



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**



FERNANDA NICOLY FREIRES DE CARVALHO

**ANÁLISE DA EFICÁCIA DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA FMEA
EM UM PROCESSO DE MANUFATURA DE RECEPTORES DE TV.**

MANAUS - AM

2021

FERNANDA NICOLY FREIRES DE CARVALHO

**ANÁLISE DA EFICÁCIA DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA FMEA
EM UM PROCESSO DE MANUFATURA DE RECEPTORES DE TV.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Distrito Industrial – IFAM/CMDI.

Orientador: Prof. Me. Juan Gabriel

MANAUS - AM

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e sabedoria com que me guiou até o momento. Agradeço também a toda minha família, por todo apoio prestado, desde o emocional ao financeiro, de modo a garantir minha educação. Agradeço ao meu orientador Prof. Me. Juan Gabriel, por ter aceitado este desafio e por toda a sabedoria e paciência que me transmitiu.

Agradeço todos os professores que se fizeram presente durante a minha vida acadêmica. Sem dúvidas, estas palavras não serão suficientes para agradecer a todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa da minha vida.

No entanto, desde já, quero pedir desculpas àquelas que não estão mencionadas entre essas palavras, mas quero deixar muito bem registrado que vocês fazem parte do meu pensamento e de minha eterna gratidão por toda essa jornada acadêmica.

“Todas as vitórias ocultam uma
abdicação.”
Simone de Beauvoir.

RESUMO

Nos dias atuais, com um mercado totalmente globalizado, a procura constante de vantagens competitivas é um fator crucial para o sucesso das empresas. Focar em melhoria contínua dos processos é considerado uma atividade rotineira e usual, uma vez que os resultados destas melhorias vão se traduzir em uma melhor qualidade dos produtos e aumento de produtividade. Neste contexto, a metodologia *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) é muito utilizada, devido ser uma ferramenta proativa, que permite a identificação e a prevenção de erros no processo. Logo, quanto mais eficaz o uso desta ferramenta, mais benefícios terá a empresa. Sabendo disso, este projeto visa analisar o processo de manufatura de receptores de TV utilizando o método FMEA, afim de mapear falhas e riscos inerentes ao mesmo, além de apresentar e implantar ações de melhoria para ganho de produtividade e qualidade dos produtos, deixando o processo estável.

Palavras-chave: FMEA. Melhoria contínua. Receptores.

ABSTRACT

Nowadays, with a totally globalized market, the constant search for competitive advantages is a determining factor for the company's success. The focus on continuous improvement process is considered a routine and usual activity, since the results of these improvements will translate into better product quality and increased productivity. In this context, the Failure Mode Effect Analysis (FMEA) methodology is widely used, as it is a proactive tool, which allows the identification and prevention of errors in the process. Therefore, the more effective the use of this tool, more benefits the company will have. This project aims to analyze the process of manufacturing TV receivers by the FMEA method, in order to map the flaws and inherent risks to it, in addition to presenting and implementing improvement actions to gain productivity and quality products, leaving the process stable.

Keywords: FMEA. Continuous Improvement. Receivers.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modo de falha e seu efeito.....	17
Figura 2 - Definição de um sistema de manufatura com suas entradas e saídas	25
Figura 3 - O sistema de manufatura e o chão de fábrica	26
Figura 4 - Exemplo de gargalo de um sistema	27
Figura 5 - GBO do Processo.	33
Figura 6 - Tipos de Defeitos	36
Figura 7 - Jig de Serialização	37
Figura 8 - Comparativo: antes x depois.....	38
Figura 9 - Nova base de acrílico.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de severidade.....	22
Tabela 2 - Tabela de ocorrência.....	23
Tabela 3 - Tabela de detecção.....	24
Tabela 4 - Fluxo do processo.....	32
Tabela 5 - FMEA processo receptores de TV.....	34
Tabela 6 - Índice de redução de defeito.....	46
Tabela 7 - Tabela de custos.....	47
Tabela 8 - Custos do Projeto.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>FMEA</i>	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
<i>NBR</i>	Norma Brasileira
μ global	Índice de Rendimento Global
<i>IROG</i>	Índice de Rendimento Operacional Global
<i>TEEP</i>	<i>Total Effective Equipment Productivity</i>
<i>OEE</i>	Overall Equipment Efficiency
<i>GBO</i>	Gráfico de Balanceamento de Operadores
<i>HDCP</i>	<i>High-bandwidth Digital Content Protection</i>
<i>NQA</i>	Nível de Qualidade Aceitável
<i>FTA</i>	Análise de Árvore de Falhas
<i>HAZOP</i>	Estudo do Perigo e da Operabilidade
<i>Jig</i>	Teste Funcional
<i>S</i>	Severidade
<i>O</i>	Ocorrência
<i>D</i>	Detecção
<i>T_p</i>	Tempo de Ciclo de um produto
<i>Q</i>	Quantidade Produzida de um produto
<i>T</i>	Tempo Total Disponível para Produção
<i>Tk</i>	Takt Time

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo Geral	14
1.2.2	Objetivo Específico	14
1.2	JUSTIFICATIVA	14
1.3	METODOLOGIA DA PESQUISA	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	FMEA	16
2.1.1.	TERMOS E DEFINIÇÕES	16
2.1.2.	TIPOS DE FMEA	17
2.2	IMPLEMENTAÇÃO DE FMEA	18
2.2.1	DEFINIR O SISTEMA	18
2.2.2	ESTABELECEER REGRAS BÁSICAS	19
2.2.3	DESCREVER O SISTEMA E SEUS BLOCOS	19
2.2.4	IDENTIFICAR OS MODOS DE FALHA E SEUS EFEITOS	20
2.2.5	AVALIAÇÃO DE CRITICIDADE	21
2.2.6	TÉCNICA DE RPN	21
2.3	SISTEMAS DE MANUFATURA E O CHÃO DE FÁBRICA	24
2.3.1	GARGALOS	27
2.3.2	IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS	29
3	MÉTODO E MATERIAIS UTILIZADOS	31
3.1	LEVANTAMENTO DE DADOS DO PROCESSO	31
3.2	ANÁLISE DOS DADOS E AÇÕES	37
3.2.1	DEFEITO DE SERIALIZAÇÃO – 1ª LINHA	37
3.2.2	DEFEITO DE GRAVAÇÃO – NÃO LIGA	43
3.2.2	DEFEITO FUNCIONAL – SEM VÍDEO HDMI	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
5	INVESTIMENTO	49
6	CONCLUSÃO	50
7	TRABALHOS FUTUROS	51
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1 INTRODUÇÃO

A competitividade entre as indústrias, hoje, está cada vez maior, e com a produção em larga escala e a pressão por resultados, as indústrias se veem obrigadas a desenvolver formas de diminuir os custos de produção e aumentar o rendimento de suas linhas de produção, mantendo a qualidade dos produtos. Uma ótima medida para diminuir estes custos com o processo, dá-se através de diminuição de defeitos e retrabalhos, que processos de eletroeletrônicos acabam gerando no dia a dia.

Trabalhar no campo da qualidade de processo, é umas das temáticas mais relevantes no âmbito da administração de processos moderna (BARBOSA; GAMBI; GEROLAMO, 2017). Ela é vista como requisito básico para a sobrevivência das empresas, atuando como uma estratégia que viabiliza a permanência da organização no mercado competitivo (PICANCIO, 2011).

O rendimento financeiro de uma empresa, é um fator que está diretamente relacionado a eficiência, qualidade e capacidade produtiva. A combinação de bons resultados, juntamente com a redução de perdas nos processos produtivos, proporciona um diferencial competitivo entre as organizações. Dentro do que tange desenvolvimento e maximização de resultados de um sistema organizacional, juntamente com o controle do processo produtivo para estabilização dos pontos críticos, vê-se necessário o estudo de fatores como a inovação, qualidade e, principalmente, o mapeamento de risco para detecção de melhorias.

Os princípios do gerenciamento da qualidade de processo são o comprometimento, direcionamento para o cliente, percepção sistêmica dos processos e foco na melhoria continua (CARPINETTI, 2016). Esses princípios podem ser percebidos na aplicação da ferramenta de gerenciamento da qualidade chamado de Análise do Modo e do Efeito de Falha (FMEA), em inglês *Failure Mode and Effect Analysis*, que tem por finalidade melhorar a confiabilidade no processo produtivo por meio da prevenção / correção de falhas (CARPINETTI, 2016).

No âmbito de elevada competição, o gerenciamento da qualidade pode operar como forma de alcançar vantagem competitiva para as empresas (CARPINETTI, 2016), pois visa o ajuste do processo produtivo para total satisfação do cliente (PALADINI, 2011). Apesar da aplicação do FMEA ter se difundido visando gerar satisfação para o cliente a partir da lógica do fabricante, também é possível

adaptar a ferramenta para aplicação direta ao cliente (KOOMSAP; CHAROENCHOKDILOK, 2018).

Apesar de sua utilização inicial ter partido do setor industrial ligado à produção e linha de montagem (STAMATIS, 2003), a FMEA de processo pode ser aplicada na avaliação de todo tipo de processo (LAURENTI; VILLARI; ROZENFEND, 2012) e em qualquer modalidade de organização.

Diante das questões apresentadas, este trabalho visa apresentar uma proposta de melhoria baseada em um estudo e mapeamento do processo de manufatura de receptores de TV, fundamentando-se no método FMEA para análise dos modos de falhas e riscos que as atividades e postos apresentam durante o processo.

1.1 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Reduzir índices de defeito na linha de manufatura de receptores de TV e estabilizar a qualidade de todo processo, utilizando os graus de riscos elevados dos modos de falhas identificados no FMEA.

1.2.2 Objetivo Específico

- Elaborar FMEA de um processo de receptores de TV;
- Dimensionar um circuito para novo teste funcional;
- Apresentar resultados comparativos da melhoria (antes x depois).

1.2 JUSTIFICATIVA

Apesar de haver uma ampla bibliografia disponível para consulta acerca do tema gerenciamento de riscos, nota-se grande complexidade na implementação dessa gestão em empresas e universidades. O tema “Análise da Eficácia de Aplicação da Metodologia FMEA em um Processo de Manufatura de Receptores de

TV” abordado neste trabalho foi escolhido por fazer parte do estudo e da aplicação desta ferramenta durante o tempo de trabalho na empresa em questão.

