



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS  
CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL  
CURSO DE TECNOLOGIA EM ELETRÔNICA INDUSTRIAL**

**MARIA GILVANE SANTOS BAIMA**

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE COMO SUPORTE PARA MELHORIA  
DE PROCESSO DE MODEM DE FIBRA ÓPTICA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA  
EMPRESA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

**MANAUS/AM  
2023**

**MARIA GILVANE SANTOS BAIMA**

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE COMO SUPORTE PARA  
MELHORIA DE PROCESSO DE MODEM DE FIBRA ÓPTICA: UM ESTUDO DE CASO  
EM UMA EMPRESA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

Monografia apresentada à banca examinadora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica Industrial.

Orientador: Prof. Esp. Fabian Bezerra de Oliveira

**MANAUS/AM  
2023**

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B152a Baima, Maria Gilvane Santos.  
Aplicação das ferramentas da Qualidade como suporte para melhoria de processo de modem de fibra óptica: um estudo de caso em uma empresa do Polo Industrial de Manaus / Maria Gilvane Santos Baima. — Manaus, 2023.  
47f.: il. color.

Monografia (Graduação) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Distrito Industrial, Curso de Tecnologia em Eletrônica Industrial, 2023.  
Orientador: Prof.<sup>o</sup> Fabian Bezerra de Oliveira, Esp.

1. Ferramentas da Qualidade. 2. Falhas de soldagem. 3. Ações de melhorias. I. Oliveira, Fabian Bezerra de Oliveira. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621.381

Elaborada por Oziane Romualdo de Souza (CRB11/ nº 734)

MARIA GILVANE SANTOS BAIMA

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE COMO SUPORTE PARA  
MELHORIA DE PROCESSO DE MODEM DE FIBRA ÓPTICA: UM ESTUDO DE CASO  
EM UMA EMPRESA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

Monografia apresentada à banca examinadora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica Industrial.

Aprovada em 05 de abril de 2023

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Especialista Fabian Bezerra de Oliveira  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)



Prof.<sup>a</sup> Especialista Katia Cristina De Menezes Santos  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)



Prof. Mestre José Geraldo de Pontes e Souza  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

MANAUS-AM  
2023

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, a Deus, em primeiro lugar, por me permitir força, saúde, persistência em concluir este trabalho.

Ao Instituto Federal do Amazonas, pela oportunidade que me proporcionou a possibilidade de ser o que hoje sou, em especial, ao meu orientador, que colaborou para a construção deste trabalho.

À empresa onde foi realizado o referido trabalho.

Aos meus colegas de classe que estiveram comigo sempre encorajando, ajudando nos tempos difíceis e rindo nos momentos alegres.

À minha família: minha mãe Silvana Santos Silva e meu pai Adelson José Valente Baima e por sempre me apoiarem e terem me mostrado que a luta é árdua e a perseverança nos dará excelentes resultados.

À minha irmã Sirlei Adriani dos Santos Baima Elisiário, que foi a maior incentivadora de eu estar vivendo este momento, me apoiando de forma incondicional e de todas as maneiras possíveis e por me pressionar quando foi necessário.

Ao meu esposo Isaltino Mascarenhas Junior por entender cada sacrifício e esforço durante esses anos.

À minha amada filha Tamyres Baima da Silva, que é tudo para mim, minha melhor versão na vida.

Enfim, agradeço a todos aqueles que contribuíram de uma forma ou de outra na realização da minha graduação.

**RESUMO:**

Com os avanços tecnológicos no mercado mundial e da competitividade entre as organizações empresariais, houve a necessidade de inserir o uso das Ferramentas de Qualidade nas organizações. Tais ferramentas foram desenvolvidas para auxiliar o profissional a compreender os problemas que ocorrem em seu dia a dia para, assim, encontrar a causa raiz e propor soluções adequadas para eles. Nesse sentido, esta pesquisa teve como objetivo analisar as causas das principais falhas de soldagem no processo SMT e propor ações de melhoria na montagem de placas de circuito impresso para modem de fibra óptica, em uma indústria eletrônica de Manaus, por meio da ferramenta organizacional 5W2H. Para isso, realizou-se um estudo de caso, por meio de uma pesquisa de campo, em uma empresa do Polo Industrial de Manaus. E, para a priorização dos defeitos no processo SMT da produção de Modem de Fibra Óptica, foi utilizada a ferramenta Folha de Verificação e o Diagrama de Pareto. Dentre os resultados, falha insuficiência de solda no componente T300/T301 contribuiu com 87,7% no nível de qualidade do produto. Para solucionar os defeitos, aplicou-se o ajuste na coordenada de montagem dos componentes, confecção de um novo stencil com Over print e Step Up e aumento na tolerância de montagem de leitura do terminal do componente. Dessa forma, a adoção das ferramentas de qualidade com o auxílio na análise e soluções de defeitos facilitaram no monitoramento do processo, bem como, na redução dos defeitos dos produtos, além de minimizar o retrabalho, ampliando, assim, a garantia da qualidade do produto e do processo.

