

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

GILSON VOITEKOWSKI

CONFIABILIDADE HUMANA EM UM PROCESSO DE MONTAGEM

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2018

GILSON VOITEKOWSKI

CONFIABILIDADE HUMANA EM UM PROCESSO DE MONTAGEM

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

CURITIBA

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Especialização em Engenharia da Confiabilidade



TERMO DE APROVAÇÃO

CONFIABILIDADE HUMANA NO PROCESSO DE MONTAGEM

por

GILSON VOITEKOWSKI

Esta monografia foi apresentada em 03 de setembro de 2018, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Marcelo Rodrigues Dr.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Carlos Henrique Mariano Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Membro Titular da Banca - UTFPR

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Certamente os parágrafos a seguir não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Rodrigues, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Agradeço aos meus pais David e Teolinda, meus maiores valores. Sou grato pelo incentivo, oração. Obrigado por estarem sempre ao meu lado.

Agradeço ao meu filho Guilherme, por apoiar e incentivar durante toda a caminhada.

Agradeço a todos familiares e amigos que torceram por mim.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

VOLTEKNOWSKI, Gilson. **Confiabilidade humana em um processo de montagem.** 2018. 41f. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

A melhoria contínua precisa ser uma realidade para que as empresas se mantenham competitivos no mercado e para isso diferentes ferramentas de gestão e controle foram desenvolvidas. Neste trabalho é apresentada a aplicação da ferramenta de análise de modos e efeitos das falhas (FMEA), no processo de montagem de um produto, em uma empresa de fabricação de máquinas para indústria moveleira. Para a pesquisa foi realizada a cronometragem dos tempos de montagem, buscando identificar a influência do fator humano na variabilidade dos tempos nos postos de trabalho. Com o uso da FMEA foram identificados pontos de perdas de tempo no trabalho e aplicadas ações de melhorias. Como resultado houve redução no tempo de montagem de 11,23%. As principais ações tomadas foram: refeitos procedimentos de montagem que auxiliassem melhor os montadores, os montadores passaram por mais treinamentos para garantir a montagem com qualidade do produto.

Palavras-chave: Confiabilidade humana. FMEA. Erros de montagem.

ABSTRACT

VOLTEKNOWSKI, Gilson. **Confiabilidade humana em um processo de montagem.** 2018. 41f. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Continuous improvement needs to be a reality for companies to remain competitive in the market and for this different management and control tools have been developed. This work presents the application of the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) tool, in the process of assembling a product, in a machine manufacturing company for the furniture industry. For the research the timing of the assembly times was carried out, trying to identify the influence of the human factor in the variability of the times in the workstations. With the use of the FMEA, points of time lost at work were identified and improvements were applied. As a result there was a reduction in assembly time of 11.23%. The main actions taken were: remade assembly procedures that would better assist the assemblers, the assemblers went through more training to assure the assembling with quality of the product.

Palavras-chave: Human reliability. FMEA. Assembly Process.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Protocolo de Pesquisa	14
Figura 2 – Fluxograma do Processo Produtivo	26
Gráfico 1 – Gráfico de Pareto.....	31
Quadro 1 – Identificação dos tempos das operações de montagem.....	27
Quadro 2 – Tempos totais das operações de montagem.....	28
Quadro 3 – Levantamento dos tempos em relação aos montadores	28
Quadro 4 – Horas acima do padrão	29
Quadro 5 – Estatísticas Descritivas das horas	30
Quadro 6 – Identificação do processo crítico	31
Quadro 7 – Formulário de preenchimento FMEA.....	33
Quadro 8 – Escalas de ocorrências	34
Quadro 9 – Aplicação do FMEA.....	35
Quadro 10 – Ações de melhoria - FMEA.....	37
Quadro 11 – Resultados obtidos	38

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE SIGLAS

ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.3	JUSTIFICATIVA	16
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	16
1.5	CLASSIFICAÇÃO.....	17
1.6	PROTOCOLO DE PESQUISA	17
2	CONFIABILIDADE HUMANA NO PROCESSO DE MONTAGEM	20
2.1	INTRODUÇÃO	20
2.2	CONFIABILIDADE.....	20
2.2.1	Confiabilidade Humana	20
2.3	PROCESSO DE MONTAGEM DE PRODUTOS.....	21
2.4	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	22
3	FMEA – ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA.....	23
3.1	INTRODUÇÃO	23
3.2	DEFINIÇÃO E CONCEITOS	23
3.3	HISTÓRICO DO FMEA	24
3.4	OBJETIVOS FMEA	25
3.5	TIPOS DE FMEA.....	25
3.6	ETAPAS DE ELABORAÇÃO DO FMEA	27
3.7	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	28
4	DESENVOLVIMENTO	29
4.1	PROCEDIMENTOS.....	29
4.1.1	Fluxograma do Processo.....	29
4.1.2	Levantamento dos dados	30
4.1.3	Análise preliminar dos dados.....	33
4.2	APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA	36
4.3	RESULTADOS OBTIDOS	34
5	CONCLUSÃO	37
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	38
	REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

As empresas estão sendo forçadas cada vez mais a serem competitivas diante de uma economia em constante globalização, aumentar seu preparo para frequentes mudanças que venham ocorrer nessa economia e buscar sempre um diferencial em sua produção, bens ou serviços são requisitos importantes para as empresas se manterem no mercado. A necessidade de um baixo custo não é mais a única variável importante para as organizações, mas também uma diversidade de produtos na produção, qualidade, desempenho na entrega e preço final baixo (SILVA et al, 2015).

Os conceitos de confiabilidade estão sendo aceitos em diversas áreas diante do aumento da quantidade de produtos e como consequência um aumento de processos, afim de analisar as funcionalidades de um sistema, evitando falhas ou minimizando os impactos por meio de técnicas e ferramentas adequadas (SANABRIA, 2012).

A indústria do petróleo é uma das áreas que tem como necessidade garantir a segurança das instalações, empregados e meio ambiente, buscando atingir altos níveis de excelências nas etapas de seus processos produtivos, e a técnica de análise de confiabilidade está sendo cada mais utilizada como ferramenta para prevenir falhas e eventos indesejados (PAIVA, 2015).

Em virtude desse cenário de intensa competitividade econômica e necessidade das indústrias de garantirem que seus processos ocorram de maneira eficiente, além de estudos sobre confiabilidade de processos e sistemas, o fator da mão de obra também vem sendo estudado, utilizando como conceitos a análise da confiabilidade humana dentro dos processos e sistemas.

A análise de confiabilidade humana está sendo desenvolvida em diferentes ramos da indústria: civil, química, petróleo, petroquímica de energia, entre outras. Os investimentos em prevenção de risco e automatização dos sistemas estão sendo utilizadas tanto para minimizar a exposição das pessoas ao risco quanto para maximizar os ganhos financeiros com a padronização e análise dos processos, evitando perda de matéria prima e insumos, gastos com energia entre outros, causados por falha humana (MURARI, 2012).

1.1 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA

Parte-se da premissa de que o fator humano está diretamente ligado aos resultados da produção do produto ALFA da empresa estudada. A empresa trabalha com a fabricação e montagem de máquinas para o ramo moveleiro. A montagem do produto ALFA pode ser realizada por diferentes montadores e observou-se que os tempos de montagem levantados são diferentes para cada montador.

Em virtude dessa observação as seguintes questões foram levantadas: quais são as perdas identificadas no sistema atual de montagem do produto ALFA? Quais erros e falhas humanas afetam a montagem do produto? Como melhorar o desempenho dos montadores para atingir o tempo de montagem especificado?