Em se tratando de gerenciamento de riscos existem diversos métodos que podem ser utilizados, tais como: Análise de Árvore de Falhas – FTA, Estudo do Perigo e da Operabilidade – HAZOP, Análise de Modos de Falha e Efeitos – FMEA e What-if.

Entretanto, considerando as características e peculiaridades de cada uma dessas técnicas, tem-se que a FMEA é aquela que melhor se ajusta ao estudo dos modos de falha da linha de embalagem de formulações sólidas por ser uma análise focada nos modos de falha dos equipamentos e seus efeitos no produto, identificado e avaliando sistematicamente a origem dessas falhas, suas consequências e propondo ações que poderão ser tomadas para a mitigação dos riscos levantados (PALADY, 2004).

1.3 METODOLOGIA DA PESQUISA

- Conceituar FMEA;
- Entender aplicabilidade do FMEA;
- Conceituar conceitos de Sistemas de Manufatura;
- Desenvolvimento de um novo Teste Funcional para reduzir falhas causadas por erro humano;
- Comparações dos dados (antes x depois).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FMEA

FMEA, uma sigla que significa *Failure Mode and Effect Analysis* – Análise de Modo e Efeito de Falhas, é uma importante e eficaz ferramenta de projetos em confiabilidade designada para analisar sistemas de engenharia.

A norma brasileira NBR 5462:1994 considera a sigla original FMEA e a traduz como Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos. Essa norma caracteriza a FMEA como um método qualitativo de análise de confiabilidade que envolve o estudo dos modos de falha e a identificação dos efeitos que estes podem ter sobre outros itens e sobre o desempenho da função do sistema.

Lafraia (2014), diz que FMEA é uma técnica indutiva, estruturada e lógica para identifica e / ou antecipar as causas e efeitos de cada modo de falha de um sistema.

De forma resumida, essa técnica pode ser descrita como uma que busca identificar todos os possíveis modos de falha e seus efeitos para que sejam analisadas e tomadas ações embasadas a fim de garantir o nível de confiabilidade do sistema.

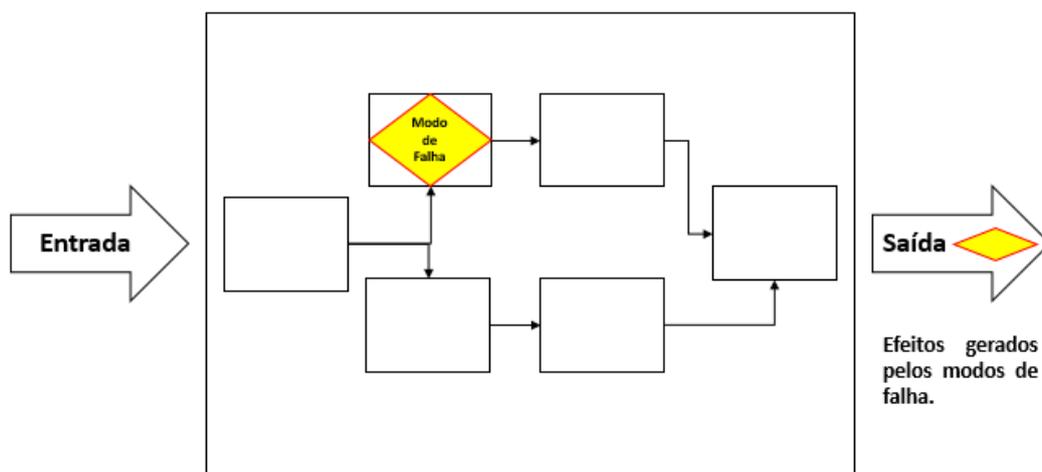
Antes de introduzir detalhes, é necessário entender alguns termos e definições que costumam compor a execução do FMEA.

2.1.1. TERMOS E DEFINIÇÕES

- Causa da Falha: são os fatores que acarretam a falha, as razões primárias para ocorrência de falhas, tais como defeitos de projeto, problemas de qualidade, defeitos físicos ou químicos, má utilização do objeto, etc.
- Modo de Falha: é a maneira pela qual a falha é percebida. Em outras palavras, modo de falha é a descrição da maneira pela qual um item pode deixar de executar a sua função.
- Efeito da Falha: trata-se da consequência ou o conjunto de consequências que o modo de falha tem sobre a função do item ou sistema.

Resumidamente, apenas das definições serem sucintas, muitas discussões podem surgir em torno das mesmas. Sabendo disto, é necessário ter em mente que o modo de falha é um desvio (problema) que ocorre em nível de componente e o seu efeito ocorre ao nível de sistema.

Figura 1 - Modo de falha e seu efeito



Fonte: Autoria Própria (2021)

2.1.2. TIPOS DE FMEA

- FMEA de Projeto: a intenção de implementar a FMEA de Projeto é auxiliar a identificação e impedir as falhas dos itens que estejam relacionadas a sua etapa de projeto. Este perfil de FMEA pode ser executado desde para o projeto de componentes isolados de um sistema até para o projeto do sistema como um todo e tem o objetivo de analisar e ratificar os parâmetros de um projeto antes que ele seja entregue ao cliente.
- FMEA de Sistema: Similar a FMEA de projeto, a FMEA de Sistema também é utilizada para analisar sistemas e subsistemas em sua fase inicial de projeto. O foco está nos modos de falha presentes entre as interfaces do sistema, integrando a interação entre os sistemas e os elementos do sistema.

- FMEA de Processo: A FMEA de processo identifica e previne falhas que estão relacionadas diretamente com processos de produção e confecção de um determinado item. Como benefícios da FMEA de processo, têm-se a identificação de potenciais modos de falha de processo em sistemas e subsistemas, identificação de pontos importantes do processo, detecção de possíveis encurtamentos no processo produtivo e documentação de possíveis mudanças e ajustes que ajudem a estabelecer o processo produtivo.

2.2 IMPLEMENTAÇÃO DE FMEA

Para a execução e implantação da ferramenta deve-se levar em conta alguns critérios. Planejamento e comprometimento da alta gerência é de fundamental importância, existem também alguns passos para a execução da ferramenta, para tanto, essa seção apresenta o modo sistemático para a execução e implantação do FMEA, além de suas vantagens.

Fernandes (2005) destaca que os passos para a execução do FMEA são:

1. Definir o sistema;
2. Estabelecer regras básicas;
3. Descrever o sistema e seus blocos funcionais;
4. Identificar os modos de falha e seus efeitos;
5. Elaborar lista de itens críticos;
6. Documentar a análise.

Sendo estes os seis passos básicos para a implementação da técnica da FMEA, eles serão descritos a seguir, nessa mesma seção.

2.2.1 DEFINIR O SISTEMA

Essa é a etapa inicial da implementação da FMEA e consiste em fazer uma definição precisa e realista do sistema que será objeto de estudo da FMEA. É normal que, para facilitar a definição do sistema, seja necessário dividi-lo em blocos,

grupos de funções e a interface entre eles. Desta forma, será possível observar como as falhas podem vir a acontecer quando as funções forem solicitadas.

2.2.2 ESTABELEECER REGRAS BÁSICAS

As regras básicas são estabelecidas de acordo com a condução que a FMEA está tendo. Geralmente, desenvolver as regras básicas é quase que um processo direto a partir do momento que a definição dada ao sistema e seus requisitos de operação estão razoavelmente completos. A fim de tornar claro que formas essas regras poderiam tomar, tem-se, aqui, alguns exemplos de regras aplicáveis em uma implementação de FMEA: limites operacionais, limites de estresse de equipamentos, limites de segurança, objetivos primários e secundários da operação e, principalmente e de enorme importância, uma precisa definição do que seria uma falha do sistema ou de item em análise. Nessa etapa determina-se os efeitos causados pelas falhas, e o impacto que cada uma causará ao cliente. Então a classificação é realizada de acordo com o grau de severidade das falhas, quanto mais próximo de 0 menor o impacto, e quanto mais próximo de 10 maior será a perturbação

2.2.3 DESCREVER O SISTEMA E SEUS BLOCOS

Para a descrição do sistema é necessário o desmembramento em duas partes: uma descrição funcional e um diagrama de blocos.

- Descrição Funcional: Deve ser preparada para cada subsistema e cada item, assim como para todo o sistema em estudo. Sua finalidade é, basicamente, fornecer uma narrativa descritiva do modo de operação. O nível de detalhamento requerido deve variar de acordo com a especificidade de aplicação do sistema ou item e sua complexidade inerente. A descrição funcional tem muita importância uma vez que é uma grande referência para os modos de falha.

- Diagrama de Blocos: Tem como propósito determinar as relações de falha e sucesso de operação entre os componentes do sistema. Desta forma, mostra, graficamente, o conjunto total de componentes que devem ser analisados, assim como as relações em série e de redundância entre os componentes. De forma complementar, o diagrama de blocos deve mostrar todos os inputs e outputs de cada elemento do sistema e do próprio sistema. Desenvolver um diagrama de blocos para aplicação da FMEA é especialmente útil em casos onde o sistema que está sendo alvo de estudo é composto por muitos processos, do contrário, o diagrama de blocos pode ser dispensado sem ônus a qualidade da FMEA.

2.2.4 IDENTIFICAR OS MODOS DE FALHA E SEUS EFEITOS

Modo de falha é a maneira pela qual a falha é percebida, em outras palavras, é a descrição da maneira pela qual um item pode deixar de executar a sua função, isto é, um estado de trabalho anormal para o sistema. Os componentes do sistema devem ser analisados, levando-se em consideração todos os seus modos de falha.

Identificar os modos de falha é descobrir as maneiras pelas quais um componente pode se apresentar com defeito. Uma forma didática de a equipe responsável pela FMEA identificar os modos de falha é através da pergunta: como o item pode deixar de desempenhar a sua função?

Identificar os efeitos dos modos de falha no sistema é fundamental na implementação da FMEA. Uma vez tendo os efeitos dos modos de falha identificados, é possível analisar de que forma estes efeitos podem impedir o sistema de desempenhar sua função e, assim, implementar formas de controle para que o sistema se mantenha desempenhando o seu papel requerido.

Nesta etapa, é necessário fazer o levantamento e documentação para cada item, de todos os modos de falhas consideráveis e seus respectivos efeitos no sistema.

Além de identificar os modos de falha, é fundamental priorizá-los através de seus efeitos durante a análise do sistema pela técnica da FMEA. Esta priorização se dá através de uma parametrização dos efeitos e da probabilidade de ocorrência, chamada de Avaliação de Criticidade.