**Palavras-chave:** Ferramentas da Qualidade. Falhas de Soldagem. Ações de Melhorias.

**ABSTRACT:**

With the advances in the world market and competitiveness among business organizations, there was a need to insert the use of Quality Tools in organizations. Such tools were developed to help professionals understand the problems that occur in their daily lives, in order to find the root cause and propose appropriate solutions for them. In this sense, this research aims to analyze the causes of the main welding failures in the SMT process and propose improvement actions in the assembly of printed circuit boards for fiber optic modems, in an electronics industry in Manaus, through the organizational tool 5W2H. For this, a case study was carried out, through field research, in a company in the Industrial field of Manaus. And, for the prioritization of defects in the SMT process of Fiber Optic Modem production, the Verification Sheet and the Pareto Diagram were used. Among the results, it was identified that the largest number of defects is the failure of insufficient soldering in the T300/T301 component, totaling 81.2% of the defects found. To solve the defects, it was applied: the implementation of adjustment in the assembly coordinate of the components, creation of a new stencil with "overprint" and "step up" and increase in the assembly tolerance with variation of reading of the component terminal. In this way, the adoption of quality tools with the aid in the analysis and solutions of defects facilitated the monitoring of the process, as well as the reduction of product defects, in addition to minimizing rework, thus expanding the guarantee of product quality. and of the process.

**Keywords:** Quality tools. Welding failures. Improvement actions.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Folha de Verificação.....	18
<b>Figura 2:</b> Diagrama de Pareto .....	20
<b>Figura 3:</b> 5W2H.....	21
<b>Figura 4:</b> Diagrama espinha de peixe ou diagrama Ishikawa.....	23
<b>Figura 5:</b> Legenda para criação do fluxograma .....	26
<b>Figura 6:</b> Organograma da Empresa .....	29
<b>Figura 7:</b> Mapeamento do Fluxo de Processo .....	32
<b>Figura 8:</b> Inspeção Visual.....	33
<b>Figura 9:</b> Componentes soldados - após a Refusão.....	33
<b>Figura 10:</b> Falha x Posição Mecânica.....	37
<b>Figura 11:</b> Insuficiência de Solda.....	38
<b>Figura 12:</b> Configuração da Pegada do Componente.....	39
<b>Figura 13:</b> Leitura no terminal do Componente.....	40
<b>Figura 14:</b> Configuração de leitura do terminal .....	40
<b>Figura 15:</b> Novo Stencil .....	42
<b>Figura 16:</b> Aplicação da pasta de solda no Pad dos Componentes .....	42
<b>Figura 17:</b> Componente Montado com Pasta de Solda .....	43
<b>Figura 18:</b> Componente após a Soldagem no forno de refusão .....	44
<b>Figura 19:</b> Monitoramento do Processo após Melhorias.....	45



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Monitoramento de Processo .....	34
<b>Tabela 2:</b> Registro de Defeito .....	35
<b>Tabela 3:</b> Falha de Soldabilidade T300/T301 por Turno .....	36

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Plano de Ação: Aplicação da Ferramenta 5W2H .....	41
--	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1 Processo SMT</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2 Conceitos sobre a Qualidade</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3 Ferramentas da Qualidade</b> .....	<b>18</b>
2.3.1 Folha de Verificação .....	18
2.3.2 Diagrama de Pareto .....	18
2.3.3 Ferramenta 5W2H.....	20
2.3.4 Diagrama de Causa e Efeito.....	22
2.3.5 Técnica Brainstorming .....	23
2.3.6 Diagrama de Dispersão .....	24
2.3.7 Fluxograma .....	25
2.3.8 Histograma .....	26
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1 Materiais</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2 Métodos</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3 O Contexto do Caso</b> .....	<b>29</b>
<b>4 DISCUSSÃO E RESULTADOS</b> .....	<b>30</b>
<b>4.1 Mapeamento do fluxo do processo produtivo</b> .....	<b>30</b>
<b>4.2 Processo de Inspeção Visual</b> .....	<b>33</b>
<b>4.3 Aplicação do Diagrama de Pareto</b> .....	<b>36</b>
<b>4.4 Descrição do Problema</b> .....	<b>37</b>
<b>4.5 Proposta de Melhoria</b> .....	<b>38</b>
<b>4.6 Aplicação da ferramenta 5W2H</b> .....	<b>41</b>
<b>4.7 Retornos obtidos com a melhoria</b> .....	<b>44</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos, houve grandes avanços tecnológicos trazendo junto uma série de vantagens para a vida do ser humano. Dentre as vantagens relevantes, a substituição de trabalhos manuais pela grande diversidade dos equipamentos eletrônicos está sendo sem dúvida mais eficiente e prático. Outra vantagem são os componentes para fabricação dos produtos estão cada vez menores e, portanto, ocupam menos espaço, resultando em produtos menores, e isso se deve à denominada "Tecnologia de Montagem Superfície - SMT".

