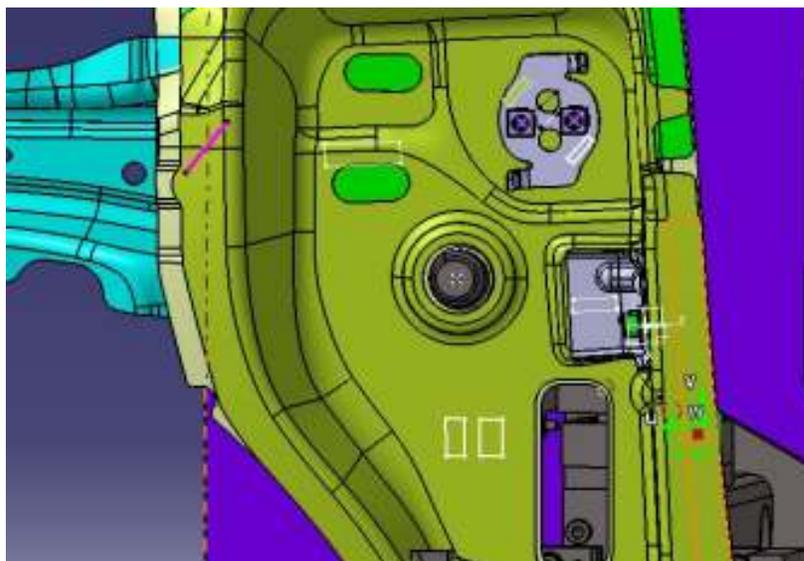


Figura 39. Solução da interferência 2 entre produto e sistema de posicionamento
Fonte: AUTOR (2016)

Foi possível a identificação do problema, e implementação da solução sem impacto negativo para o desenvolvimento do projeto, pois, foi possível a utilização de uma solução direta, evitando a necessidade de retrabalho e mesmo perdas de tempo, necessitando o deslocamento de uma equipe para implementar uma solução com o equipamento instalado. A solução foi adaptar o conjunto de fixação do conjunto de posicionamento de forma que este mudasse o posicionamento em altura de forma que a interferência não mais ocorresse, pois devido a nova geometria do conjunto, definido por uma equipe que pode trabalhar em paralelo com a equipe principal de projeto.

Com a utilização do conceito F.d. foi possível reduzir os impactos da tropicalização, o departamento de engenharia de produto desenvolveu as modificações necessárias com os desenhos em 3D da linha de fabricação construída e instalada em outra planta do grupo na Europa que já produz o mesmo modelo realizando assim as modificações conforme necessárias, porém minimizando ao máximo os impactos e necessidades de modificações no processo, com isso na Figura 40 é demonstrada de forma clara uma comparação entre o esperado e o realizado em quesito de tempo de lançamento.

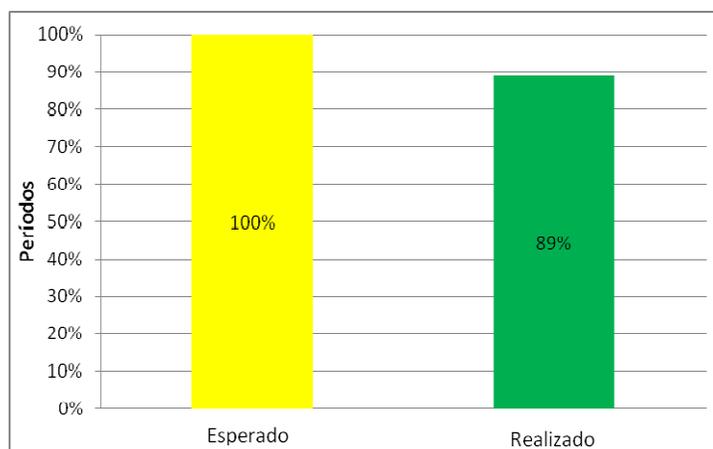


Figura 40. Comparação entre o tempo de lançamento esperado e o realizado
Fonte: AUTOR (2016)

Na Figura 41, tem-se as fases com maiores impactos, é possível identificar que mesmo com um acréscimo de tempo na fase de estudo, foi possível a redução de tempo nas fases de construção e testes.