A forma mais prática e eficaz de documentar os modos de falha para cada item é por meio de uma tabela que deve ser elaborada e utilizada como uma planilha que garanta uma cobertura sistemática e completa para cada modo de falha.

É imprescindível que nesta planilha hajam três colunas fundamentais: uma para a identificação do item; outra que possa ser utilizada para listar os modos de falhas correspondentes à função de cada item; e uma terceira coluna que liste os efeitos para cada modo de falha.

2.2.5 AVALIAÇÃO DE CRITICIDADE

O objetivo de uma avaliação de criticidade ao se aplicar técnica da FMEA é priorizar os modos de falha que foram elencados tomando como parâmetros seus efeitos e probabilidade de ocorrência.

Nestas condições, para fazer essa avaliação de criticidade da falha de um item, é aplicada o método chamado *Risk Priority Number* (RPN), traduzindo do inglês, Número de Prioridade de Risco. Este método é também conhecido como Técnica RPN.

2.2.6 TÉCNICA DE RPN

A Técnica RPN é utilizada para calcular o *Risk Priority Number* para cada falha de forma individual. Este cálculo é feito através de três fatores: Severidade, Probabilidade de Ocorrência e Probabilidade de Detecção.

Tratando de forma mais específica, o *Risk Priority Number* é calculado pela multiplicação do valor numérico que é atribuído a cada um dos três fatores (S, O e D). Isto é, matematicamente, o RPN é dado pela seguinte relação:

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

Os fatores S, O e D representam, respectivamente, Severidade, Probabilidade de Ocorrência e Probabilidade de Detecção, estes dois últimos, são, costumeiramente, chamados apenas de Ocorrência e Detecção

SEVERIDADE (S)

No fator Severidade é feita uma avaliação qualitativa da severidade dos efeitos correspondentes aos modos de falha listados, onde, para cada efeito de cada modo de falha listado, deve haver um grau de severidade correspondente.

A severidade é medida por uma escala com amplitude que varia de 1 a 10, em que o grau 1 representa um efeito pouco severo e o grau 10 indica efeito de alta severidade. A escala de severidade varia a passos unitários de acordo com os critérios expressos pela tabela proposta por Lafraia (2014).

Tabela 1 - Tabela de severidade

Severidade das Consequências	Ranking
Marginal: A falha não teria efeito real no sistema. O cliente provavelmente nem notaria a falha.	1
Baixa: A falha causa apenas pequenos transtornos ao cliente. O cliente notará provavelmente leves variações no desempenho do sistema.	2 3
Moderada: A falha ocasiona razoável insatisfação no cliente. O cliente ficará desconfortável e irritado com a falha. O cliente notará razoável deterioração no desempenho do sistema.	4 5 6
Alta: Alto grau de insatisfação do cliente. O sistema se torna inoperante. A falha não envolve riscos à segurança profissional ou descumprimento de requisitos legais	7 8
Muito Alta: A falha envolve riscos à operação segura do sistema e/ou descumprimento de requisitos legais.	9 10

Fonte: Lafraia (2014).

Como a escala utilizada para a FMEA utiliza avaliações qualitativas, o estudo, os valores atribuídos e as classificações dadas podem variar de acordo com a necessidade do segmento de aplicação, assim, tornando a implementação da FMEA muito versátil.

OCORRÊNCIA (O)

Ocorrência ou Probabilidade de Ocorrência (O) se refere à estimativa da probabilidade de ocorrência de uma causa de falha e, dela resultar no modo de falha listado.

Para se avaliar a ocorrência de falha também é utilizada uma escala qualitativa graduada de 1 até 10, variando a passos unitários em acordo com critérios bem definidos e consistente como os dados na tabela.

Tabela 2 - Tabela de ocorrência

Probabilidade de Falha	Ranking
Remota: A falha é improvável	1
Baixa: Relativamente poucas falhas	2
	3
Moderada: Falhas ocasionais	4
	5
	6
Alta: Falhas repetitivas	7
	8
Muito Alta: Falhas quase que inevitáveis	9
	10

Fonte: Lafraia (2014).

Atribuir esses graus para a ocorrência depende do momento em que se está executando a FMEA. Em casos de etapas pré-projeto a análise deve ser baseada em dados de componentes similares, dados do fabricante e informações presentes em literaturas técnicas; caso a FMEA esteja sendo executada num sistema que já operante, sendo apenas uma ocasião de revisão de projeto, a análise deve ser baseada no histórico de falhas, histórico de manutenção, conhecimento adquirido pela equipe etc.

DETECÇÃO (D)

Detecção ou Probabilidade de Detecção (D) é o fator que avalia a probabilidade de a falha ser detectada antes de ter efeito no sistema, este fator é atribuído ao se olhar para o conjunto 'modo de fala + efeito'.

O grau atribuído à Detecção (D), assim como os fatores S e O, segue uma escala qualitativa que varia de 1 a 10, onde o grau 1 indica uma situação onde o modo de falha será detectado e, o grau 10 indica uma situação onde o modo de falha não será detectado, seguindo os critérios dados na Tabela.

Tabela 3 - Tabela de detecção

Probabilidade de Detecção	Ranking
Muito Alta: A falha será certamente detectada durante o processo de projeto/fabricação/montagem/operacão	1 2
Alta: Boa chance de determinar a falha	3 4
Moderada: 50% de chance de determinar a falha	5 6
Baixa: Não é provável que a falha seja detectável	7 8
Muito Baixa: A falha é muito improvavelmente detectável	9
Absolutamente Indetectável: A falha não será detectável com certeza	10

Fonte: Lafraia (2014).

O RPN, calculado pela equação (1), é utilizado para priorizar melhorias de projeto e ações corretivas, isto é, falhas com RPN mais elevado devem ser priorizadas em detrimento das de menor RPN.

Como pode ser visto pela equação (1), o RPN cresce à medida que a severidade, a probabilidade de ocorrência e a probabilidade de não detecção do modo de falha crescem. Desta forma, desde que cada fator varie na faixa de 1 a 10, o RPN pode variar entre os valores 1 até 1000.

A evolução de crescimento do RPN mostra que este não obedece a um comportamento linear. Sendo assim, é importante notar que o valor médio do RPN, que corresponde a uma situação intermediária de cada um dos fatores S, O e D, é 125 e não 500, esse valor corresponde ao produto $S \times O \times D = 5 \times 5 \times 5 = 125$.

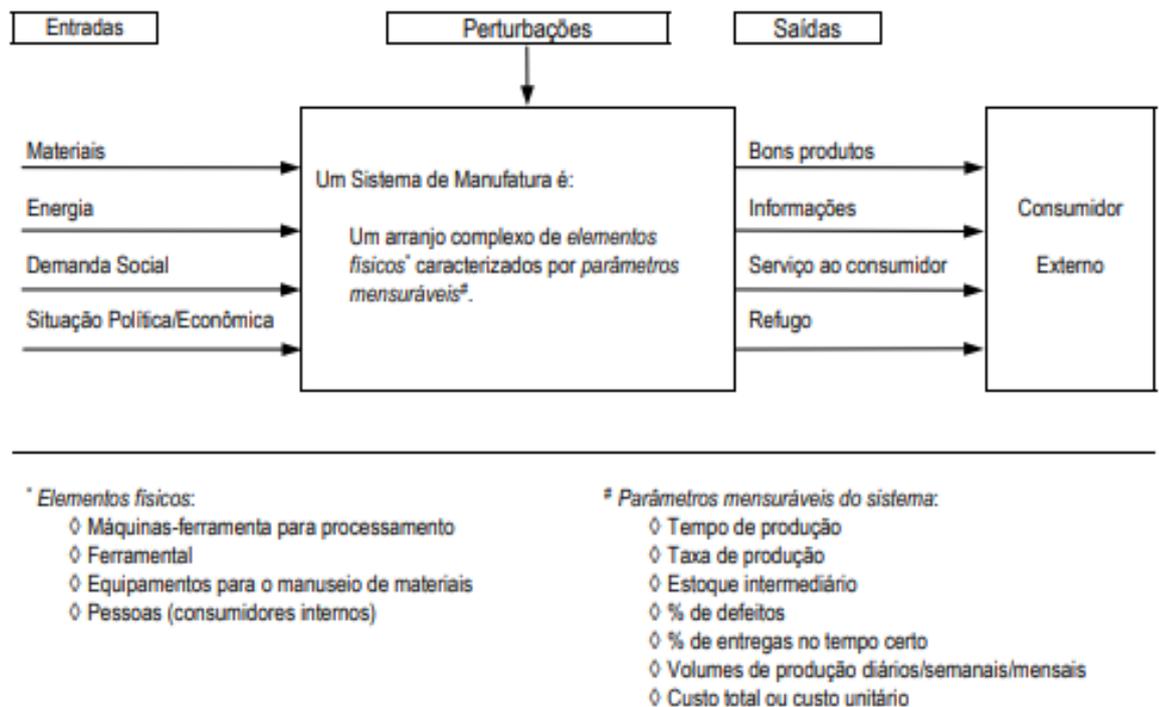
Esta particularidade do RPN faz com que modos de falha com RPN compreendido no intervalo de valores $125 < RPN \leq 1000$ já sejam considerados de alta criticidade e que necessitam de ações mais severas e prioritárias.

2.3 SISTEMAS DE MANUFATURA E O CHÃO DE FÁBRICA

A palavra sistema é usada para definir de forma abstrata um agrupamento relativamente complexo de elementos físicos caracterizados por parâmetros mensuráveis (Rubinstein, 1975), e tal definição é bem apropriada para sistemas de manufatura. Os elementos físicos importantes para todos os sistemas de manufatura são pessoas, processos e equipamentos de manuseio de materiais. Matéria-prima e produtos são entradas, materiais intermediários e saídas do sistema. Alguns dos parâmetros mensuráveis mais comuns para um sistema de manufatura são

mostrados na Figura 2. Um sistema de manufatura eficiente tem consumidores satisfeitos, tanto internos como externos. Conflitos entre estes dois grupos de consumidores devem ser resolvidos.

Figura 2 - Definição de um sistema de manufatura com suas entradas e saídas



Fonte: Carpinetti (2016).