Inúmeras mudanças têm acontecido desde então no que se refere à comunicação e a tecnologia presente atualmente. Tanto é assim, que é possível conectar duas pessoas que se encontram em continentes diferentes, através da comunicação.

Por sua vez, Paladini (1995), salienta que os clientes estão cada vez mais exigentes e a qualidade dos produtos e serviços deve ser a altura do exigido. Segundo Cardoso e Batista (2017), as organizações estão inseridas em um ambiente cada vez mais dinâmico. As pressões exercidas pelo meio ambiente em que a organização está inserida, estão relacionadas ao uso de recursos naturais, concorrência, mudança da condição social e política, bem como inovação tecnológica.

A pessoa ao adquirir qualquer produto ou serviço, logo, verifica a qualidade. Por isso qualquer falha no processo, produto ou serviço pode resultar em uma baixa nos indicadores de qualidade ou em defeitos que impactam diretamente na credibilidade do produto e da empresa.

A partir desse contexto, surge a seguinte questão: quais as falhas de soldagem no processo SMT na montagem de placas de circuito impresso para modem de fibra ótica em uma indústria eletrônica de Manaus? Para responder a esse questionamento de pesquisa o objetivo geral do presente trabalho foi analisar as causas das principais falhas de soldagem no processo SMT e propor ações de melhoria na montagem de placas de circuito impresso para modem de fibra ótica, em uma indústria eletrônica de Manaus, por meio da ferramenta organizacional 5W2H. Para a coleta de dados e priorização dos defeitos utilizou-se a ferramenta Folha de Verificação e Diagrama de Pareto.

Para o discente, por se tratar de um tema relevante, o trabalho representa um conhecimento mais aprimorado dos anos da faculdade. Ao mesmo tempo, estar em contato com a vivência dos processos de montagem no dia a dia é uma oportunidade de compreender o papel fundamental do conhecimento para propor as melhorias pertinentes aos processos em que o acadêmico faz parte.

A pesquisa realizada pode trazer grande contribuição para a indústria eletrônica com o aumento de sua produtividade e qualidade dos produtos produzidos, com isso sua competitividade no mercado industrial.

Dessa forma, com a atualidade tecnológica do mundo atual, onde as empresas procuram uma qualidade e velocidade da comunicação. Assim como a navegação na internet, daí a justificativa em realizar o presente trabalho.

Para tal, este estudo possui os seguintes objetivos específicos: (i) Abordar os conceitos relacionados ao processo, placas de circuito e modem; rede de fibra ótica e o SMT; (ii) demonstrar como acontece o processo SMT na montagem das placas de circuito; e (iii) propor alternativas no processo de montagem de circuito que acontece na empresa, para diminuir a ocorrência de defeitos de soldagem.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

No sentido de analisar as causas das principais falhas de soldagem no processo SMT, nesta seção abordamos os pressupostos teóricos sobre o processo SMT, bem como, as etapas contidas na produção industrial.

De maneira geral, a qualidade, de forma contextualizada, engloba a utilização das ferramentas da qualidade no sentido aplicar melhorias contínuas a um processo, visando aumentar o nível de qualidade do produto dentro da área fabril para que os objetivos sejam alcançados pela organização.

Assim, esta seção apresenta uma revisão da Literatura, subdividindo-se em (i) Processo SMT, na qual busca-se compreender o fluxo dos processos de fabricação; (ii) Conceitos sobre a Qualidade, cujo foco é abordar os conceitos de qualidade e (iii) As Ferramentas de qualidade, com o intuito de apresentar as ferramentas que aferem qualidade a um determinado processo.

### **2.1 Processo SMT**

Segundo Rao e Rb (2019), destaca que a fabricação de PCB completo envolve dois processos, ou seja, fabricação de PCB nua e fabricação de PCB montada. Os processos de fabricação de ambos são únicos e seguem etapas próprias.

E, a montagem de componentes eletrônicos no PCB desencapado desempenha um papel importante e é específico da aplicação. Cada etapa do processo de montagem possui suas etapas únicas e são definidas com base nas especificações de projeto do produto (RAO, DB, 2019).

Desse modo para Chau e Tien (2019), a Tecnologia de Montagem em Superfície (SMT) é uma área de montagem eletrônica usada para montar componentes eletrônicos na superfície da placa de circuito impresso (PCB) em oposição à inserção de componentes através de furos como na montagem convencional.

Além disso, segundo Rao e Db (2019), essa tecnologia tem ajudado na redução do tamanho do PCB, MTBF etc. Assim, para obter a colocação adequada e eficiente dos componentes SMT no bloco do PCB, envolve vários processos que exigem máquinas avançadas e de ponta.

De acordo com Mark e Ab-Samat (2020), a SMT produz dispositivos de montagem em superfície (SMDs) que são amplamente utilizados na indústria atual, na linha SMT, cinco máquinas diferentes são conectadas por transportadores, pois o processo de SMT é um processo contínuo.