Assim, a questão que sintetiza o problema a ser abordado neste trabalho é: Qual a relação da confiabilidade humana no processo de montagem produto ALFA por meio da análise de Modos de Falha e Efeitos?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Aplicar a metodologia FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) como mecanismo para identificar os desperdícios dentro do processo de montagem do produto ALFA devido a falhas humanas, utilizando por intermédio conceitos de confiabilidade humana.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos a serem atendidos para atingir o objetivo geral será:

- Levantar referencial bibliográfico sobre a metodologia FMEA e confiabilidade humana;
- Mapear o processo atual de montagem do produto ALFA;
- Aplicar a ferramenta FMEA no processo de montagem do produto ALFA;

- Analisar os dados obtidos e as falhas de montagem e executar as melhorias

1.3 JUSTIFICATIVA

A mão de obra dentro dos processos de manufatura é elevada importância na construção dos resultados. Tanto a qualidade dos produtos como a própria produtividade de uma linha dependem deste trabalho laboral humano de forma direta ou indireta. No entanto, a confiabilidade humana dentro dos processos industriais ainda não é tratada de forma estruturada. Por este motivo se justifica o estudo da confiabilidade humana na empresa

Como principal ganho deste trabalho, é a redução do tempo de montagem de produto ALFA, onde se reduz o custo de produção na linha de montagem e diminui-se o retrabalho, minimizando as falhas humanas inerentes no processo de montagem.

Com a redução do tempo de montagem, um fator que motivou a dedicar-se a este problema é a confiabilidade humana. Onde esta é uma variável que influencia diretamente no processo.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo aborda as etapas da pesquisa realizada neste trabalho, dentro da área de engenharia de produção, conjuntamente com a metodologia aplicada, também apresenta o protocolo de pesquisa de forma detalhada apresentando os passos do método aplicação da ferramenta FMEA no processo de montagem de um produto.

1.5 CLASSIFICAÇÃO

Perante a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), essa pesquisa se enquadra na grande área (1) Engenharia de operações e processos da produção na subárea (1.3) gestão de manutenção. (ABEPRO,2015).

Esta pesquisa é de natureza aplicada, pois gera conhecimento prático. A sua forma de abordagem é quantitativa porque trata dos dados da empresa, tendo cunho exploratório e descritivo. (PRODANOV e FREITAS, 2013).

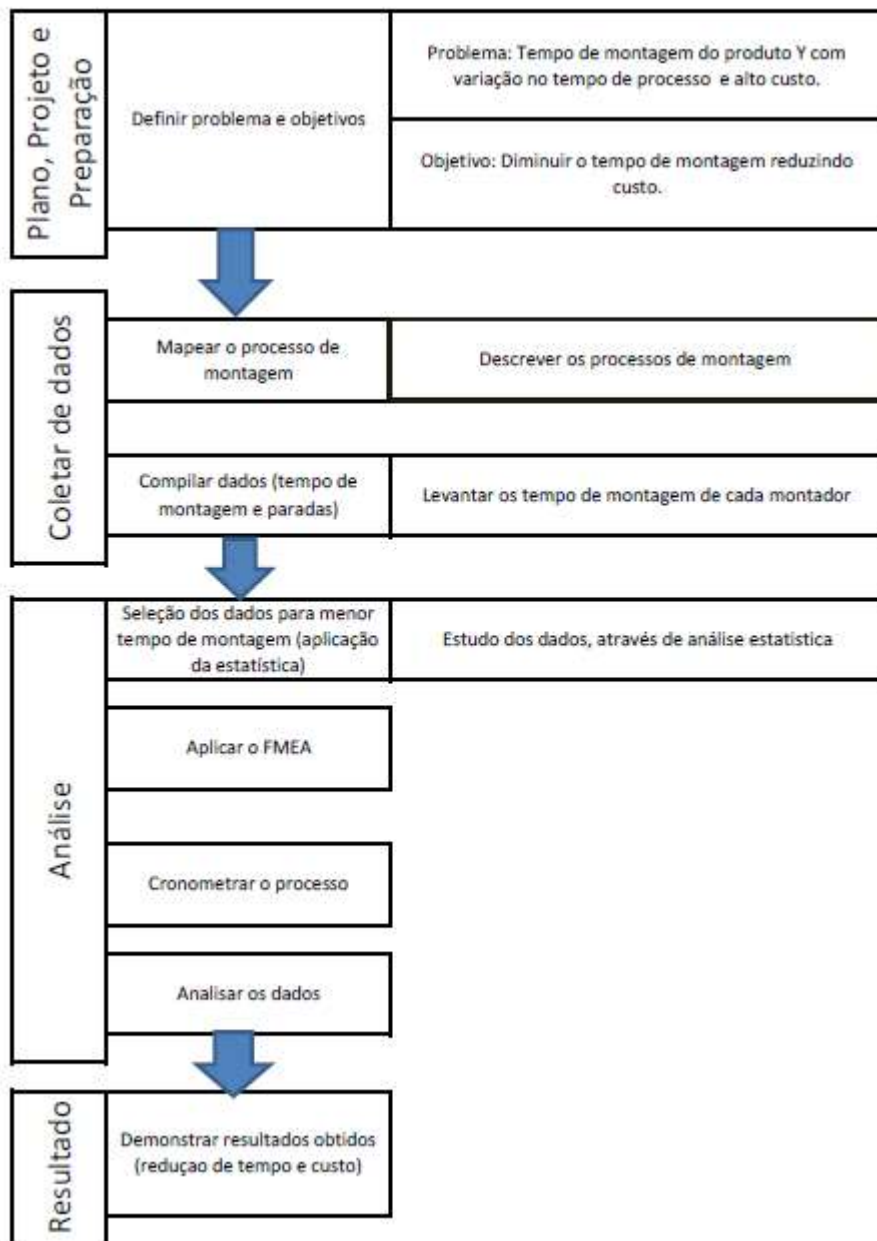
Os procedimentos técnicos adotados são: (i) estudo de caso, uma indústria do setor de máquina e equipamentos, (ii) pesquisa bibliográfica sobre os temas.

A técnica de coleta de dados se dá através de observação direta e monitoramento do processo, de entrevista com os técnicos de manutenção e análise dos bancos de dados e formulários da empresa. (GIL, 2010 E PRODANOV; FREITAS, 2013).

1.6 PROTOCOLO DE PESQUISA

O protocolo institui um passo importante na realização da pesquisa. É a reprodução do método científico em relação a pergunta formulada pelo pesquisador. Além disso, pode constituir um momento para aprofundar as ideias básicas do projeto, considerando os aspectos teóricos e práticos de sua operacionalidade (LUNA,1998).

Figura 1.1 - Protocolo de Pesquisa



Fonte: O autor (2018).

O plano, projeto e preparação engloba a parte introdutória, a introdução os objetivos gerais e específicos e toda a revisão da literatura referente ao tema da pesquisa.

A coleta de dados, refere-se a como os dados serão coletados, neste caso, será através do mapeamento do processo do produto estudado, observação direta dos processos, descrição dos processos.

Com relação a análise dos dados, esse estudo foi dividido em quatro etapas, sendo elas:

Etapa I, requer análise detalhada dos dados coletados, para tanto, é necessário selecioná-los, pois nem todos os levantamentos serão relevantes para o estudo, depois é necessário agrupar as paradas e analisar uma a uma, para verificar se estão relacionadas a falhas dos maquinários.

Etapa II, nesta etapa com a utilização da metodologia FMEA, aplicar a ferramenta baseado nos dados obtidos.

Etapa III, o processo de montagem do produto escolhido será cronometrado partindo de sua situação atual, os tempos de quatro modelos do produto alfa desenvolvidos início do ano de 2018.