Em termos gerais, um chão de fábrica recebe materiais, informações e energia num conjunto complexo de elementos (máquinas e pessoas). Os materiais são processados e aumentam o seu valor. As saídas do chão de fábrica podem ser tanto bens de consumo como entradas para algum outro processo.

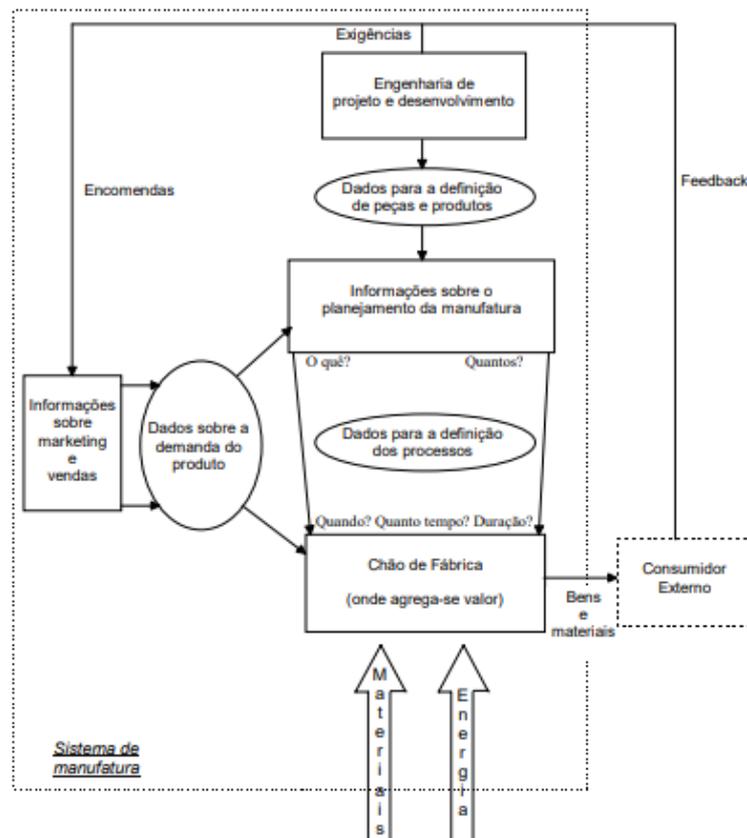
O sistema de manufatura contém e serve o chão de fábrica. As funções de controle de materiais são críticas para o desempenho do chão de fábrica. Um sistema de células interligadas permite para a integração das funções de controle no sistema. Estas funções são:

- Controle de Qualidade (nenhum defeito no material);
- Controle da Produção (quando, onde e quanto);
- Controle de Estoque (quantidade de estoque intermediário);

- Confiabilidade da máquina-ferramenta (manter o material fluindo).

A Figura 3 dá uma ideia geral do sistema de manufatura. É notório que muitas entradas não podem ser completamente controladas (pela gerência) e o efeito das perturbações devem ser contrabalançadas pela manipulação das entradas controláveis ou do próprio sistema. O controle da disponibilidade de material, ou a previsão de flutuações na demanda pode ser difícil. A situação econômica do país pode causar mudanças no ambiente de negócios que podem alterar seriamente quaisquer dessas entradas. Em outras palavras, nem todas as entradas do chão de fábrica são totalmente controláveis. Existem diferentes estruturas e arranjo físico num chão de fábrica.

Figura 3 - O sistema de manufatura e o chão de fábrica



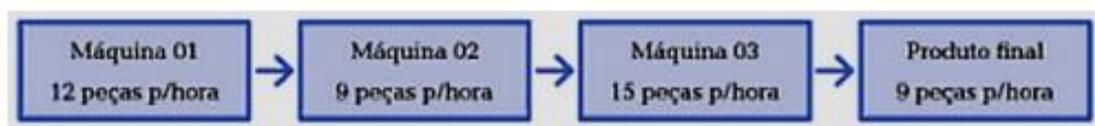
Fonte: Carpinetti (2016).

2.3.1 GARGALOS

Muitas empresas concentram seus esforços em busca dos equipamentos de última geração e se frustram por não se atentarem para os seus gargalos no sistema ou como também são conhecidas, as restrições. A capacidade do sistema será atribuída pela máquina que apresenta a menor competência, esta máquina será o gargalo de todo o sistema, determinando o ritmo pelo qual toda fabrica irá trabalhar no sistema de produção intermitente. (PARANHOS FILHO, 2007).

De acordo com Goldratt (2006), uma forma de analisar um sistema produtivo é observá-lo através da analogia da corrente, que traz o seguinte questionamento: qual a resistência da corrente? A resposta correta é que sua resistência será idêntica à do elo mais fraco da mesma. Em consenso a este conceito existem alguns passos a serem seguidos para absorver a maior produtividade possível. (GOLDRATT, 2006).

Figura 4 - Exemplo de gargalo de um sistema



Fonte: Goldratt (2006).

Conforme demonstrada na Figura 4 não importa se as outras máquinas da linha produtiva têm maior capacidade, se uma máquina no processo produzir menos todo o sistema estará sujeito à máquina menos produtiva.

Referente aos gargalos, Goldratt (2006) postula que não há lugar para incertezas. Existem alguns passos a serem tomados para posicionar-se corretamente em relação às restrições do sistema buscando a melhor alternativa em busca de melhores ganhos, considerando que o objetivo de toda empresa é o lucro. (GOLDRATT, 2006).

O primeiro passo é identificar o gargalo. Entender o que causa retrocesso ou desperdício. O segundo passo será como explorar a restrição contida no sistema, assim vamos ao terceiro passo de submeter tudo à determinação obtida no segundo passo. O quarto deverá ser elevar a capacidade da restrição, seja distribuindo a demanda ou adquirindo equipamentos. Realizados os passos se o gargalo foi

superado é necessário repeti-los para maximizar a produtividade do sistema (GOLDRATT, 2006).

IROG – Índice de Rendimento Operacional Global

Este índice indica a eficiência do equipamento durante o tempo de operação disponível. Seu cálculo pode ser efetuado por meio da Equação (2):

$$\mu_{\text{global}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{pi} \times q_i}{T} \quad (2)$$

μ_{global} = índice de rendimento operacional global;

t_{pi} = tempo de ciclo de um produto i ;

q_i = quantidade produzida do produto i ;

T = tempo total disponível para produção.

Ele leva em consideração fatores como produção dos equipamentos, sua disponibilidade e tempo de ciclo da operação. Dados como quantidade de refugos, acompanhamento de paradas do equipamento (manutenções e setups), bem como outras análises mais aprofundadas também podem ser realizadas por meio do cálculo do IROG, se necessário.

De acordo com Antunes (2008), o IROG não deve ser calculado da mesma forma para todos os postos de trabalho, uma vez que o tempo disponível T , a ser considerado na fórmula, depende do posto de trabalho ser ou não um recurso restritivo no fluxo de produção.

O cálculo do IROG é feito considerando:

a. Verifica-se se o posto de trabalho é um recurso crítico gargalo: Neste caso, o indicador IROG é denominado de TEEP-Produtividade Efetiva Total do Equipamento (Total Effective Equipment Productivity). O tempo T considerado na Equação é o tempo total – no caso dos recursos críticos gargalo, 24 horas/ dia ou 1.440 minutos/dia. Isto se explica pelo fato de que, sendo o posto de trabalho um gargalo, todo o tempo disponível deve ser utilizado na produção. Este índice indica o

tempo que pode ser ganho para produzir e corresponde à produtividade real do sistema produtivo no gargalo.

b. Verifica-se se o posto de trabalho é um recurso crítico não gargalo: Neste caso, o indicador IROG é denominado de OEE-Índice de Eficiência Global (Overall Equipment Efficiency). O tempo T considerado na equação é o tempo disponível, obtido pela diferença entre o tempo total e o tempo das paradas programadas. Por não se tratar de um posto de trabalho gargalo, é possível programar certas paradas como pausas para almoço, ginástica laboral, etc., uma vez que a não paralisação deste equipamento geraria estoques intermediários antes do gargalo (ANTUNES, 2008).

2.3.2 IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS

Uma perda pode ser definida como qualquer atividade que não agrega valor (SLACK et al., 2008). Dentro dessa filosofia, pode-se compreender perda não só como o desperdício ou quebra como é comumente conhecida nas indústrias, mas como atividades que não participam ativamente da construção do produto. Dentre essas atividades, podem-se encontrar inspeções, movimentações, paradas em geral, etc. Para uma empresa ser eficiente, é necessário buscar a minimização destas perdas.

Segue a classificação de várias perdas encontradas no processo:

1. Perdas por fluxo irregular: Quando o fluxo não ocorre de maneira contínua devido a barreiras existentes (tempos de espera, transporte, ineficiências do processo, estoque, perdas por movimentações).

2. Perdas por suprimento inexato: Decorrem do mau planejamento da quantidade e do momento de consumo dos insumos. As barreiras são superprodução ou subprodução, entrega antecipada ou atrasada e, novamente, estoques.

3. Perdas por resposta inflexível: São consequentes da falta de flexibilidade do processo. Algumas sintonias de flexibilidade inadequadas são: lotes grandes, atrasos entre as atividades, variações no mix de atividades maiores do que as variações na demanda do cliente.

4. Perdas por variabilidade: Variações no processo que afetam o nível de qualidade do produto. Podem ser incluídos nesse contexto a confiabilidade deficiente do equipamento e os produtos ou serviços defeituosos (SLACK et al., 2008).

3 MÉTODO E MATERIAIS UTILIZADOS

A empresa na qual o projeto será aplicado, é uma empresa brasileira com mais de 31 anos de experiência no mercado de eletroeletrônicos e telecomunicações. Diferenciou o mercado de receptores via satélite apresentando soluções inovadoras em recepção de sinal de TV em todo o Brasil, com melhor desempenho e funções exclusivas, garantindo melhor alcance, qualidade e estabilidade de sinal, facilidades na instalação, simplicidade na operação e alta durabilidade.

O estudo por trás deste projeto iniciou-se com o levantamento dos dados relevantes, a primeira etapa do estudo, para a análise que se realizará através da metodologia proposta. Após o levantamento destes dados, foram comparados os mesmos com o FMEA da linha realizado antes do try out piloto para tratativa dos modos de falhas que pudessem surgir durante a manufatura.