Dito isso, o fluxo do processo principal do SMT é explicado resumidamente: o baking é um processo de remoção de qualquer conteúdo de umidade presente na PCB nua e é obrigatório para produtos de classe 3 (RAO, DB, 2019).

Segundo Rao e Db (2019), a serigrafia é um processo no qual a pasta de solda é aplicada em almofadas de PCB nua através do stencil. Em seguida, a pasta aplicada é inspecionada para garantir que esteja presente apenas nas almofadas.

Não só isso, mas a *pick and place* é um processo muito importante e crucial em SMT, onde os componentes SMT são escolhidos e colocados em locais específicos definidos nas placas de PCB por máquinas robóticas automatizadas (RAO, DB, 2019).

De acordo com Rao e Db (2019), *reflow* é o próximo processo envolvido no SMT, nesta fase a pasta de solda será derretida para prender firmemente os componentes colocados no PCB.

Isto é, máquina de várias estações Múltiplas unidades dentro da máquina foram possíveis, pois existem diferentes zonas de temperatura no forno de refluxo, outra PCB pode entrar antes que a próxima unidade saia. Isso se deve ao fato de o forno de refluxo conter várias zonas, que podem ser controladas individualmente para temperatura (MARK, AB-SAMAT, 2020).

Portanto, segundo Mark e Ab-Samat (2020), quando o primeiro PCB atingir as segundas zonas do forno de refluxo, o próximo PCB poderá entrar nas primeiras zonas. De acordo com Rao e Db, "Inspeção Óptica Automatizada (AOI) são ferramentas de

inspeção que estão envolvidas na detecção de vários erros encontrados no processo anterior” (RAO, DB, 2019).

Tais ferramentas são usadas para detectar os defeitos, como componentes perdidos, deslocamento de componente, valor errado, montagem invertida, componente ausente, polaridade errada e quebras nos circuitos (RAO, DB, 2019).

A saber, a primeira configuração da máquina no processo de fabricação é a impressora de pasta de solda que é projetada para aplicar pasta de solda usando um stencil e rodos para as almofadas apropriadas no PCB de impressão de pasta de solda (CHAU, TIEN, 2019).

Desse modo, segundo Chau e Tien (2019), após a colagem, a placa é transportada para a máquina *pick-and-place* por uma esteira transportadora. Mas também, de acordo com Mark e Ab-Samat (2020), o transportador é usado como um tipo de enfileiramento contínuo que pode transferir o PCB continuamente. Assim, o componente é retirado da embalagem usando um bocal de vácuo, verificado pelo sistema de visão e colocado no local programado (CHAU, TIEN, 2019).

De acordo com Chau e Tien (2019), “após o processo de colocação de componentes, é importante garantir que não ocorram falhas; além disso, todas as peças foram colocadas corretamente antes da soldagem por refluxo”.

Além disso, para Chau e Tien (2019), um dos desafios para os fabricantes é a verificação da primeira montagem com as informações do cliente ou a inspeção da primeira placa que é demorada, esta é uma etapa muito importante no processo.

De acordo com Chau e Tien (2019), quaisquer erros não detectados podem levar a grandes volumes de retrabalho, uma vez que todos os posicionamentos dos componentes tenham sido verificados, o conjunto da placa de circuito impresso é movido para a máquina de solda por refluxo.

Mas também, onde todas as conexões de solda elétrica são formadas entre os componentes e a placa de circuito impresso, aquecendo o conjunto a uma temperatura suficiente (CHAU, TIEN, 2019).



Desse modo, Chau e Tien (2019), afirmam que parece ser uma parte menos complicada dos processos de montagem; no entanto, o perfil de refluxo correto é fundamental para garantir juntas de solda aceitáveis sem danificar as peças ou a montagem devido ao calor excessivo.

Dito isso, uma montagem cuidadosamente perfilada desempenha um papel vital no uso de solda sem chumbo, uma vez que a temperatura de refluxo necessária precisa de componentes que possam atingir a temperatura nominal máxima (CHAU, TIEN, 2019).

Com isso, segundo Chau e Tien (2019), “as placas são inspecionadas visualmente quanto a componentes ausentes ou desalinhados e pontes de solda. Em caso de falha, eles são enviados para uma estação de retrabalho para reparo”.

Portanto, existem alguns pontos principais a serem considerados como: 1) a capacidade atual do processo não é suficiente para atender os requisitos do cliente; 2) a taxa de produtos semi-acabados entre as estações de trabalho é alta; 3) desperdícios ocorridos na linha; 4) os recursos são inadequados (CHAU, TIEN, 2019).

## **2.2 Conceitos sobre a Qualidade**

Com o intuito de discutir a qualidade em um processo, faz-se necessário, primeiramente, compreender historicamente surgimento desse termo que, segundo Andrade (2018), surgiu em meados dos séculos XVIII e XIX, quando na época, os artesãos relacionam a qualidade do produto pelo atendimento da necessidade do cliente.