Etapa IV, analisar os dados.

E por fim, demonstrar os dados obtidos e conclusões.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo inicial trata do tema da pesquisa, e descreve o problema da pesquisa. Juntamente com os objetivos gerais e objetivos específicos. Ainda no capítulo 1 é descrito a justificativa e os procedimentos metodológicos.

O capítulo 2 apresenta aborda o tema confiabilidade humana juntamente com o objetivo do trabalho a ferramenta FMEA e suas características e tipos e análises.

O capítulo 3 a ferramenta FMEA e suas características e tipos e análises.

O capítulo 4 é o levantamento dos dados, e análise dos dados coletados no processo.

O capítulo 5 é a utilização as ferramentas do FMEA, com ênfase em diminuir o tempo de processo.

O capítulo 6 é mostrado a importância da confiabilidade humana dentro do processo mostrando a relação entre os resultados atingidos com a confiabilidade humana.

O capítulo 7 é a apresentação dos resultados alcançados finalizando o trabalho.

2 CONFIABILIDADE HUMANA NO PROCESSO DE MONTAGEM

2.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo aborda o tema confiabilidade humana juntamente com o objetivo do trabalho. Onde serão também apresentados os aspectos de suma importância no processo em estudo.

2.2 CONFIABILIDADE

Historicamente, os estudos de confiabilidade tiveram início após o fim da Primeira Grande Guerra Mundial (1918) onde, com o surgimento da indústria aeronáutica, foram desenvolvidos os primeiros estudos de análise de confiabilidade. Naquele contexto, a confiabilidade era medida como o número de acidentes por hora de voo (GARRIDO, 2017).

A confiabilidade de um sistema pode ser definida como a probabilidade de funcionamento isento de falhas durante um período de tempo pré-determinado, sob condições de operação estabelecidas (NBR 5462, 1994).

2.2.1 Confiabilidade Humana

Segundo Pallerosi (2007) a confiabilidade humana é a probabilidade da pessoa não falhar no cumprimento de uma tarefa ou ação em um determinado período de tempo; em condições ambientais apropriadas e que tenha todos os recursos disponíveis para execução da ação.

Há várias instituições que buscam direcionar as ações com foco em Confiabilidade Humana, dentre estes: IEEE, *American Petroleum Institute*, *Center of Chemical Preventive and Safety*, *Idaho Institute of Technology* e a *Federal Aviation Administration*, cobrindo o segmento elétrico, petróleo e gás, química e petroquímica, geração de energia nuclear e transporte aéreo. A partir das suas propostas fortaleceram a importância dos estudos e pesquisa na área dos fatores humanos nos processos industriais (FILHO e SOUZA, 2011).

É possível observar a crescente complexidade e o aumento da automação dos processos produtivos em geral. Entretanto, apesar do aumento do grau de automação de um processo, haverá sempre a interação com o elemento humano em algum nível. Os erros humanos são responsáveis por um número muito grande de incidentes e acidentes na indústria. Estes eventos podem ocorrer devido a vários fatores como informações incorretas, motivação inadequada e condições impróprias de trabalho (EVANGELISTA, 2011).

2.3 PROCESSO DE MONTAGEM DE PRODUTOS

A qualidade exigida pelo cliente e o aumento da concorrência são algumas das variáveis que as empresas devem reavaliar para aprimorar seus processos, na busca de produtividade, competitividade e lucratividade. A tendência é que as empresas industriais se vejam forçadas a rever suas estratégias e melhorar seu desempenho das operações produtivas, usando como estratégica uma melhor gestão da manufatura para aumentar a vantagem sobre os competidores. Melhorar a eficiência, eficácia e produtividade e o tempo de montagem em uma linha de montagem são indiscutivelmente um dos temas mais desafiadores e de extrema importância (REMONTE, 2011).

E para obter estes requisitos de qualidade exigidas pelo mercado, uma das formas utilizadas é através de um processo produtivo que seja capaz de possuir confiabilidade em suas operações de maneira que minimize o número de falhas ao produto garantindo assim a qualidade desejada pelo cliente (PONTES, 2013).

As necessidades dos clientes vêm mudando com grande frequência, segundo um levantamento bibliográfico de Silva (2013) diversos estudos realizados mencionam a importância das linhas de montagem para o cumprimento de estratégias competitivas das empresas.

2.4 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram abordados os conceitos relacionados à Confiabilidade e Confiabilidade Humana relacionados a processos industriais e de interesse aos objetivos deste trabalho, apresentados no Capítulo 1.

É possível observar que as empresas estão cada vez mais em busca de aumentar a confiabilidade humana dentro dos processos e serviços. Muitos trabalhos dentro do âmbito acadêmico reforço essa afirmação, como Amaro (2014) apresenta uma análise de uma pesquisa realizada com técnicos em uma planta petroquímica com o objetivo de conhecer os fatores humanos que influenciam nos procedimentos operacionais. No trabalho de Ambros (2005) foi desenvolvido um estudo sobre a confiabilidade humana em uma usina nuclear. Borges (2012) desenvolve um estudo dentro da análise de atividades no intuito de garantir a confiabilidade humana em uma refinaria de petróleo.

Dentro todos os trabalhos desenvolvidos todos tem como objetivo analisar e verificar fatores humanos que podem influenciar nos processos, partindo de ferramentas e análises. No próximo capítulo são abordados os aspectos relativos a metodologia FMEA e sua relação com a confiabilidade humana.

3 FMEA – ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA

3.1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos vem sendo possível perceber um considerável crescimento de empresas e profissionais que aplicam o método de Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA), para analisar processos e levantar melhorias (AGUIAR, 2016). Neste capítulo será apresentado a ferramenta FMEA, seus conceitos e metodologias para aplicação.

3.2 DEFINIÇÃO E CONCEITOS

O FMEA abreviação para *Failure Mode Effects Analysis*, ou em português segundo ABNT, na norma NBR 5462 (1994) Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (AMFE).

Segundo a ABNT, o FMEA é uma técnica qualitativa de análise que compreende a observação das formas de falhas que possam acontecer para itens sob investigação, a deliberação dos efeitos de cada uma das maneiras de falha sobre os demais componentes e sobre a função do conjunto em análise NBR 5462 (1994).

O FMEA é uma ferramenta qualitativa que é desenvolvida por uma equipe de especialistas que atribuem notas para os modos de falha em termos da Severidade, Ocorrência e Detecção, onde o produto dessas notas forma o índice de prioridade de risco (RPN - número de prioridade de risco - Risk Priority Number), (DALOSTO, 2015). Por outras palavras, a metodologia pode reduzir os erros de desastres, causadores de graves prejuízos para uma organização que antes não eram possíveis serem tangíveis (BAHRAMI, BAZZAZ e SAJJADI, 2012).

A aplicação da ferramenta FMEA visa contribuir a identificação dos diversos aspectos mais críticos e prováveis para determinação de modos de falhas dos processos que são estudados, a técnica favorece o processo de tomada de decisão em momentos de emergências, melhorando o tempo de respostas e a confiabilidade das ações (FONSECA, 2018).

Garrido (2017) descreve alguns termos e definições que auxiliam no entendimento da ferramenta:

- **Causa da Falha:** fatores e aspectos que levam à falha, como defeitos no projeto, problemas de qualidade, defeitos químicos e físicos, má utilização do objeto, são os aspectos primários para a ocorrência de falhas;
- **Modo de Falha:** é a maneira pela qual a falha é notada. Resumidamente, modo de falha é a descrição pela qual um item pode deixar de executar sua função;
- **Efeito de Falha:** as consequências recorrentes que o modo de falha tem sobre o produto ou processo.