Com estes dados da metodologia, a equipe do projeto pode realizar a análise, estruturar, desenvolver e apresentar propostas para redução ou eliminação das causas e a estabilização do processo, principalmente em decorrência do índice de defeitos apresentados na manufatura. Após a implantação das melhorias, realizar outro FMEA para comparação entre as novas e antigas operações.

3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS DO PROCESSO

A princípio, conforme a Tabela 04, foi levantado o fluxo do processo para ilustração de todas as atividades que compõem o mesmo.

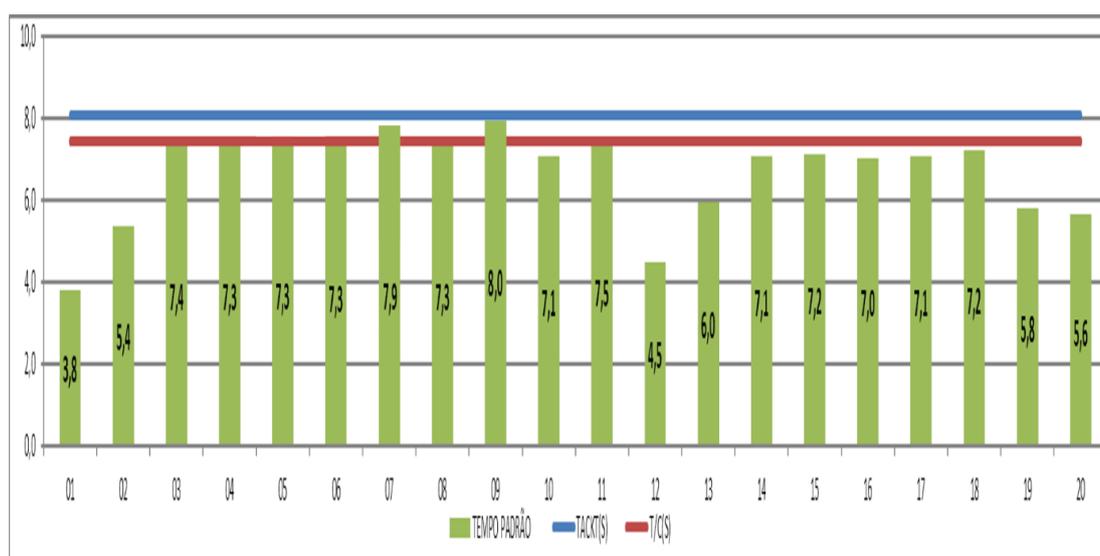
Tabela 4 - Fluxo do processo.

Fluxograma	Item	Nome
	1	Estoque de Placas
	2	Pré-Forma
	3	Inserção Manual
	5	Soldagem Automática (Onda)
	6	Revisão de Solda
	7	Gravação
	8	FCT
	9	Serialização+LOAD-UP
	10	Preparo do Gabinete Inferior
	11	Máquina de parafusar 3.0
	12	Fixação da Porca + Arruela
	13	OTA
	14	Impressão da Etiqueta e Leitura Smart Card
	15	Gabinete Superior + Teclas
	16	Pés de borracha
	17	Teste Cliente
	18	Embalagem saco plástico + Etiqueta lacre
	19	Montagem da Caixa Individual + Produto
	20	Acessórios - CR + Fonte + pilha
	20	Acessórios - Preparação do Manual + Cabo HDMI
	21	Embalagem Final
	22	Estoque

Fonte: Autoria própria (2021).

Além do fluxo do processo, também foi necessário realizar o levantamento do tempo de ciclo de cada posto de trabalho, atentando-se ao fluxo do processo para comparar a separação das atividades. Conforme a Figura 5 abaixo, pode-se observar o tempo de cada operação de trabalho referente ao processo de receptores de Tv.

Figura 5 - GBO do Processo.



Fonte: Autoria própria (2021).

O tempo de ciclo trata-se da quantidade de tempo que uma equipe gasta trabalhando na produção de um item, até o produto estar pronto para ser entregue, ou seja, é o tempo necessário para concluir uma tarefa.

O tempo de ciclo é também uma parte importante do cálculo da OEE (*Equipment Overall Efficiency*, ou Eficiência Geral do Equipamento). A fórmula para calcular o tempo de ciclo é a seguinte:

$$\text{Tempo de Ciclo } (Tp) = \frac{\text{Tempo líquido de Produção } (T)}{\text{Número de Unidades Produzidas}} \quad (3)$$

Já o *Takt Time*, é o tempo em que se deve produzir determinado produto, baseado nas demandas dos clientes e o fluxo de vendas. Ele é muito importante para evitar atrasos na linha produtiva e controle de estoque, gerando o equilíbrio na produção e velocidade constante. Por exemplo, se a indústria recebe um pedido de

um novo produto a cada 4 horas, o tempo estimado para terminar a fabricação também é de 4 horas para, assim, poder suprir a demanda.

$$Takt\ Time\ (Tk) = \frac{Tempo\ líquido\ de\ Produção\ (T)}{Demanda} \quad (4)$$

GBO, por sua vez, trata-se de um Gráfico de Balanceamento de Operadores, onde é possível visualizar como os operadores estão divididos dentro de sua célula de produção. O objetivo de balancear a carga dos operadores é evitar que se acumule estoques após operações mais rápidas, maximizando a ocupação do operador e da peça. Esse balanceamento garante o fluxo contínuo de peças e nos permite produzir apenas se a próxima estação precisa do material, evitando os postos de gargalo.

A equação 3 apresentada acima foi utilizada para preencher os dados do gráfico da Figura 5.

No âmbito industrial, a metodologia FMEA é aplicada no período de implantação de um projeto, quando as atividades e operações ainda não estão sendo executadas. Tal método é aplicado como forma de antecipação e prevenção das falhas. O estudo por trás deste projeto se baseia em índices e modos de falhas reais, em ambiente industrial com utilização e aplicação real das ferramentas e fluxos de atividades citadas neste trabalho.

Tabela 5 - FMEA processo receptores de TV.

Etapa / Função	Falha	Efeito	Gravid.	Causa	Ocorr.	Controles	Detec.	Risco	Ação	Responsável
Gravação	Placa não liga quando conectada a fonte.	Acúmulo de defeitos no processo e queima do processador da placa.	7	Dispositivo USB Corrompido	8	Check diário de estado e funcionalidade dos pen drives do posto de gravação	6	336	Realizar troca constante dos pen drives do posto de gravação.	Técnico de Engenharia.

Serialização - Load up	Placa com gravação de código Mac diferente da etiqueta da mesma.	Queima do processador da placa.	9	Falha operacional	8	Supervisionar atividades dos operadores	5	360	Treinar operador para operação como posto de risco.	Engenharia.
Teste Funcional	Placa sem vídeo, a pesar de estar ligada.	Acúmulo de placas defeituosas no processo	5	Defeito no componente	4	Realizar check funcional, amostral, nos componentes alimentados no processo.	8	160	Realizar inspeção de recebimento junto à qualidade.	Qualidade.

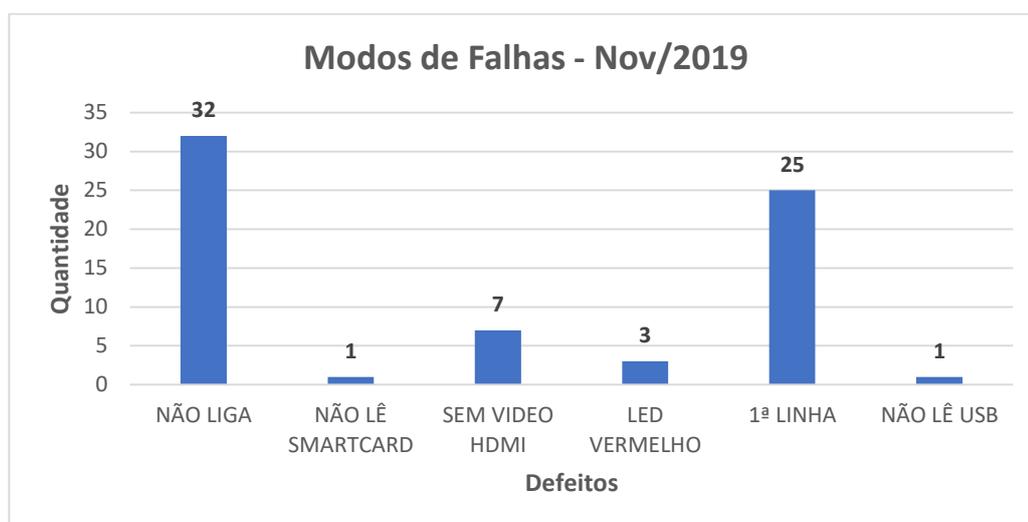
Fonte: Autoria própria (2021).

Para a elaboração desta FMEA, apresentado na Tabela 5, contou-se com a participação da Coordenadora de Manufatura (Ana Bindá), Coordenador da Qualidade (Paulo Caresto), Líder da linha (Núbia Leite), Analistas de Engenharia de Processo (Antonio Souza e Sandro Matos), Analista de Engenharia de Teste (Fernanda Carvalho), além do Gerente de Manufatura, Qualidade e Engenharia (Eduardo Maia).

Através desta avaliação, pode-se confirmar o grau de risco dos modos de falhas apresentados no FMEA da linha, com os dados apresentados na Figura 6. Dentre os modos de falhas apresentados neste levantamento de dados apresentados na Figura 6, os três maiores índices convergem com o FMEA apresentado na Tabela 5, sendo eles:

- Defeito “Não liga” – 32 casos;
- Defeito “1ª linha” – 25 casos;
- Defeito “Sem Vídeo HDMI” – 7 casos

Figura 6 - Tipos de Defeitos



Fonte: Autoria própria (2021).

Conforme ilustrado na Tabela 5, citada anteriormente, o estudo foi capaz de mostrar quais etapas/postos foram os responsáveis por apresentar os defeitos ilustrados na Figura 6 do levantamento de dados.

Os postos que apresentaram defeitos foram: o posto de gravação do sistema operacional da placa; o posto de serialização e Load Up do Mac e HDCP da placa; e o posto de teste funcional, onde são realizados os testes das principais funções e conexões da placa.

Outros dados importantes apresentados com o método, foram o grau de risco decorrente de cada modo de falha e os efeitos que os mesmos podem ocasionar no processo. Apesar do defeito “1ª Linha” estar listado em segundo lugar no gráfico apresentado na Figura 6, o mesmo se mostrou com um grau de risco maior que o defeito “placa não liga”, também apresentado no mesmo gráfico supracitado.