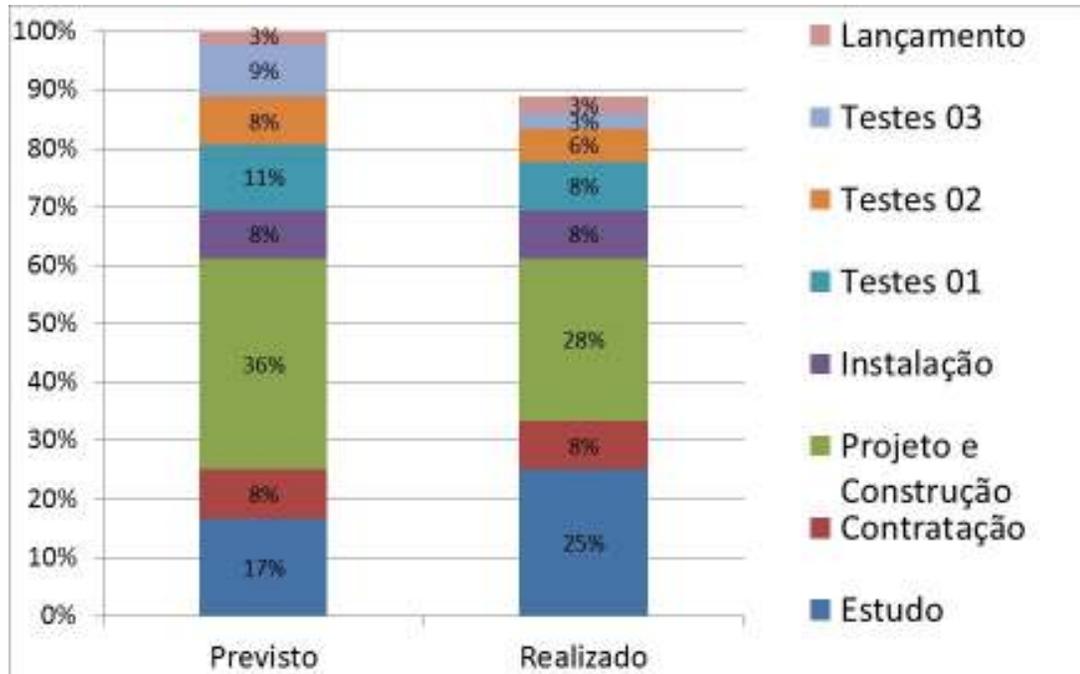


Figura 41. Comparativo entre esperado e realizado detalhado por fases
 Fonte: AUTOR (2016)

Devido à falta de materiais publicados com resultados de outros projetos automobilísticos com o mesmo nível de automação, utilizou-se dados de projeto anterior participado pelo autor desse trabalho, pois este, atende as necessidades para comparação, projeto no ramo automobilístico e com o mesmo nível de automação, com isso pode-se ver a redução do tempo necessário para desenvolvimento do *FMEA*, visto que, como obtinha-se o recurso da fábrica digital, questões que utilizar-se-ia de meios empíricos ou mesmo teoria de tentativa e erros, nesse caso as decisões foram-se baseadas em simulações com níveis de fidelidade a realidade que atendessem a todos os quesitos e dúvidas da equipe. Dessa forma é possível identificar na Figura 42 o gráfico que demonstra a diferença de tempo utilizado para desenvolvimento de *FMEA*, onde a redução foi de aproximadamente 18%, nesse caso somou-se a tempo necessário em todas as áreas descritas anteriormente.