3.3 HISTÓRICO DO FMEA

A ferramenta FMEA surgiu por volta de 1949 e destinava-se às análises de falhas em sistemas e equipamentos do exército americano, onde era avaliada a sua eficiência baseando-se no impacto sobre uma missão ou no sucesso de defesa pessoal de cada soldado (BASTOS, 2006).

A FMEA também foi utilizada nos Estados Unidos pela NASA por volta dos anos 60 no Projeto Apollo. Após o seu uso na aviação e viagem espacial, como também na tecnologia nuclear, foi sendo aplicada na indústria automobilística sendo usada, desde então, em larga escala no mundo inteiro. Representa hoje, nas empresas fabricantes de automóveis e de seus fornecedores, um componente metódico de sistemas de gerenciamento de qualidade (SOUZA, 2006).

Porém, desde 1976 está sendo usada no ramo automobilístico e constitui-se numa ferramenta indispensável para as empresas fornecedoras deste ramo. É possível observar que a maioria dos fornecedores da indústria automobilística utiliza esta ferramenta em consenso com a norma TS 16.949 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2002).

3.4 OBJETIVOS FMEA

Para Helman e Andery (1995) FMEA é um método de análise de projetos (de produtos ou processos, industriais e/ou administrativos) usado para identificar todos os possíveis modos potenciais de falha e determinar o efeito de cada uma sobre o desempenho do sistema (produto ou processo), mediante um raciocínio basicamente dedutivo.

No ambiente industrial, a ferramenta FMEA pode ser entendida como uma metodologia sistemática que permite identificar potenciais falhas de um sistema, projeto e/ou processo, com o objetivo de eliminar ou minimizar os riscos associados, antes que tais falhas aconteçam. O objetivo é eliminar os modos de falha ou reduzir os riscos associados (BASTOS, 2006).

Para Bastos (2006) o FMEA pode ser considerado um elemento chave na prevenção de falhas e, confiabilidade de produtos e processos de uma organização, pode ser uma ferramenta muito importante se aplicada de forma correta.

3.5 TIPOS DE FMEA

Existem quatro tipos de FMEAs utilizados globalmente. Dentre eles, todos tem como objetivo identificar falhas que possam causar danos em potencial ou prejuízo para o consumidor do produto ou serviço oferecido e diferem entre si na forma de classificar os riscos e nomear os elementos envolvidos (SAXER, 2015).

Segundo Stamatis (2003) os tipos de FMEA podem ser classificados da seguinte maneira:

- FMEA de Sistema: utilizada para analisar sistemas e subsistemas, desde o conceito inicial até o estágio de projeto. Seu foco é explorar os modos de falha potenciais entre as funções de um sistema devido a deficiências no modelo e minimizar o efeito dessas falhas. A FMEA de sistema tem como objetivo maximizar a qualidade, a confiança, o custo e a manutenção de um sistema. Ele auxilia na escolha da melhor alternativa de projeto de um sistema, na determinação de redundâncias, na definição da base para os procedimentos de diagnóstico em nível de um sistema, no aumento da probabilidade de que os problemas potenciais sejam

considerados e na identificação das falhas potenciais do sistema e suas interações com outros sistemas ou subsistemas.

- FMEA de Projeto ou FMEA de produto: utilizada para analisar produtos antes de serem liberados para a fabricação. Concentra-se em modos de falhas causados por deficiências de projeto, analisando as especificações do produto e focando em componentes e subsistemas de forma a minimizar o efeito dessas falhas. A FMEA de projeto tem como objetivo maximizar a qualidade, a confiança, o custo e a manutenção de um projeto. Ela auxilia no estabelecimento de prioridades de ações de melhoria no projeto, na identificação de características críticas ou significativas bem como falhas nas fases de desenvolvimento de um produto, na avaliação dos requerimentos e alternativas de um projeto, na identificação e posterior eliminação de problemas potenciais de segurança e na documentação das razões para as mudanças.

- FMEA de Processo: utilizada para analisar processos de fabricação e montagem. Concentra-se em modos de falhas causados nas etapas de planejamento e execução de forma a minimizar o efeito dessas falhas e melhorar o processo como um todo. A FMEA de processo tem por objetivo maximizar a qualidade, a confiança, o custo, a manutenção e a produtividade de um processo. Ela identifica as deficiências no processo e as características críticas e/ou significativas, oferece um plano de ações corretivas e estabelece uma prioridade para elas, ajuda no desenvolvimento dos planos de controle, auxilia na análise dos processos de manufatura e montagem e na documentação das razões para as mudanças.

- FMEA de Serviço: utilizada para analisar serviços antes que eles atinjam os clientes. Concentra-se em modos de falha (tarefas, erros e equívocos) causados por deficiências no sistema ou processos, de forma a minimizar o efeito dessas falhas. A FMEA de serviço tem por objetivo maximizar a satisfação do cliente através de qualidade, confiança e serviços. Ela auxilia nas análises dos fluxos de trabalho, sistemas e processos, identifica as deficiências das tarefas, detecta as tarefas críticas ou significativas, ajuda no desenvolvimento dos planos de controle, estabelece uma prioridade para as ações de melhoria e documenta as razões para as mudanças.

3.6 ETAPAS DE ELABORAÇÃO DO FMEA

Segundo Fernandes (2005) o método FMEA traz uma sequência lógica e sistemática de avaliar as formas possíveis pelas quais um sistema ou processo está mais sujeito às falhas. A FMEA avalia a severidade das falhas, a forma como as mesmas podem ocorrer e, caso ocorram, como eventualmente poderiam ser detectadas antes de levarem a reclamações no cliente. Assim, com base nestes três quesitos: severidade, ocorrência e detecção, o método FMEA leva a um Número de Prioridade de Risco (NPR) indicando quais os modos de falha levam a um maior risco ao cliente.

Para a avaliação do risco de um dado sistema, recorre-se a medidas de prevenção e de detecção já existentes no estágio de desenvolvimento e planejamento. O critério para de avaliação índice de prioridade de risco (NPR) que é composto por três fatores individuais:

S – Para a importância da consequência de falha

O – Para a probabilidade de ocorrência da causa de falha

D – para a probabilidade de detecção da ocorrência da causa de falha, da falha ou, respectivamente, da consequência da falha.

Os índices de avaliação de cada um dos itens acima são pontuados de 10 a 1. Dessa etapa resultará a preparação do Formulário Sistema – FMEA para que sejam definidas as ações corretivas ou medidas de contenção. O formulário será o mecanismo de controle e de sínteses das informações relativas à execução dessas ações corretivas ou medidas de contenção.

$$\mathbf{NPR = severidade \times ocorrência \times detecção}$$

Em que: O = possibilidade de ocorrência de falha; S = severidade da falha; e D = possibilidade de detecção da falha.

3.7 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

A ferramenta apresentada neste capítulo é uma alternativa para ser empregada na busca para desenvolver sistemas mais específicos de diagnósticos de falhas em diferentes áreas da indústria. A elaboração e preenchimento do formulário da FMEA, tem como objetivo a eliminação ou mitigação de modos de falha encontrados no processo e a implementação de melhorias corretivas e preventivas para potenciais falhas ou desperdícios que poderiam gerar no futuro não conformidades na qualidade do produto, além de redução de custos com retrabalho, atrasos na produção e reclamações de clientes.

4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo será apresentado a aplicação da ferramenta FMEA por meio da metodologia de um estudo de caso. Nesse contexto, o estudo captou dados e tempos cronometrados referente ao processo de montagem de um produto, uma máquina de grande porte para indústria de fabricação de móveis.