Os efeitos que podem ser ocasionados com as falhas analisadas possuem uma peculiaridade e coincidência nos dois primeiros defeitos: a queima do processador da placa. Este mesmo processador possui um controle bem rígido por parte da empresa objeto do estudo, portanto, cada unidade de processador possui um valor altamente elevado para os custos da empresa. Sendo assim, as propostas aqui desenvolvidas e apresentadas, terão seu foco maior, principalmente, no defeito de “1ª linha”.

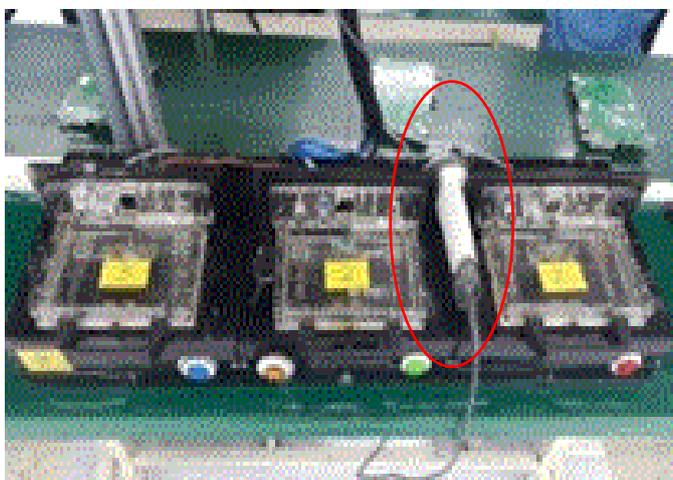
3.2 ANÁLISE DOS DADOS E AÇÕES

3.2.1 DEFEITO DE SERIALIZAÇÃO – 1ª LINHA

A melhoria deste posto de trabalho ficou inteiramente sob minha responsabilidade, por se tratar de um posto de teste. Essa etapa foi considerada a mais crítica de todo processo, tanto por questões de defeitos apresentados durante a linha piloto, mas também do tempo que a atividade levava para ser executada. Com um tempo de ciclo de 7,9 segundos, conforme a Figura 5, o mesmo apresenta-se na condição de “gargalo” no fluxo de processos pois está com o tempo muito próximo ao limite superior, o tempo Takt do processo.

Este defeito de “1ª linha” trata-se de um defeito de serialização, que ocorria quando o operador ligava a placa antes de finalizar o teste, resultando na perda do processador e duas memórias Flash.

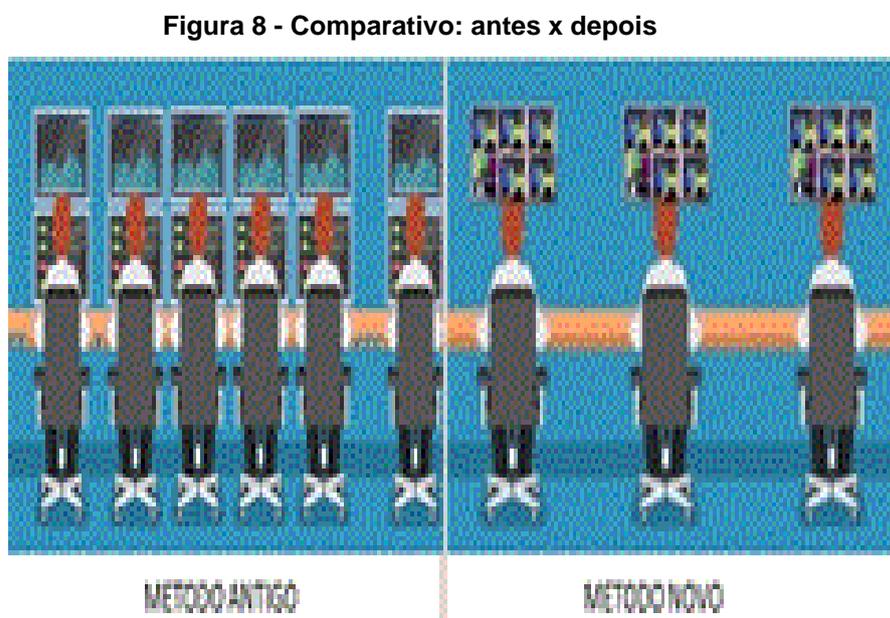
Figura 7 - Jig de Serialização



Fonte: Autoria própria (2021).

Como pode ser visto na Figura 7, há um leitor de etiqueta onde o operador realiza a leitura e “casa” a informação do código de barras da placa com o Mac e HDCP fornecidos pelo servidor do sistema operacional da placa. Tal atividade manual compromete toda a operação da atividade, uma vez que o operador, devido ao tempo de ciclo muito alto (7,9s), pode ler a etiqueta de uma placa e casar as informações desta no processador de outra.

Então sugeriu-se desenvolver um novo dispositivo de teste (Jig), onde o operador não passaria mais a ter acesso ao leitor de etiqueta e o mesmo ficaria fixo junto ao “case” de cada placa. Sendo como na Figura 8:



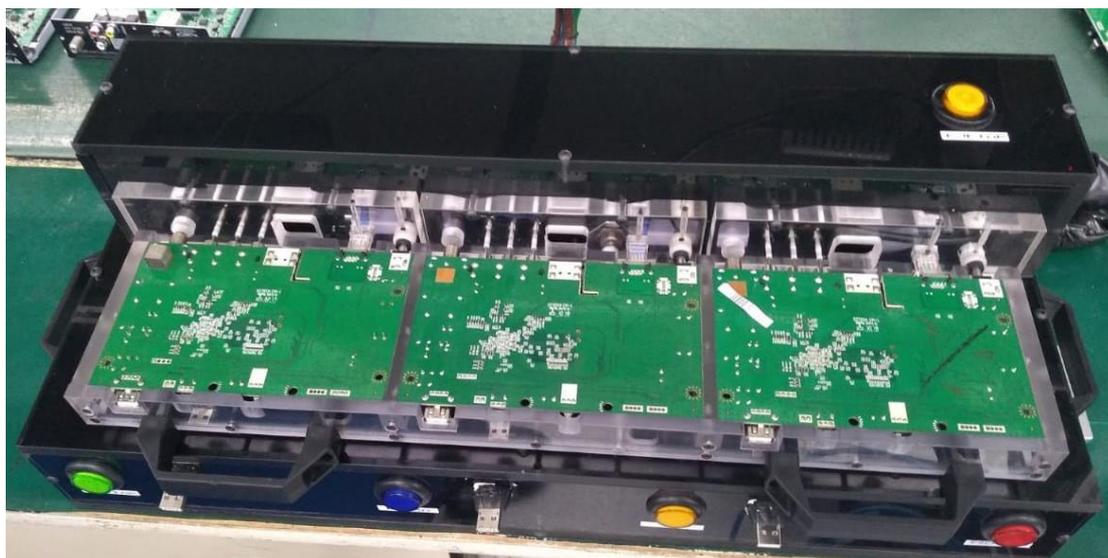
Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 8 mostra a redução de mão de obra necessária para atingir a meta diária deste produto. Com o Jig não automático (antes), eram necessários 6 operadores, com a melhoria que me propus a fazer no Jig de teste, passaria a ser necessário apenas 3 operadores.

Já que neste novo processo, o operador faria a serialização de 3 placas ao mesmo tempo, diferentemente do método atual onde o mesmo realiza a serialização de uma placa por vez. Com isso, além da autonomia dada ao leitor de etiqueta, que será automático, o processo terá um ganho de 50% de tempo com o qual o operador realiza a atividade de serialização.

Para a elaboração desta melhoria, se fez necessário elaborar uma nova base de acrílico, que tivesse posição mecânica para inserir 3 placas de uma vez, as mesmas tiveram o custo total de R\$4000,00 para a empresa.

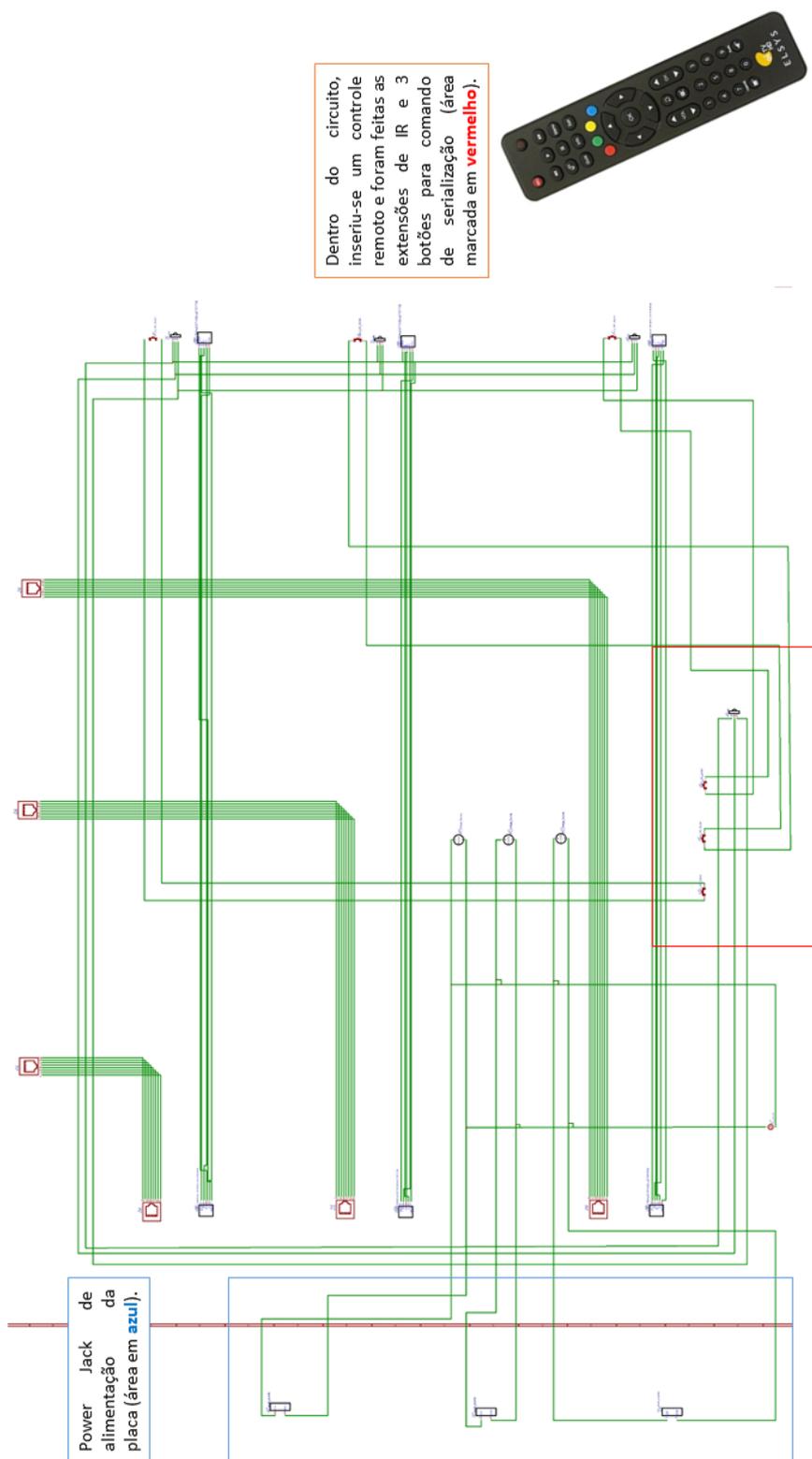
Figura 9 - Nova base de acrílico



Fonte: Autoria própria (2021).