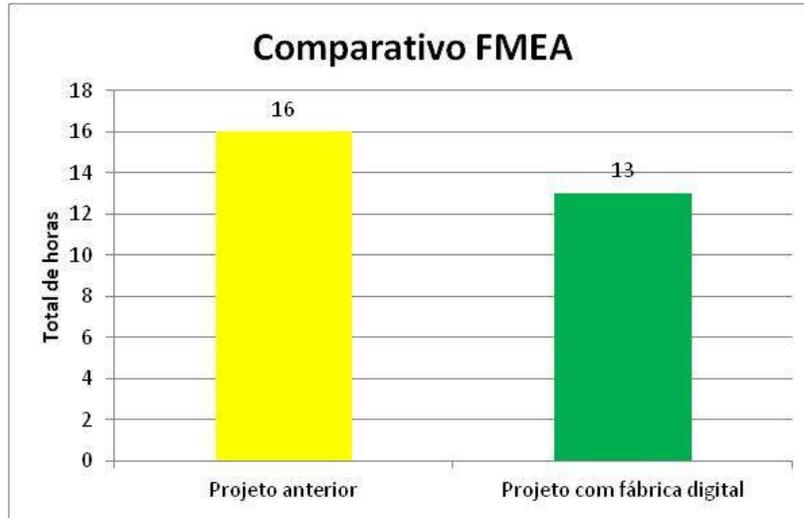


Figura 42. Gráfico comparativo *FMEA*
Fonte: AUTOR (2016)

Outro resultado de destaque foi a quantidade de *POKAYOKEs* que foram implementados após a fase digital. Não é possível afirmar que quanto mais *POKAYOKEs* pior é o projeto, pois em termos de processo robusto a utilização do recurso de *POKAYOKE* é de extrema importância, porém quando os *POKAYOKEs* são implementados após a fase digital, gera-se impactos de custos e tempo, logo, como resultado foi realizado um comparativo com projeto anterior, quanto a quantidade de *POKAYOKEs* implementados após a fase digital, ou seja, na fase de implementação, ou seja, qualquer alteração de escopo gera alterações em custos e tempo. Com isso na Figura 43 identifica-se a redução da implementação de *POKAYOKEs* após a fase digital na casa de 35%, o que gerou uma economia financeira e minimizou-se o impacto em tempo. Ainda foi considerado que, durante o desenvolvimento do projeto, um outro modelo passou a fazer parte do escopo quando, além de uma alteração que seria a implementação do cinto de segurança para assento de criança, conhecido como *Isofix*, essas duas modificações impactaram no resultado de forma negativa, porém ainda assim o resultado foi positivo.

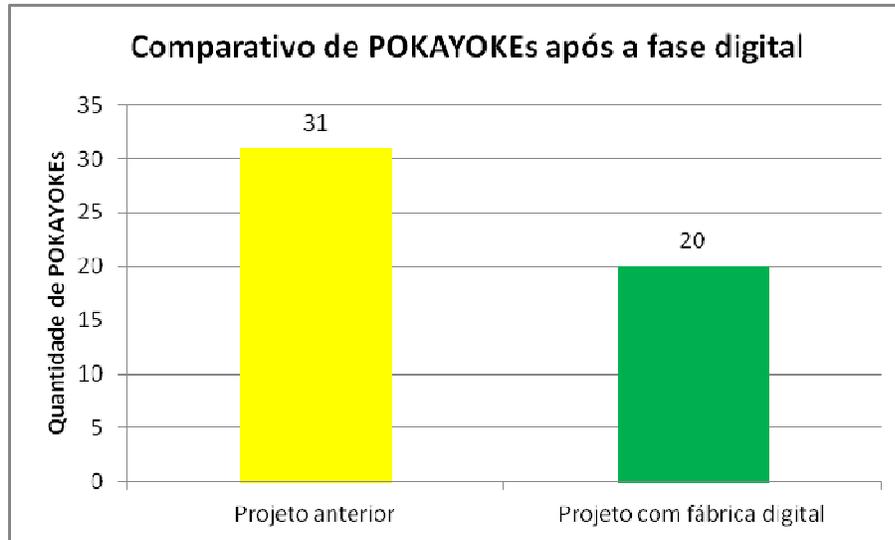


Figura 43. Gráfico comparativo *POKAYOKEs*
Fonte: AUTOR (2016)

Apesar do objetivo principal deste trabalho ser atuar diretamente na possibilidade de reduzir o tempo necessário para o lançamento de um novo veículo durante a execução do mesmo foi possível identificar a contribuição da utilização do conceito fábrica digital em diversos outros fatores onde destacam-se:

_ Gestão de projetos; devido a utilização do conceito fábrica digital os eventos conhecidos como imprevistos foram reduzidos ao fato de que a gestão do projetos foi simplificada e as gestões de mudanças não foram necessárias, pois o que poderia gerar mudanças foi analisado e modificado ainda durante a fase de projeto.

_ Desenvolvimento de FMEA.

_ Desenvolvimento de POKAYOKE.