4.1 PROCEDIMENTOS

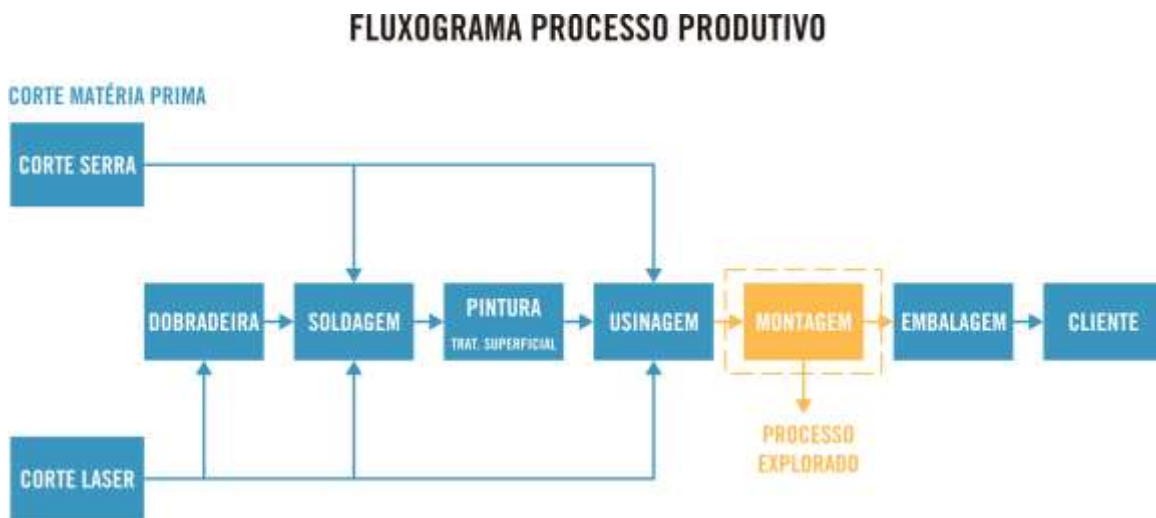
Como visto anteriormente no Capítulo 2, os processos produtivos que atingem os principais requisitos de qualidade e custos de processos em suas operações, de maneira que seja capaz de aumentar a confiabilidade e minimize o número de falhas ao produto final, cumprem as principais exigências dos clientes. Diante do problema levantado no Capítulo 1, a solução proposta para este problema é aplicação da ferramenta FMEA, discutida no Capítulo 3, no processo de montagem de um produto de uma empresa de fabricação de máquinas para indústria moveleira.

Para tal, é utilizado os procedimentos de mapear o estado atual em que o produto alfa é produzido, análise dos dados obtidos e a aplicação da ferramenta FMEA.

4.1.1 Fluxograma do Processo

A empresa na qual o estudo foi realizado é uma multinacional da indústria de máquinas e equipamentos. No Brasil, a empresa conta com uma área produtiva, responsável pela produção de máquinas para indústria de móveis. É uma empresa que sempre está em busca de inovação e novas tecnologia. Para um melhor entendimento do processo de fabricação do produto alfa, foi desenvolvido um fluxograma do processo Figura 4.1.

Figura 4.1 - Fluxograma do processo produtivo



Fonte: O autor (2018).

O processo produtivo, Figura 4.1, é composto por oito componentes principais até chegar no cliente, inicia-se no corte da matéria-prima, e passa pelos demais processos quando necessário de dobra, solda, pintura e usinagem. Logo todos os processos de manufatura estarem prontos, as peças seguem para o processo de montagem que será o processo explorado neste trabalho. A seleção da linha de montagem como objeto de estudo nesta monografia deve-se ao fato deste processo ter sido classificado com o maior nível de criticidade. Após finalizado a montagem, a máquina é embalada e segue para o cliente.

4.1.2 Levantamento dos dados

Visando o aprimoramento e a obtenção da excelência na qualidade no processo explorado neste trabalho, foi realizado um mapeamento e um levantamento de dados, foram tirados os tempos das principais operações que compõe cada processo de montagem do produto alfa.

Seguindo essa linha de raciocínio, cada operação e suas principais atividades foram cronometrado seus tempos de montagem, conforme Quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Identificação dos tempos das operações de montagem

TEMPOS DOS PROCESSO DE MONTAGEM DO PRODUTO ALFA		
Operação	Descrição da operação	Tempo Total de Montagem
10	MONTAR ESTRUTURA CNC	39,168
	Atividades Para Executar na Operação	Tempo de Cada Atividade
10.1	Montagem Pneumática	4,3
10.2	Montagem de guias lineares	5,2
10.3	Montagem de cremalheiras	4,166
10.4	Passagem de cabos de micros de segurança	2,937
10.5	Montagem de carro (ponte)	3,1
10.6	Montagem das cabeças (suporte ponte)	2,35
10.7	Montagem do cabeçote	2
10.8	Montagem do magazine de ferramentas	0,5
10.9	Montagem do plano de trabalho (mesa)	3,65
10.10	Alinhamento dos eixos X, Y E Z	4,133
10.11	Alinhamento do eletro mandril	3,666
10.12	Alinhamento do cabeçote de furação	3,166
Operação	Descrição da operação	Tempo Total de Montagem
20	MONTAR ELÉTRICA	14
	Atividades Para Executar na Operação	Tempo de Cada Atividade
20.1	Montar painel elétrico	2
20.2	Ligação motores	1,333
20.3	Ligação de bomba de vácuo	1,166
20.4	Ligação de eletro mandril	1,1
20.5	Conectar cabos	2,1
20.6	Ligação do cabeçote de furação	2,666
20.7	Regulagem de componentes elétricos (Reles, CN, CLP)	2,636
20.8	Regulagem de leitura de velocidade	0,166
20.9	Energização da máquina	0,333
20.10	Adicionar software	0,5
Operação	Descrição da operação	Tempo Total de Montagem
30	TESTAR / REGULAR	33
	Atividades Para Executar na Operação	Tempo de Cada Atividade
30.1	Parametrizar máquina	8
30.2	Testar, regular eixo X	4
30.3	Testar, regular eixo Y	4
30.4	Testar, regular eixo Z	4
30.5	Testar, regular cabeçote de furação	4,5
30.6	Testar, regular segurança da máquina	3,5
30.7	Executar programas testes (fresagem, furação)	5
Operação	Descrição da operação	Tempo Total de Montagem
40	MONTAR CARENAGENS	12,333
	Atividades Para Executar na Operação	Tempo de Cada Atividade
40,1	Montagem das carenagens	12,333
Operação	Descrição da operação	Tempo Total de Montagem
50	TESTAR/REGULAR/DESMONTAGEM DAS CARENAGENS	6
	Atividades Para Executar na Operação	Tempo de Cada Atividade
50,1	Executar programa teste com carenagens	2
50,2	Verificar micros de segurança com as carenagens	1
50,3	Desmontagem das carenagens	3

Fonte: O autor (2018).

Após este levantamento chegou-se aos valores totais de montagem das operações conforme Quadro 4.2:

Quadro 4.2 Tempos totais das operações de montagem

Operação	Descrição da operação	Tempo Homem
10	MONTAR ESTRUTURA CNC	39,168
20	MONTAR ELÉTRICA	14,000
30	TESTAR / REGULAR	33,000
40	MONTAR CARENAGENS	12,333
50	TESTAR/REGULAR/DESMONTAGEM DAS CARENAGENS	6,000
60	LIMPAR / EMBALAR	6,334

Fonte: O autor (2018).