Além disto, também foi necessário elaborar um esquema elétrico que onde fosse possível enviar o comando para as três placas ao mesmo tempo. O esquema elétrico foi feito no programa gratuito EasyEDA.

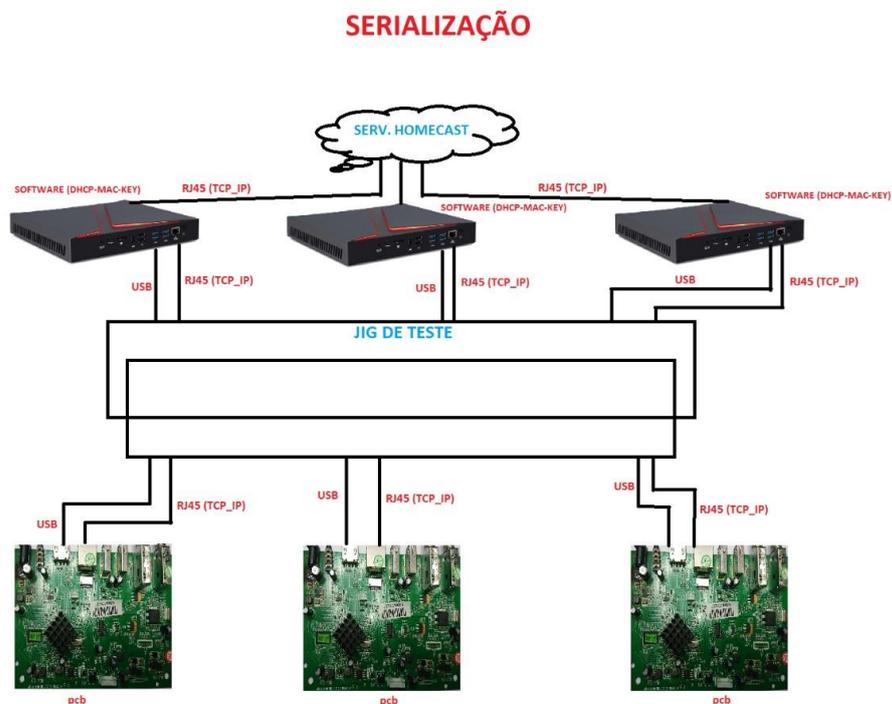
Figura 10 - Esquema Elétrico



Fonte: Autoria própria (2021).

De maneira resumida, o teste passará a ter este comportamento:

Figura 11 - Fluxo de Teste



Fonte: Autoria própria (2021).

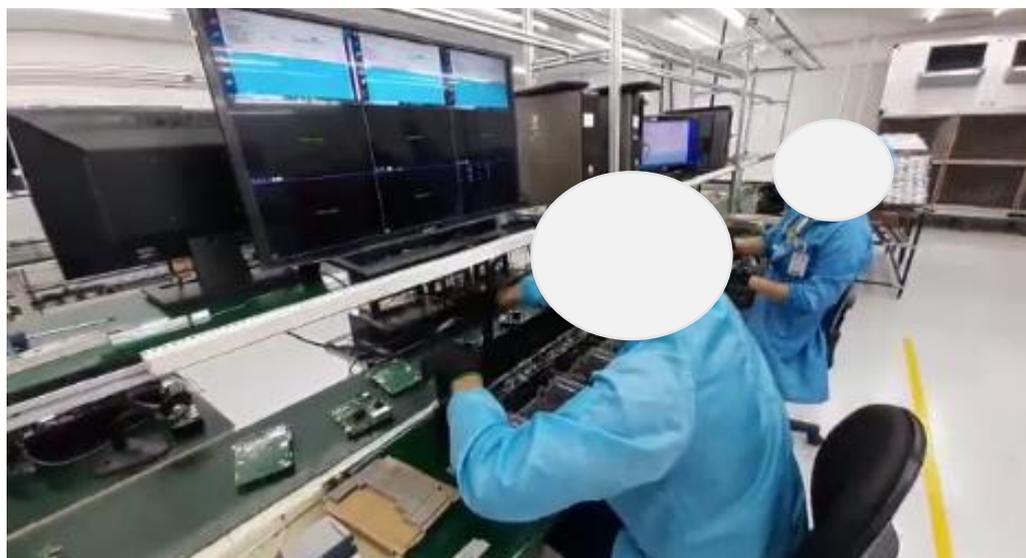
Após a implantação do teste, foi possível, inclusive, agregar outra atividade ao operador: inserir pé de borracha.

Figura 12 - Adicional de atividade ao posto



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 13 - Serialização Finalizada



Fonte: Autoria própria (2021).

3.2.2 DEFEITO DE GRAVAÇÃO – NÃO LIGA

Esta atividade do processo também é um posto de teste e, conseqüentemente, ficou sob minha responsabilidade. Trata-se de uma atividade relativamente simples, onde o operador só precisa descarregar o arquivo de um pen drive e fazer o upload na placa. No entanto, esta também é uma atividade “gargalo” do processo e, portanto, deve ser cuidadosamente trabalhada.

Os defeitos ocasionados por este posto de trabalho são ocasionados pelo desgaste ocorrido nos pen drives, onde os softwares estão armazenados, devido ao grande fluxo decorrido pelo tempo de realização da atividade.

A proposta para solucionar este problema, conforme descrita na Tabela 5, aplicação do método FMEA, é a realização de um check diário do técnico de engenharia de teste, com frequência de 2x por dia, do estado físico e funcional dos pen drives.

Para facilitar o check diário do técnico, optou-se por utilizar pen drives da marca “Sandisk” que possuem um led azul. Caso o pen drive esta conforme, uma luz azul acenderá, caso contrário, permanecerá desligada.

Figura 14 - Pen drive conforme



Figura 15 - Pen drive não conforme



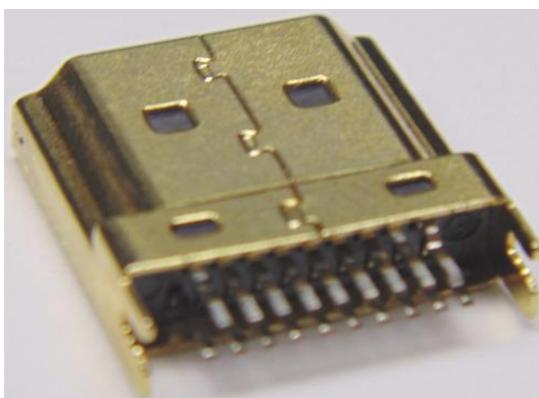
Fonte: Aatoria própria (2021).

Além disso, é solicitada também a troca de todas as fontes usadas no JIG de gravação a cada 30 dias, devido ao desgaste. Este prazo foi estipulado após algumas análises, primeiramente fez-se a troca de todas as fontes do Jig de gravação em um dia e percebeu-se que entre 35 – 40 dias as mesmas paravam de funcionar. Tal ponto foi adicionado no *check list* de manutenção preventiva.

3.2.2 DEFEITO FUNCIONAL – SEM VÍDEO HDMI

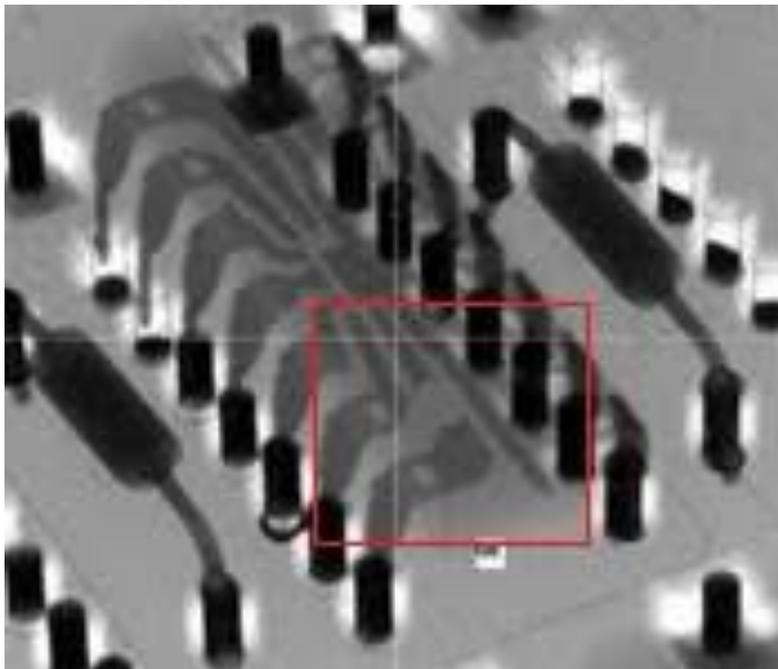
Este é um defeito relativamente simples, que poderia ter sido facilmente evitado. No entanto, será necessário um acompanhamento do líder do processo juntamente com a equipe de qualidade para o controle amostral e diário dos componentes HDMI que são alimentados no processo.

Figura 16 - Conector HDMI



A taxa amostral deverá seguir a tabela N.Q.A 0.15, na condição SEVERA. Tal inspeção deverá ser feita utilizando o equipamento de Raio-X presente na empresa.