5 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou a utilização da ferramenta F.d. para desenvolvimento de produto tornando-a mais integrada ao desenvolvimento do projeto permitindo uma sinergia entre as áreas de forma a desenvolver um projeto mais conciso e estruturado.

A redução de tempo necessário para lançamento foi demonstrada através do gráfico de comparação entre o tempo de lançamento esperado e o realizado, que foi possível identificar a redução de aproximadamente 11% do tempo total necessário para o desenvolvimento de um projeto desta complexidade, e assim demonstrando suas grandes vantagens frente a concorrência.

Destacou-se ainda ganhos no tempo necessário para desenvolvimento de FMEA, visto que se possibilitou uma análise mais realista ainda na fase digital, de forma que, eliminou a utilização do conceito empírico, visto que as análises passaram a ser mais enfáticas e técnicas.

Outro fator em destaque foi a quantidade de POKAYOKEs que foram implementados após a fase digital, isso ocorre devido a análises não conclusivas durante a fase digital, com isso o processo não demonstra nível de robustez suficiente para garantir que não ocorra problema quando este estiver operando em plena cadência de projeto. O fator de POKAYOKEs que são implementados após a fase digital possuem impacto negativo devido alterações que necessitam de investimento e tempo. Dessa forma, pode-se concluir que a utilização do recurso da F.d. ainda na fase de desenvolvimento do produto permitiu-se desenvolver um processo mais robusto e quando foi necessário, alterou-se o produto de forma a elevar o nível de robustez do processo, reduzindo o nível de complexidade do mesmo.

Desta forma, redução da complexidade, investimentos, prazos e maior confiança na formação das diferenciações garantem um produto que atenda às pré-condições para a sobrevivência da empresa. Desta forma, coloca a empresa em posição de destaque dentro da própria organização para sediar um novo projeto ou mesmo para desenvolvê-lo internamente, e também perante ao mercado, pois desenvolveu tecnologia e soluções de implementações que permitiram redução financeira e de prazo.

REFERÊNCIAS

AMATUCCI, M., MARIOTTO, F.L. **The internationalisation of the automobile industry and the roles of foreign subsidiaries. inhas de produção com deficientes auditivos no setor automotivo.** International Journal of Automotive technology and Management, v.12, n.2, 2012.

AMY, L. B., CHIALIN, C., RICHARD, E. W., **TPS's process design in American automotive plants and its effects on the triple bottom line and sustainability.** College of Business, University of North Texas, Denton, TX 76203-5017, USA. 2012.

BAZANINI, R., BERTON, R., **Estratégiao e geração de vantage competitive no Mercado de veículos OFF-Road: Análise fenomenológica do lançamento do modelo Ford Ecosport no Brasil.** Revista brasileira de marketing, São Caetano do Sul, Brasil, 2011.

CANCIGLIERI, M. B., CASTRO, P. D. L., OKUMURA, M. L. M., JUNIOR, O. CANCIGLIERI. **Uma proposta de framework conceitual para o desenvolvimento integrado de produtos sustentáveis.** XXXII Encontro nacional de Engenharia de Produção, Desenvolvimento sustentável social: As contribuições da Engenharia de Produção, Bento Gonçalves, RS, Brasil, out. 2012.

CANCIGLIERI, M. B., LEITE, A. F. C. S. MOURA, S. A. L., JUNIOR, O. CANCIGLIERI. **Conceptual proposal of a compatucional system for design and manufacturing planning the collector panels of a solas water heating systems.** CIE43 Proceedings, The University of Hong Kong. 2013.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica.** 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CONSONI, F. L., CARVALHO, R. Q. **Desenvolvimento de produtos na Indústria automobilística brasileira: perspectivas e obstáculos para a capacitação local.** Revista de administração e Ciências v.6, n.1, 2012.

CONTRERAS, F. O., CARRILLO, J., **Local Entrepreneurship within Global Value Chains: A Case study in the Mexican Automotive Industry**. El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, México. 2011

DAL FORNO, A. J., FORCELLINI, F. A., ROZENFELD, H., **O impacto das práticas do desenvolvimento enxuto de produtos no desempenho das grandes empresas do setor automotivo**. Produto & Produção, vol. 15, n.4, p. 17-28, dez. 2014.