Desse modo, Seleme e Stadler (2012) sinalizam que a palavra qualidade vem do latim *qualitate* e está relacionada à interação das organizações e mercado. Satisfazer às necessidades dos clientes é o objetivo máximo das empresas, sendo assim, é preciso que sejam produzidos bens e serviços que tragam satisfação.

O conceito de qualidade de forma diferente pela visão de vários autores. Segundo Deming (1900 *apud* AVELINO, 2005), a qualidade estava relacionada no controle e melhoria de processos, sendo realizado o uso de ferramentas estatísticas. Por sua vez, Ishikawa (1915 *apud* AVELINO, 2005) definiu como qualidade a capacidade de atender

as necessidades dos clientes. Na visão de Taguchi (1924 *apud* AVELINO, 2005), a qualidade era relacionada à mínima perda dos produtos.

A qualidade não é apenas mais uma opção das instituições, pois a concorrência utiliza metodologias e ferramentas com objetivos de extrair delas todo o potencial de melhoria e aceitação dos produtos. São ferramentas simples e muito eficazes que auxiliam o gestor na solução de problemas e ainda permitem o crescimento do ser humano em direção à melhoria da qualidade de vida, pois podem também ser utilizadas na esfera pessoal (SELEME, STADLER, 2012).

De acordo com Seleme e Stadler (2012), a importância das ferramentas para a qualidade está em sua efetiva utilização no desenvolvimento das metodologias utilizadas para a identificação e a eliminação das falhas de processo.

As ferramentas e programas que trazem qualidade são de grande importância para que seja alcançada a qualidade máxima possível e a maior eficiência e eficácia (BAMFORD, GREATBANKS, 2005; ALSALEH, 2007).

Segundo Fujimoto (2017), as ferramentas da qualidade vêm ganhando cada vez mais espaço e importância nas organizações, pois, são determinantes para mantê-las com resultados, no mínimo, competitivos. Para aumentar suas margens de lucro, as empresas buscam - entre outros fatores - reduzir e eliminar o máximo de desperdício possível; e cada qual deve ser analisado com bastante critério para que se possa identificar suas possíveis causas e desenhar um plano de ação que permita combatê-los.

Lucinda (2010) apresenta uma relação das razões pelas quais é importante na utilização das ferramentas da qualidade e as descreve: (i) facilitar o entendimento do problema; (ii) utilizar dentro das necessidades um método eficaz, (iii) disciplinar o trabalho e como consequência (iv) aumentar a produtividade. A seguir, serão expostas algumas ferramentas e metodologias para a aferição da qualidade.

## 2.3 Ferramentas da Qualidade

### 2.3.1 Folha de Verificação

Trata-se de uma técnica utilizada quando se deseja obter dados, configura-se como o ponto de partida na maioria dos ciclos de solução de problemas, sendo uma ferramenta de fácil compreensão que evidencia a frequência com que certos eventos ocorrem. As folhas de verificação têm como objetivos: a) Verificação do processo de produção; b) Verificação de itens defeituosos; c) Verificação da localização dos defeitos; d) Verificação das causas dos defeitos (FAESARELLA, SACOMANO, CARPINETTI, 2006).

A folha para falha de processo evidencia as mais recorrentes em um processo, como as paradas de um tear para tecido (LOBO, 2013).

Segundo Corrêa e Corrêa (2012), a folha de verificação deve conter as verificações a serem realizadas no processo para que o problema não se repita e o procedimento correto a ser realizado.

**Figura 1:** Folha de Verificação

Tipo de Defeito	Verificação	Total
<b>Responsável:</b> Colaborador 1	<b>Data:</b> 22/01 a 28/01	
Medida	//// //// ////	12
Manchas	//// ////	8
Alteração na cor	//// //// //// //// //// /	21
Baixa nitidez da estampa	///	3
Outros	//// ///	7
<b>Total</b>		<b>54</b>

**Fonte:** <https://www.siteware.com.br/qualidade/o-que-e-folha-de-verificacao/>

### 2.3.2 Diagrama de Pareto

Na proposição de Faesarella, Sacomano e Carpinetti (2006) quando se deseja ressaltar a importância relativa entre vários problemas, facilitando a escolha do ponto de