Na Quadro 4.3, foram escolhidos 4 modelos do produto alfa produzidos ao longo do ano e cronometrados os tempos referentes a cada montador, os montadores são representados por códigos para diferenciar (A-10, B-20, C-30, D-40, E-50, F-60) em relação ao processo. Cada montador teve um tempo de serviço executado diferente do tempo padrão estabelecido pela empresa.

Quadro 4.3 – Levantamento dos tempos em relação aos montadores

MÁQUINA	MONTADOR	PROCESSO	TEMPO DE SERVIÇO EXECUTADO	TEMPO PADRÃO	DIFERENÇA ENTRE O TEMPO PADRÃO E EXECUTADO
310 MFV-228/17	A-10	10	38:12:11	39:00:00	0:47:49
310 MFV-457/17	E-50	10	38:31:08	39:00:00	0:28:52
310 MFV-520/17	E-50	10	39:03:50	39:00:00	0:03:50
310 MFV-360/17	A-10	10	38:52:44	39:00:00	0:07:16
310 MFV-228/17	B-20	20	15:39:11	14:00:00	1:39:11
310 MFV-457/17	B-20	20	13:09:54	14:00:00	0:50:06
310 MFV-520/17	C-30	20	15:24:18	14:00:00	1:24:18
310 MFV-360/17	F-60	20	14:45:58	14:00:00	0:45:58
310 MFV-228/17	B-20	30	21:34:12	33:00:00	11:25:48
310 MFV-457/17	B-20	30	22:09:25	33:00:00	10:50:35
310 MFV-520/17	B-20	30	21:00:29	33:00:00	11:59:31
310 MFV-360/17	C-30	30	24:01:41	33:00:00	8:58:19
310 MFV-228/17	B-20	40	15:25:52	12:19:59	3:05:53
310 MFV-457/17	B-20	40	11:21:25	12:19:59	0:58:34
310 MFV-520/17	C-30	40	13:01:44	12:19:59	0:41:46
310MFV-360/17	F-60	40	12:32:38	12:19:59	0:12:40
310 MFV-228/17	C-30	50	8:37:59	6:00:00	2:37:59
310 MFV-457/17	B-20	50	5:49:34	6:00:00	0:10:26
310MFV-520/17	C-30	50	6:47:20	6:00:00	0:47:20
310 MFV-360/17	F-60	50	6:03:50	6:00:00	0:03:50
310 MFV-228/17	D-40	60	6:07:37	6:20:02	0:12:25
310 MFV-457/17	D-40	60	4:15:00	6:20:02	2:05:02
310 MFV-520/17	D-40	60	6:10:05	6:20:02	0:09:58
310 MFV-360/17	D-40	60	6:02:35	6:20:02	0:17:28

Fonte: O autor (2018).

Desta forma, para a elaboração da FMEA de processo, é possível observar, por exemplo, o montador B-20 no processo 20, realizou tempos diferentes no mesmo processo.

4.1.3 Análise preliminar dos dados

Após a realização das cronometragens e levantamentos dos tempos de montagem de quatro modelos do produto alfa, no Quadro 4.4, foram selecionados os tempos que excederam o tempo padrão estabelecidos pela empresa para obter uma análise mais profunda desses dados. Foram selecionados 10 processos que excederam o tempo padrão de montagem.

Quadro 4.4 – Horas acima do padrão

MÁQUINA	MONTADOR	PROCESSO	Código Representativo	Horas Acima do Padrão	% ACUMULADO	%
310 MFV-228/17	C-30	50	8-H	2,633	28,12%	28,12%
310 MFV-228/17	B-20	20	2-B	1,65	45,74%	17,62%
310 MFV-520/17	C-30	20	3-C	1,4	60,69%	14,95%
310 MFV-228/17	B-20	40	5-E	1,1	72,44%	11,75%
310 MFV-520/17	C-30	50	9-I	0,783	80,80%	8,36%
310 MFV-360/17	F-60	20	4-D	0,766	88,98%	8,18%
310 MFV-520/17	C-30	40	6-F	0,7	96,45%	7,48%
310 MFV-360/17	F-60	40	7-G	0,216	98,76%	2,31%
310 MFV-360/17	F-60	50	10-J	0,066	99,47%	0,70%
310 MFV-520/17	E-50	10	1-A	0,05	100,00%	0,53%
TOTAL:				9,364		

Fonte: O autor (2018).

Para uma melhor análise dos dados foi utilizado algumas ferramentas estatísticas a fim de auxiliar na interpretação de dados e consequentemente nas tomadas de decisão posteriores,

Esses 10 processos que ultrapassaram o padrão de tempo cronometrado, Quadro 4.4, somaram 9,634h de tempo extra dentro do tempo ideal para montagem. Foi realizada a média desses tempo, média é a soma dos tempos extras divididos pela quantidade de eventos, conforme fórmula abaixo.

$$\frac{2,633+1,65+1,4+1,1+0,783+0,766+0,7+0,216+0,066+0,05}{10} = 0,94$$

Mediana é o valor definido com a média dos valores do meio

Mediana = [2,633; 1,65; 1,4; 1,1; 0,783; 0,766; 0,7; 0,216; 0,066; 0,05]

$$\text{Mediana} = \frac{0,783+ 0,766}{2} = 0,7745$$

Maior valor = 2,633

Menor valor = 0,05

Amplitude é a diferença entre o valor maior e o valor menor.

Amplitude= 2,633 - 0,05= 2,583

No Quadro 4.5, estão reunidos os dados encontrando

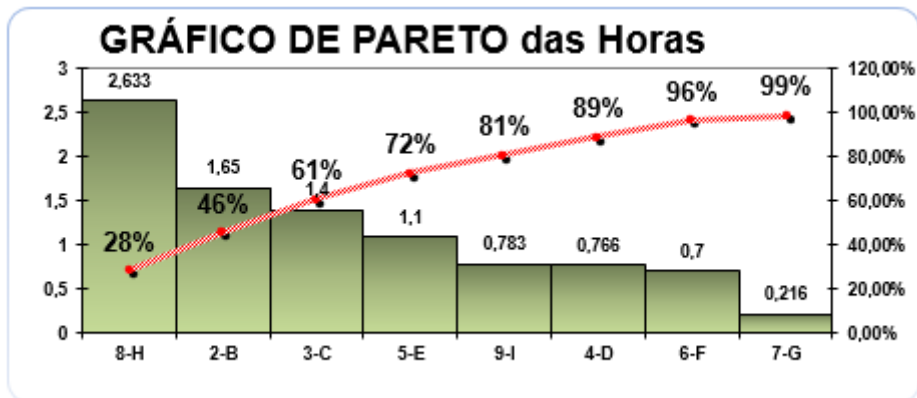
Quadro 4.5 - Estatísticas Descritivas das horas

Estatística Descritiva	
Contagem	10
Soma	9,364
Média	0,94
Mediana	0,7745
Maior valor	2,633
Menor valor	0,05
Amplitude	2,583
Soma dos valores sem importância estatística	0,116

Fonte: O autor (2018).

Com os dados do Quadro 4.4 foi elaborado o Gráfico de Pareto, Gráfico 4.1, para que se obtivesse uma ideia comparativa das falhas com intuito de se visualizar o processo crítico para aplicação da ferramenta FMEA.

Gráfico 4.1 – Gráfico de Pareto



Fonte: O autor (2018).