EVANS, B. Simultaneous Engineering, **Mechanical Engineering**, v. 110, n. 2. p. 38-39. 1998 **Fabrik: Die Planungsmethodik „Virtuelle Produktion“**. Ingolstadt: AUDI. p 245-251. 2004.

FISCHER, W.; DANGELMAIER, W. **Produkt- und Anlagenoptimierung – Effiziente Produktentwicklung und Systemauslegung**. Springer. 2000.

GÖDKE, F. **A inclusão excludente dos trabalhadores com deficiência nos processos produtivos industriais**. Tese (Doutorado em Educação no programa de Pós-graduação em Educação), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

HENRIQUES, F. E. **Grau de adoção da modularidade em projeto e em produção em montadoras automotivas no Brasil: Avaliação de novos desenvolvimentos de veículos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

HERRMANN, S.; PAULESER, T.; SPAHRER, H.; WAHL, F. **Digitale Fabrik: Die Planungsmethodik „Virtuelle Produktion“**. Ingolstadt: AUDI. p 245-251. 2004

IBUSUKI, U., KOBAYASHI, H., KAMINSKI, P.C. **Localisation of product development based on competitive advantage of location and government policies: a case study of car makers in Brazil**. International Journal of Automotive technology and Management, v.12, n.2, 2012.

JUNIOR, J. E. M. FAILLACE, REGO, M. L., **A implantação da indústria automotiva no Brasil sob a ótica do gerenciamento de projetos**. Simpósio

Internacional de Inovação e Sustentabilidade, II Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (II Singep), São Paulo, Brasil, novembro. 2013.

KERZNER, H. Gerenciamento de projetos. [Entrevista aos membros do conselho editorial da revista Mundo Project Management.] **Mundo Project Management**, São Paulo, n.03, p.52-57, jun. 2005.

LOUREIRO, R. G., FILHO, J. A. P., ZACHI, J. M., CARDOSO, F. M. S., HERRERA, V. E. **Aplicação de ferramentas a prova de falha “POKA-YOKE” como ações resultants de FMEA de processo em unidades produtivas do setor automobilístico.** XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Infraestrutura e Desenvolvimento Sustentável: a Agenda +10, Curitiba, 2014.

MENDES, P. H. N. **Desenvolvimento do FMEA para uma linha de montagem de motores**, 2014, 82f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

MESQUITA, D. L., BORGES, A. F., SUGANO, J. Y., SANTOS, A. C. **O desenvolvimento de processos de inovação sob a ótica da teoria dos custos de transação: o caso da tecnologia *flex-fuel*.** Revista de administração e Inovação v.10/1.1081, 2013.

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia da pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** 2ª Ed. Rio de Janeiro. Elsevier: ABEPRO. 2012.

NUNES, F. L., MENEZES, F. M., **Sistema Hyundai de produção e sistema Toyota de produção: Suas interações e diferenças.** Revista Acadêmica de São Marcos, RASM, Alvorada, ano 4, n.2, p. 101-201, 2014.

OLIVEIRA, A. A. S. B. S. **Evaluation of Maturity level automotive companies.** 2014. 121f. Dissertation (Master in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

PAGANOTTI, J. A., **O processo inovativo na indústria automobilística: um estudo de caso em empresas do setor automobilístico da Região do ABC.** Universidade municipal de São Caetano do Sul – USCS – PRÓ-Reitoria de Pós Graduação e Pesquisa do Programa de Pós-graduação em Administração Mestrado, São Paulo. 2014.

PATIL, S. P., PARIT P. S., BURALI, Y. N. **Review paper on “Poka-yoke: the revolutionary idea in Total productive management.** International Journal of Research in Engineering and Science, Issn: 2278-4721, vol. 2, Issue 4, feb, 2013.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Identificação de oportunidades de pesquisa a partir de um levantamento da implantação da produção enxuta em empresas do Brasil e do exterior,** Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Industriais (Simpoi), São Paulo, Anais... São Paulo: FGV-Eaes, agosto. 2013.

PMI, Project Management Institute (2013). Um guia do conhecimento em gerenciamento de Projetos. **Guia PMBOK.** Newton Square, PMI, 5ª. Edição.

REBELLO, R. C., **Avaliar os benefícios da aplicação dos conceitos de manufatura enxuta para a melhoria de processos de fabricação: Estudo de caso.** Departamento acadêmico de Gestão e economia – DAGEE, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. 2014.