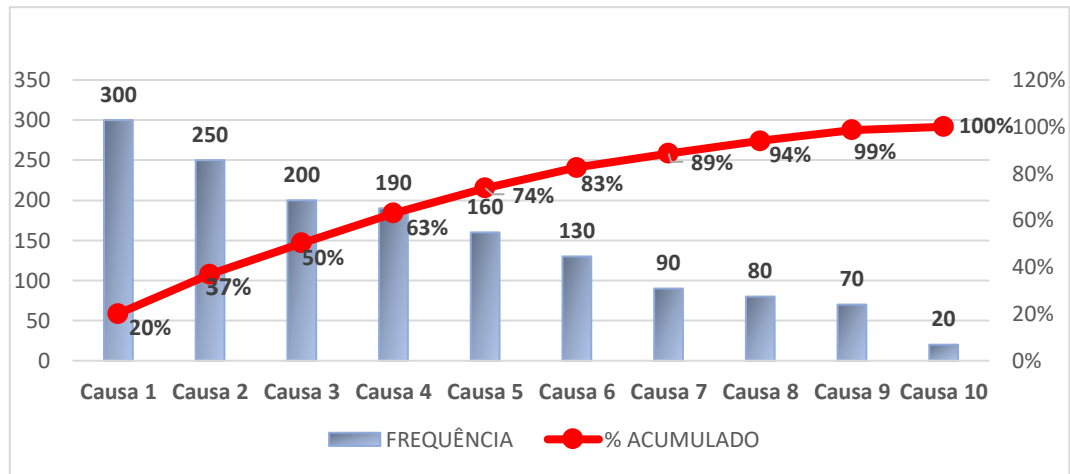
partida para a solução, avaliar o progresso ou identificar a causa básica de um problema. Ele auxilia no direcionamento da atenção e esforços para os problemas mais importantes, dividindo um problema grande num grande número de problemas menores e de fácil resolução, permitindo a priorização dos projetos e o estabelecimento de metas concretas e tangíveis, é uma técnica universal que permite separar os problemas em duas classes: os poucos vitais e os muito triviais.

Portanto, as etapas de construção do Diagrama de Pareto de acordo Faesarella, Sacomano e Carpinetti (2006) são:

1. Identificação do problema. Um problema é qualquer resultado indesejável.
2. Estratificação. Divisão do problema em estratos de problemas de origens diversas.
3. Coleta de dados. Para cada estrato são levantados dados referentes à sua frequência que auxiliarão na verificação da importância de cada um.
4. Priorização com ajuda do diagrama de Pareto. O diagrama de Pareto é a representação gráfica da estratificação dos dados coletados. Este gráfico permite priorizar quantitativamente os itens mais importantes.
5. Desdobramento. Os estratos que apresentam maior frequência são desdobrados em problemas menores, quantificados e analisados para encontrar soluções.
6. Estabelecimento de metas. Com base no diagrama de Pareto, analisam-se os problemas prioritários e suas frequências e estabelecem-se metas de melhoramento (FAESARELLA, SACOMANO e CARPINETTI, 2006, p. 70).

Por fim, o diagrama de Pareto é representado através de gráfico de barras, que permite uma melhor visualização dos impactos de cada evento que está sendo analisado. Ao identificar os eventos com maior incidência de problemas dentro do sistema, sendo eles críticos ou prioritários, saberemos quais serão resolvidos em primeiro lugar, tornando-se de extrema importância na tomada de decisões, com isso podemos analisar quais são os pontos que estão gerando maiores impactos no processo e eliminar o problema que causa o maior impacto de forma a tornar o processo eficaz (ANDRADE, 2018).

**Figura 2:** Diagrama de Pareto



Fonte: Adaptado de <https://www.napratice.org.br/diagrama-de-pareto/>

### 2.3.3 Ferramenta 5W2H

Seleme e Stadler (2012), originariamente, havia somente 5 Ws e 1 H. Um último H para representar how much foi acrescentado posteriormente ao método a fim de fundamentar financeiramente a decisão tomada com base no critério dessa ferramenta, a qual se transformou, então, em 5 Ws e 2 Hs.

O 5W2H trata-se de uma ferramenta administrativa que pode ser utilizada para registrar de forma organizada, clara e planejada como deverão ser executadas as ações. Esta ferramenta nos possibilita que tenhamos uma visão ampla dos Planos de Ação (ANDRADE, 2018).

A utilização de tal ferramenta permite que um processo em execução seja dividido em etapas, estruturadas a partir das perguntas, com o intuito de serem encontradas as falhas que impedem o término adequado do processo (SELEME, STADLER, 2012).

Segundo Oliveira (1996), esta ferramenta é muito utilizada para o desenvolvimento de planos de ação, contribui de maneira significativa e notável para melhorar a separação de tarefas dentro do processo, mostrando de maneira gerencial como os processos estão desenvolvidos, permitindo análises concretas e objetivas, auxiliando na tomada de

decisão. Os principais elementos são identificados pelos 5W2H conforme sequência, a seguir:

- WHAT? - O que deve ser feito? (Ação);
- WHY? - Por que esta ação deve ser realizada? (Objetivo ou meta);
- WHO? - Quem deve realizar a ação? (Responsáveis);
- WHERE? - Onde a ação deve ser executada? (Localização);
- WHEN? - Quando a ação deve ser realizada? (Prazos a cumprir);
- HOW? - Como deve ser realizada a ação? (Processo a ser seguido);
- HOW MUCH? - Quanto será o custo da ação a realizar? (Orçamento).