Com base no gráfico de Pareto (gráfico 4.1), é claramente possível detectar onde houve tempo de processo utilizado acima do tempo ideal. O processo 50, no qual o montador C-30, tinha 6 horas para executar todo o processo de montagem referente a operação 50. Mas somente finalizou a tarefa com 8 horas e 38 minutos, conforme Quadro 4.6:

Quadro 4.6 - Identificação do processo crítico

MÁQUINA	MONTADOR	PROCESSO	Código Representativo	Horas Acima do Padrão	% ACUMULADO	%	Tempo Utilizado para montagem	Tempo Padrão
310 MFV-228/17	C-30	50	8-H	2,633	28,12%	28,12%	08:37:59	06:00:00

Fonte: O autor (2018).

Para os processos que extrapolaram mais horas de montagem, ou seja, tiveram um custo operacional maior, foi aplicado a ferramenta FMEA.

4.2 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA

A implantação da ferramenta FMEA na empresa foi realizada com a colaboração da equipe de industrialização, setor responsável pelos processos e tempos dentro da empresa. O tempo empregado para a implantação foi de aproximadamente um semestre. A área específica em que se implantou a ferramenta foi no processo de montagem de um produto do portfólio da empresa, pois modos de falha relacionados a este processo tendem a gerar insatisfações aos clientes e aumentam os custos de manutenção e retrabalhos da empresa, por ser o processo final antes de se chegar no cliente.

Assim, iniciou-se a implantação com o planejamento da ferramenta FMEA e suas respectivas definições, tendo levantados os dados do processo de montagem do produto escolhido e direcionado para execução da FMEA. A análise de FMEA parte do preenchimento do formulário Quadro 4.7 que auxilia a estruturar e documentar o processo, parte fundamental dentro do processo de aplicação da ferramenta.

Quadro 4.7 – Formulário de preenchimento FMEA

FMEA do Processo de Montagem																				
Descrição do processo	Atividades do processo	Tipo de falha	Efeito da falha	Causa da falha	Tipos de controle	Índices				Ações de melhoria										
						S	O	D	R	Ações	Responsável	Medidas	Índices Atuais							
										Recomendadas	Prazo	Implantadas	S	O	D	R				

S-Severidade; O-Ocorrências; D-Detecção; R-Risco
 Fonte: O autor (2018).

Na sequência do formulário a equipe quantificou a ocorrência das causas na operação que foi diagnosticada como crítica com o gráfico de Pareto. Para isto, baseou-se na escala de ocorrência apresentada no quadro 4.8.

Quadro 4.8 – Escala de ocorrências

Índice	SEVERIDADE	
1 ATÉ 3	PEQ.	Leve erro, efeito não percebido
4 ATÉ 6	MED.	Erro onde montador corrige rapidamente
6 ATÉ 8	ALTA	Erro onde é possível retrabalhar, mas leva um tempo maior
9 ATÉ 10	MUITO ALTA	Erro onde pode haver colisão

Índice	OCORRÊNCIA	
1 ATÉ 3	PEQ.	Acontece a cada 40 máquinas produzidas
4 ATÉ 6	MED.	Acontece a cada 10 máquinas produzidas
6 ATÉ 8	ALTA	Acontece a cada 4 máquinas produzidas
9 ATÉ 10	MUITO ALTA	Acontece a cada 2 máquinas produzidas

Índice	DETECÇÃO	
1 ATÉ 3	MUITO ALTA	Acontece com certeza, máquina não funciona
4 ATÉ 6	ALTA	Acontece detectado no check list
6 ATÉ 8	MED.	Acontece detectado no teste final da máquina
9 ATÉ 10	PEQ.	Difícil detecção

Fonte: O autor (2018).

Quadro 4.9 – Aplicação do FMEA

Descrição do processo	Atividades do processo	Tipo de falha	Efeito da falha	Causa da falha	Tipos de controle	Índices			
						S	O	D	R
TESTAR/REGULAR/DESMONTAGEM DAS CARENAGENS	Executar programa teste com carenagens	Programa teste não pode ser executado	O processo que antecede a este, não foi correto a montagem (guias desalinhadas) Gerando retrabalho	Erro no processo anterior por falta de habilidade, conhecimento.	Check list	8	8	1	64
		Carenagens não montam	Retrabalho das carenagens	Erro em relação ao método de produção das carenagens	Desenhos para fabricação das carenagens	6	7	1	42
	Verificar micros de segurança com as carenagens	Micros de segurança com defeito	Erro na ligação dos micros, não funcionou os micros de segurança, causando retrabalho	Falta de conhecimento do esquema elétrico	Esquema elétrico	8	8	1	64

Fonte: O autor (2018).

Prosseguindo no desenvolvimento do, interpretou-se a ferramenta FMEA de maneira tradicional, modelo NPR, em que se multiplicaram os índices referentes à severidade, ocorrência e detecção. A equipe estipulou então que seriam determinadas ações corretivas em todas ações apresentassem os modos de falha apenas para índices, conforme pode ser visualizado na tabela 4.

Utilizou a equação: $NPR = S \times O \times D$

4.3 RESULTADOS OBTIDOS

Com base na observação e preenchimento dos formulários e aplicando os índices a etapa final consistiu na recomendação de ações para minimizar e solucionar os modos de falha em potencial. Nesta etapa, a mais importante, foram obtidos os resultados esperados pela equipe de desenvolvimento da FMEA, pois é a partir destes resultados que se partirá para o efetivo aumento de confiabilidade do sistema. As ações recomendadas, para um dos modos de falha, estão apresentadas na tabela 4.10.

Quadro 4.10 – Ações de Melhoria - FMEA

Causa da falha	Índices	Ações de melhoria				Índices Atuais			
	R	Ações Recomendadas	Responsável Prazo	Medidas Implantadas	S	O	D	R	
Erro no processo anterior por falta de habilidade, conhecimento.	64	Verificar procedimentos de montagem	Gilson(prazo até 28/04/18)	Refeito o procedimento de montagem	6	5	1	30	
		Verificar habilidade e conhecimento do montador		Montador passou por treinamento					
Erro em relação ao método de produção das carenagens	42	Detalhar os desenhos utilizados para fabricação das carenagens	Gilson(prazo até 12/04/18)	Foi detalhado os desenhos juntamente com o setor de projetos	3	1	1	3	
Falta de conhecimento do esquema elétrico	64	Verificar procedimentos de montagem	Gilson(prazo até 22/04/18)	Refeito o procedimento de montagem	6	5	1	30	
		Verificar habilidade e conhecimento do montador		Montador passou por treinamento					

Fonte: O autor (2018).

Como se pode observar, no Quadro 4.10 indica os principais causa de falhas ocorridas nos processos. Desta maneira, buscou-se descrever as ações recomendados e determinados os prazos para implementação, após as medidas implantadas, foi realizado uma nova escala de ocorrências para obter os índices atuais.

Quadro 4.11 – Resultados obtidos

Operação	Descrição da operação	Tempo Anterior (horas)	Tempo Cronometrado (horas)
10	MONTAR ESTRUTURA CNC	39,168	38,417
20	MONTAR ELÉTRICA	14	14
30	TESTAR / REGULAR	33	21,3
40	MONTAR CARENAGENS	12,333	12,333
50	TESTAR/REGULAR/DESMONTAGEM DAS CARENAGENS	6	6
60	LIMPAR / EMBALAR	6,334	6,334
	TOTAL:	110,835	98,384

Fonte: O autor (2018).