Relatórios econômicos do desempenho da indústria automobilística brasileira: faturamento nominal, participação porcentual do faturamento por segmento, investimentos totais, balança comercial e mercado de trabalho. Disponível em <http://www.fenabrave.org.br/>. Acesso em dezembro de 2015.

RIBEIRO, V. C. **Aplicação do conceito sistema produto-serviço (PSS) no desenvolvimento integrado de produto.** 2011. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

RODAS, A. C. COSTA, ALVES, D. M., ARAÚJO, G. R., JUNIOR, J. A. DE OLIVEIRA, PALMEIRA, P. H. T., GONÇALVES, L. B., **Soldagem robótica aplicada a industria automobilística: A evolução e processos adaptativos para o desenvolvimento do setor.** Ciências exatas e tecnológicas – FITS – v.1, N.1, P.85-98, ISSN IMPRESSO 1980-1777, ISSN ELETRÔNICO 2357-9919, Maceió, 2014.

SAURIN, T. A.; RIBEIRO, J. L. D.; MARODIN, G. A. **Identificação de oportunidades de pesquisa a partir de um levantamento da implantação da produção enxuta em empresas do Brasil e do exterior,** Gestão de Produção, v.17, nº4. 2010.

SCHÖLER, H. P. Quality Function Deployment – Kundenorientierte Produkt- und Prozessentwicklung. **VDI Berichte**, n. 1064. p. 311-318. 1993

SILVA, C. E. S., MELLO, C. H. P., SIQUEIRA, N. F. G., GODOY, H. A.E, SALGADO, E. G. **Aplicação do gerenciamento de riscos no processo de desenvolvimento de produtos nas empresas de autopeças,** Produção, v.20, nº2, IEPG-UNIFEI, Itajubá, abr./jun. 2010.

SILVA, C. L. **Uso do conceito fábrica digital e manufatura enxuta para analisar arranjos físicos de produção.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, Piracicaba, São Paulo, 2013.

SILVA, C. L.; **O uso do conceito Fábrica digital e manufatura enxuta para analisar arranjos físicos de produção,** Piracicaba, Brasil, UNIMEP. 2013

SILVA, L. H. S. **Abordagem para instalação de POKA-YOKE em linhas de produção com deficientes auditivos no setor automotivo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de materiais – PPGEM), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SOELTL, M. M., **Análise da maturidade em gerenciamento de projetos e seu impacto nos projetos de desenvolvimento de novos produtos: um estudo de caso do setor automotivo.** Dissertação apresentada à Escola Politécnica da

Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia sendo área de concentração Engenharia automotiva), São Paulo, Brasil. 2006.

TAK, D. P., WAGH, S., SHRAVAN, P. H. N. **Poka-yoke implementation on punching machine: a case study.** International Journal of Research in Engineering and Technology, eISSN: 2319-1163/pISSN: 2321-7308, 2015.

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. 18. Ed. São Paulo, SP: Cortez, 2011.
THUN, J. H., LEHR, C., BIERWIRTH, M., **Feel free to feel comfortable – An empirical analysis of ergonomics in the German automotive industry.** Industrieseminar, University of Mannheim, Schloss S 212, 68131 Mannheim, Germany. 2010.

VIDAL, O. C.; **Aplicação do conceito de Fábrica Digital no planejamento de instalações para armação de carroçarias na indústria automobilística.** Tese de Mestrado, São Paulo, 2006.

VIDAL, O. C.; KAMINSKI, P. C. **An Example of applying Digital Factory Concept for Body Shop design in the Brazilian automotive industry.** Darmstadt: International PACE Forum Digital Manufacturing. 2005.

WANG, Y., CHENG, G., Hu, H., WU, W. **Development of a risk-based maintenance strategy using FMEA for a continuous catalytic reforming plant.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries. V.25. p.958-965, 2012.

WINNER, R. I.; PENNELL, J. P.; BERTREND, H. E.; SLUSARCZUK, M. M. G. The Role of Concurrent Engineering in Weapons System Acquisition. **IDA Report R-338.** Alexandria: Institute for Defense Analysis, 1988.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo.** Rio de Janeiro: Ed. Campus. 1992.