Fonte: <https://rockcontent.com/br/blog/o-que-e-5w2h/>

#### 2.3.4 Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e efeito, conforme Faesarella, Sacomano e Carpinetti (2006), é conhecido também como diagrama espinha de peixe ou diagrama Ishikawa (devido ao seu criador). É usado quando o objetivo é identificar, explorar e ressaltar as causas possíveis de um problema, representando a relação entre o efeito (resultado) e suas possíveis causas. Esses autores dividem as causas principais em 6 categorias principais, quais sejam:

a) **Método**: expõe itens relacionados aos procedimentos operacionais como clareza e simplicidade dos procedimentos, facilidade de execução, ausência de passos essenciais ao desempenho da função etc.

b) **Mão de obra**: trata os aspectos físicos e mentais dos trabalhadores envolvidos no problema, a pontualidade, o absenteísmo, cumprimento das regras e o comportamento em geral.

c) **Máquina**: refere-se aos equipamentos quanto a sua deterioração, manutenção, identificação, armazenagem etc.

d) **Meio ambiente**: aspectos relativos ao ambiente de trabalho como iluminação, resíduos, temperatura, vibração, pó, nas oficinas, escritórios, corredores, passagens e áreas ligadas ao problema em estudo.

e) **Material**: aborda itens como situação dos fornecedores, fornecimento interno, condições de armazenagem etc.

f) **Medida**: detalha itens relacionados à medição como condições do instrumento de medida, condições de medição, frequência, inspeção etc.

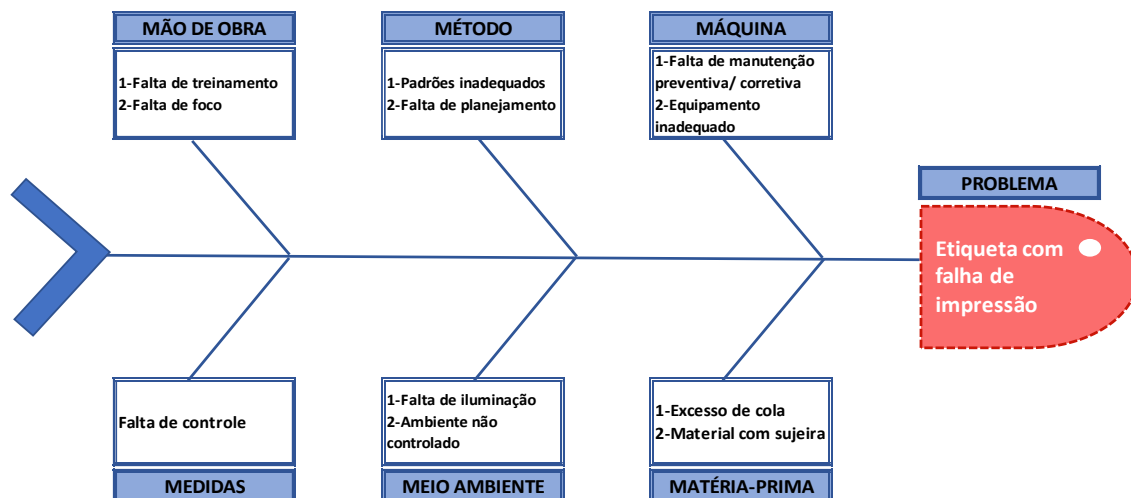
Depois de levantar as principais causas, deve-se selecionar as mais prováveis e analisá-las. Para isso, elabora-se etapas da construção do diagrama, descritas a seguir:

1. Definição do problema a ser analisado, onde ocorre, quando ocorre, sua extensão.

2. Levantamento das causas do problema e outras que auxiliem sua organização, após a observação.
3. Construção do diagrama. O problema é colocado à direita de uma linha horizontal; as causas são colocadas nas pontas de ramos que partem da linha horizontal. Para cada causa questiona-se o porquê de sua ocorrência e anotam-se as respostas em ramos menores que nascem dos ramos principais.
4. Interpretação. Observação da repetição das causas, obtenção do consenso do grupo e coleta de dados para determinar a frequência relativa das causas. A análise do diagrama destaca a causa mais importante do problema.

Dito isso, na figura 4, a seguir, evidencia-se o Diagrama de Causa e Efeito:

**Figura 4:** Diagrama espinha de peixe ou diagrama Ishikawa



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 2.3.5 Técnica Brainstorming

Brainstorming é uma técnica usada em reunião para auxiliar o processo criativo de uma equipe de trabalho. De acordo com Faesarella, Sacomano e Carpinetti (2006), a sequência proposta para o seu desenvolvimento é:



1. Apresentação do problema: o problema é apresentado ao grupo.
2. Tempo para as pessoas pensarem no assunto: os participantes refletem sobre o assunto, analisando suas possíveis causas e soluções para o problema.
3. Apresentação e anotação de ideias: as ideias dos participantes são apresentadas e redigidas para futuras análises.
4. Análise das ideias, eliminando as iguais ou que tenham o mesmo sentido: o grupo analisa as ideias propostas, organizando-as.