Com base no Quadro 4.11, é possível constatar a melhoria no processo de montagem estudado, o tempo anterior de montagem totalizava 110,835h ultrapassando o tempo padrão estabelecido, após a aplicação da FMEA e das ações de melhorias recomendadas o tempo de montagem novamente cronometrado totalizou 98,384h, ou seja, com as melhorias houve um ganho (diminuição de horas de montagem) de 12,451 horas (12:27:00). Isso é 11,23% de redução de custo de montagem, dessa maneira é possível observar que houve melhora no desenvolvimento e no processo de montagem e redução de retrabalhos durante o processo.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho proporcionou uma maior assimilação acerca da aplicação da ferramenta de FMEA nos processos produtivos com o foco no desempenho humano. Para isso como um dos objetivos foi levantado um referencial bibliográfico para embasar o tema. Foram cronometrados os tempos de montagem do modelo do produto escolhido para se mapear quais eram os tempos de cada etapa desse processo. Com base neste levantamento dos tempos foi aplicada uma FMEA na operação considerada pela equipe como crítica. Após esta análise, que foi construída com os dados obtidos no chão de fábrica, foram executadas as melhorias sugeridas decorrentes dos resultados da análise. Ao cronometrar os tempos posteriormente a aplicação das melhorias propostas percebeu-se um ganho de 11,23% na redução de custo de montagem.

Com isso foi possível determinar que os objetivos do trabalho foram alcançados ao se estabelecer estes resultados a partir do estudo do FMEA a aplicação dentro da empresa no contexto da gestão dos tempos de montagem do produto escolhido, possibilitando distinguir os fatores de confiabilidade humana no processo.

O fator predominante em relação ao contexto de confiabilidade humana observado com a aplicação do FMEA foi supor que os treinamentos, dados anteriormente na empresa ALFA aos colaboradores da linha de montagem, seriam suficientes para garantir a qualidade final do produto. Neste trabalho de pesquisa se evidenciou que a falta de conhecimento, que alguns destes colaboradores apresentam, em alguns âmbitos que podem ser minimizados com alguns treinamentos específicos.

Assim, o resultado encontrado durante o processo de desenvolvimento deste trabalho, foi concluir que além do retorno financeiro que minimizar ou eliminar falhas podem oferecer, a ferramenta FMEA aplicada ao produto ALFA estudado possibilitou vantagens como aumento da confiabilidade do serviço prestado, proporcionando uma maior confiabilidade humana, mais segurança e maior satisfação no produto.

Partindo do enfoque do ser humano, o trabalho desenvolvido em equipe possibilita ganhos no campo motivacional e o redirecionar valores no sentido da colaboração e comprometimento dos colaboradores, refletindo sobre o uso de novas práticas para o melhoramento contínuo da qualidade.

A metodologia FMEA proporciona maneira diferente e sistemática de se classificar informações sobre as falhas nos produtos e processos; visualizando melhor e com mais conhecimento dos problemas nos produtos e processos; reúne as melhorias baseado em dados, facilita as devidas verificações (melhoria contínua); diminuição de custos, desenvolve a cultura em relação a prevenção de falhas, a atitude dentro da organização, motiva o trabalho em equipe e a preocupação com a qualidade do produto entregue ao cliente final.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como dito anteriormente, uma das conclusões alcançadas foi verificar que os treinamentos dados aos montadores não estavam garantindo os resultados esperados dentro da linha de montagem, recomenda-se para trabalhos futuros:

- Um levantamento e especificações mais amplos em relação aos treinamentos dados na empresa, para garantir sua eficiência e qualidade final nos produtos;
- Uma análise dos fatores internos e/ou externos que favoreçam o aumento da confiabilidade humana dentro dos processos, ou serviços prestados;
- Aplicação da ferramenta FMEA em todo processo produtivo do produto ALFA estudado neste trabalho.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Dimas Campos de. **Modelo conceitual para a aplicação de FMEA de processo na indústria automotiva**. 2016. 136 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Mecânica na área de Gestão e Otimização, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

AMARO, Ricardo. **A influência dos fatores humanos na utilização dos procedimentos operacionais em uma empresa petroquímica**. 2014. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

AMBROS, Paulo Cabrera. **Avaliação da metodologia Atheana para sua utilização na análise da confiabilidade humana em usinas nucleares**. 2005. 204 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

BAHRAMI, M.; BAZZAZ, D. H.; SAJJADI, S. M. **Innovation and Improvements In Project Implementation and Management; Using FMEA Technique**. Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 41, p. 418–425, 2012.

BASTOS, André Luís Almeida. **FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) Como ferramenta de prevenção da qualidade em produtos e processos - Uma avaliação da aplicação em um processo produtivo de usinagem de engrenagem**. XXVI ENEGEP / ABREPRO, 2006. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr470324_8144.pdf. Acesso em 18 de agosto de 2018.

BORGES, Fábio Morais. **Confiabilidade humana e o funcionamento normal de uma refinaria de petróleo**. 2012. 203 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal São Carlos, São Carlos, 2012.

DALOSTO, Diogo Nunes. **Análise da consistência do FMEA: Uma Abordagem quantitativa à uma ferramenta quantitativa**. 2015. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, 2015.

FONSECA, Marcus Nicholas Esquivel. **Análise dos modos de falha e efeitos (FMEA) para avaliação de um acidente em barragem de rejeitos: Um evento de mineração no Brasil**. 2018. 81 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Industrial) – Universidade Federal da Bahia, 2018.

FILHO, Celso Luiz Santiago Figueiroa; SOUZA, Marinilda Lima. **Confiabilidade humana: A importância da gestão visual nos procedimentos de manutenção**. XXXI ENEGEP / ABREPRO, 2011. Disponível em

http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_136_866_19155.pdf. Acesso em 18 de agosto de 2018.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HELMAN, H.; ANDERY, P.R.P. **Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO/TS 16949:2002 – Quality Management Systems – Particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations. Genebra, 2002.

LUNA, Bráulio F. **Seqüência básica na elaboração de protocolos de pesquisa**. *Arq. Bras. Cardiol.* São Paulo, v. 71, n. 6, p. 735-740, Dec. 1998.

MURARI, Mariana Lima Acioli. **Desenvolvimento de ferramentas de sistemas inteligentes na análise de confiabilidade humana em sistemas industriais**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal da Alagoas, 2012.

PAIVA, Rodrigo Anderson de. **Análise de confiabilidade de um moto-ventilador centrífugo: Aplicação no sistema de pressurização de subestação industrial para garantia da segurança operacional na indústria petroquímica**. 2015. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2015.

PALLEROSI, Carlos A., Confiabilidade Humana. Vol.10, Confiabilidade, a quarta dimensão da Qualidade, ReliaSoft Brasil, 2007.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: método e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2º ed. Novo Hamburgo/RS: Feevale. 2013. Disponível em <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso dia 20 de agosto de 2018.

PONTES, Vladimir Reis. **Aplicação da metodologia FMEA (Análise do Modo e Efeitos de Falha) no processo de montagem de aerogeradores**. Recife, 2013. 116 f. Dissertação (mestrado) - UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2013.

REMONTE, Renata Ferreira. **Proposta de um método de aprimoramento do processo de montagem utilizando a metodologia soda e ahp com rating**. 2011. 154 p. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP.

SANABRIA, Julián Alfonso. **Metodologia para análise de confiabilidade em robôs com aplicação em robô paralelo**. 2012. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

SILVA, Glauco Garcia Martins Pereira da. **Linhas de montagem e estratégias competitivas**. 2013. 309 f. Tese (Doutorado) (Pós- graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

SILVA, Josiane Roberta dos Santos. et al. **Análise da confiabilidade: Um estudo de caso**. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_211_252_28289.pdf. Acesso em 18 de agosto de 2018.

SOUZA, Itamar Antônio de. **Prevenção de Falhas em Projetos Nascentes – Uma Aplicação do FMEA**. Juiz d Fora, MG: 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Juiz de Fora, 2006.

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution**. 494 p. 2. ed. ASQC, Milwaukee: Quality Press, 2003.