Figura 17 - Conector HDMI com trilha rompida

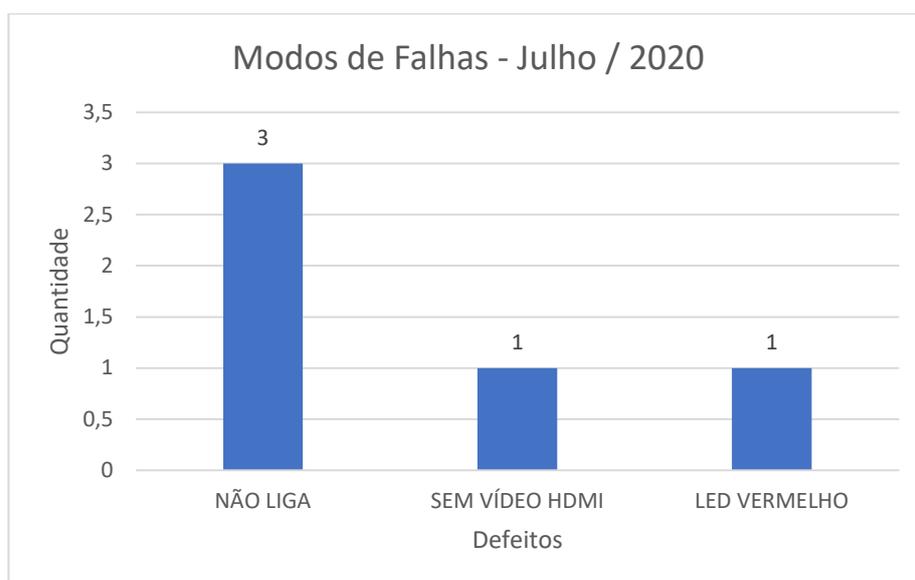


Fonte: Autoria própria (2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para validação deste projeto, avaliou-se a produção de 5.000 produtos, equivalente a uma produção diária. E obteve-se os seguintes resultados:

Figura 18 - Tipos de defeitos



Fonte: Autoria própria (2021).

Foi possível perceber que os índices reduziram consideravelmente:

Tabela 6 - Índice de redução de defeito

	Antes (Quantidade)	Depois (Quantidade)	Índice de redução (%)
Não Liga	32	3	90,25
Não Lê Smartcard	1	0	-
Sem Vídeo HDMI	7	1	85,71
LED Vermelho	3	1	-
1ª Linha	25	0	100
Não Lê USB	1	0	-

Fonte: Autoria própria (2021).

Além da melhoria da redução de defeitos durante o processo, também houve redução com mão de obra, conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Tabela de custos

	Antes		Depois	
	Pessoas (Quantidade)	Valor Mensal Total (R\$)	Pessoas (Quantidade)	Valor Mensal Total (R\$)
Inserção Manual	3	10.500,00	3	10.500,00
Revisão de Solda	2	7.000,00	2	7.000,00
Gravação	1	3.500,00	1	3.500,00
FCT	3	10.500,00	3	10.500,00
Serialização	6	21.000,00	3	10.500,00
Preparação Gabinete	1	3.500,00	1	3.500,00
Máquina Parafusadeira	1	3.500,00	1	3.500,00
Porca e Arruela	1	3.500,00	1	3.500,00
OTA	1	3.500,00	1	3.500,00
Impressão de etiqueta	1	3.500,00	1	3.500,00
Gabinete Superior	1	3.500,00	1	3.500,00
Pés de Borracha	1	3.500,00	0	0,00
Teste Cliente	2	7.000,00	2	7.000,00
Emb. Saco	1	3.500,00	1	3.500,00
Montagem Caixa	1	3.500,00	1	3.500,00
Acessórios	1	3.500,00	1	3.500,00
Acessórios Preparação	1	3.500,00	1	3.500,00
Embalagem Final	1	3.500,00	1	3.500,00
	Total: R\$101.500,00		Total: R\$87.500,00	

Fonte: Autoria própria (2021).

Vale ressaltar que, para os parâmetros da empresa, cada operador tinha o custo mensal de R\$3500, incluindo: salário, alimentação, rota, plano de saúde e odontológico.

5 INVESTIMENTO

Para a realização do projeto, foram utilizados os seguintes materiais:

Tabela 8 - Custos do Projeto

Cronograma de custos do projeto			
Posto	Material	Mão de Obra	Valor (R\$)
Serialização	Estrutura Mecânica Jig	-	4.000,00
	Leitores 2D	-	6.000,00
	Computadores	-	2.000,00
	-	Mão de Obra – Analista de Engenharia de Teste	3.500,00
Gravação	Fontes de alimentação	-	400,00
	Pen drives 3.0	-	600,00
	-	Mão de Obra – Técnico de Engenharia de Teste	1.800,00
Inspeção HDMI	-	Mão de Obra – Técnico de Qualidade	1.800,00
Total			20.200,00

Fonte: Autoria própria (2021).

Devido ao posto de serialização, que possui atividade com maior índice de risco, os custos com o projeto serão focados neste posto, visto que o mesmo necessita de um investimento maior no quesito de equipamentos e dispositivos.

6 CONCLUSÃO

O aumento da competitividade dentro do cenário mercadológico faz as empresas buscarem cada vez mais atender a requisitos que visam a satisfação do cliente, como qualidade, por exemplo.

Para isso, buscam utilizar ferramentas para auxiliá-las, dentre as opções uma que vem sendo muito utilizada é o FMEA, que objetiva corrigir as falhas existentes antes que cheguem aos usuários, e prevenir as que possam vir a ocorrer. Com isso, o FMEA vem sendo aplicado com grande frequência nos mais diferentes segmentos de organização, e tornou-se até requisito para algumas normas de qualidade

Através deste trabalho, pode-se observar também a importância do planejamento antes da aplicação desta ferramenta, mostrando que alguns pontos são cruciais, como a escolha da equipe e como a mesma conduz o processo de implantação, comunicando-se de maneira que todos se entendam e saibam exatamente o seu papel dentro dela.

Os resultados obtidos deixam explícitos que os objetivos do trabalho foram cumpridos. Como contribuição, este trabalho mostra uma aplicação de FMEA em uma linha de produção de receptores de TV, podendo ser usado como base para qualquer outro tipo de estudo de processo.

Este trabalho também gerou uma publicação na revista *Brazilian Journal of Development*, em 2020, com o título “*Analysis of the Effectiveness of Application of the FMEA Methodology in a Manufacturing Process for TV Receivers*”.

7 TRABALHOS FUTUROS

Para o aperfeiçoamento deste projeto, uma das possíveis melhorias seria o investimento de compra para um sistema de visão programado para fazer a inspeção automática dos conectores HDMI, ao invés do uso do Raio X. Desta forma, a atividade deixaria de depender do trabalho humano, que é mais suscetível a erros.

Além disto, poderia ser criado um banco de dado com foto de todos os conectores HDMI não conformes, facilitando para o time de qualidade tratar com o fornecedor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Bruno Fernandes Oliveira de. **Método da elaboração da folha de processos em sistemas de manufatura**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Juiz de Fora, 2009. 42 f.: il. Disponível em: http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2009_1_Bruno-Fernandes.pdf. Acesso em: 15 abril de 2021.

ANTUNES, J. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BARBOSA; F.M.; GAMBI, L.N.; GEROLAMO, M. C. **Liderança e gestão da qualidade – um estudo correlacional entre estilos de liderança e princípios da gestão da qualidade**. Revista Gestão & Produção, v. 24, n. 3, p. 438-449, 2017.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

FERNANDES, J. M. R. **Proposição de abordagem integrada de métodos da qualidade baseada no fmea**. 2005. 118p. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/.../18/.../DissertSouzaRuyVictorBdeCorrig.pdf. Acesso em 10 abril de 2021.

GOLDRATT, E. M. **A Meta na Prática**. São Paulo: Nobel, 2006.

GOLDRATT, E. M. **A meta: um processo de aprimoramento contínuo**. São Paulo: Educator, 1997.

HELMAN, H. & ANDERY, P.R.P. (1995) **Análise de falhas (Aplicação dos métodos de FMEA e FTA)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni – Escola de Engenharia da UFMG. 174 p.

KOOMSAP, P.; CHAROENCHOKDILOK, T. **Improving risk assessment for customer-oriented FMEA**. Total Quality Management & Business Excellence, v. 29, n. 13-14, p. 1563-1579, 2018.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro, BR: Qualitymark Editora: Petrobrás, 2014.

LAFRAIA, J. R. B., **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**, Qualitymark Editora Ltda, 2001.

LAURENTI, R. **Problemas e melhorias do método FMEA: uma revisão sistemática da literatura**. Revista P&D em Engenharia de Produção, v. 10, n. 1, p. 59-70, 2012a.

LAURENTI, R.; ROZENFELD, H.; FRANIECK, E. K. **Avaliação da Aplicação dos Métodos FMEA e DRBFM no Processo de Desenvolvimento de Produtos em uma Empresa de Autopeças**. Revista Gestão e Produção, v. 19, n. 4, p. 841-855, 2012.

MCDERMOTT, R; MIKULAK, R; BEAUREGARD, M. **The basics of FMEA**. 2. ed. New York: Productivity Press, 2009.

MIRSHAWKA, V., **Manutenção Preditiva - Caminho para Zero Defeitos**, São Paulo, McGraw-Hill, 1991.

NEMESIO SOUSA, J., **Manutenção de Instalações e Equipamentos Elétricos**, Material didático da disciplina de Manutenção de Instalações e Equipamentos Elétricos. Rio de Janeiro: UFRJ, 2017.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

PARANHOS FILHO, M. **Gestão da Produção Industrial**. Curitiba: Ibplex, 2007.

PICANCIO, A. C. S. **Gestão da qualidade aplicada à melhoria do processo de produção de carvão vegetal**. 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

RUBINSTEIN, M., **“Patterns of Problem Solving”**, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, EUA, 1975.

SAKURADA, E. Y., **As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Arvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtor**, Florianópolis, Brasil, 124p, 2001.

SLACK, N. CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON R.; BETTS, A. **Gerenciamento de Operações e de Processos: Princípios e prática de impacto estratégico**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

STAMATIS, D. H. **Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution**. USA: ASQ Quality Press, 2003.