Algumas regras importantes para o Brainstorming são:

- a) Não criticar ideias;
- b) Não interpretar as ideias dos participantes, escrevendo-as no quadro como foram propostas;
- c) Incentivar a liberdade, fazendo com que as pessoas sintam-se à vontade para gerarem o máximo de ideias;
- d) O tempo de duração não deve ultrapassar 30 minutos.

#### 2.3.6 Diagrama de Dispersão

O Diagrama de Dispersão é usado para visualizar a relação de dependência entre um parâmetro de qualidade e uma variável do processo, analisando uma possível relação entre elas, bem como sua intensidade (FAESARELLA, SACOMANO, CARPINETTI, 2006).

Essa técnica permite a avaliação da relação existente entre duas variáveis, parâmetros ou características de interesse. Como exemplo, pode ser citado o estudo da relação entre o peso de uma pessoa e sua altura. Se for obtido o peso e a altura de várias pessoas, o gráfico de correlação poderá representar em cada ponto uma pessoa (LONGO, 2011).

A característica altura é uma variável independente, pois a ideia é obter o peso de uma pessoa dada a sua altura. O peso é a variável dependente. À medida que os dados apresentem uma tendência, ou comportamento razoável previsível, pode-se dizer que as variáveis têm correlação. Dessa forma, a tendência mais comum é o comportamento

linear, ou seja, os pontos tendem a se alinharem e com isso pode-se imaginar uma reta que representa a correlação entre essas variáveis (LONGO, 2011).

### 2.3.7 Fluxograma

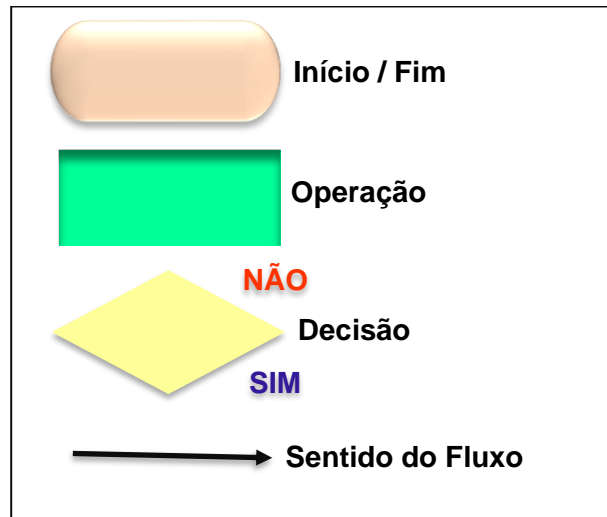
É um diagrama que representa o fluxo (ou sequência) das diversas etapas de um processo qualquer. Ao iniciar um projeto de melhoria, sua grande utilidade é fazer com que todos os participantes adquiriam uma visão completa do processo, ao mesmo tempo que permite que cada pessoa tenha melhor percepção de qual o seu papel no processo e de como seu trabalho influi no resultado final (LONGO, 2011).

Utilizado na identificação de problemas, através desta técnica as pessoas que conhecem bem o processo, desenham o fluxograma do processo atual, o fluxograma do processo ideal, os passos que o processo deveria seguir, se tudo corresse bem, e comparam os 2 esquemas para verificar as diferenças e encontrar a raiz do problema. É uma representação gráfica, através de símbolos padronizados (FAESARELLA, SACOMANO, CARPINETTI, 2006).

De acordo com Sebrae (2005), os símbolos comumente utilizados são os seguintes:

- 1) Operação: Indica uma etapa do processo. A etapa e quem a executa são registrados no interior do retângulo.
  - 2) Decisão: Indica o ponto em que a decisão deve ser tomada. A questão é escrita dentro do losango, duas setas, saindo do losango mostram a direção do processo em função da resposta (geralmente as respostas são SIM e NÃO).
  - 3) Sentido do fluxo: Indica o sentido e a sequência das etapas do processo.
- Limites: Indica o início e o fim do processo, conforme observado na figura 5, a seguir:

**Figura 5:** Legenda para criação do fluxograma



**Fonte:** Elaborado pela autora (2023).

### 2.3.8 Histograma

O histograma trata-se de um gráfico de barras com a distribuição de frequência dos dados, ou seja, uma representação gráfica de uma distribuição de frequência. Nessa ferramenta, o eixo horizontal é composto pelo intervalo das classes, enquanto a altura das barras (eixo vertical) é definida pela frequência (absoluta ou relativa) de cada classe; ele também pode ser utilizado tanto para a identificação e a priorização de problemas, quanto para a verificação de resultados (AKKARI, 2018).

### **3 METODOLOGIA**

Esta pesquisa de natureza qualitativa e quantitativa será desenvolvida por meio do método estudo de caso, pois permite ao pesquisador estudar um determinado fenômeno no seu contexto natural (GÜNTHER, 2006).

No contexto de um estudo de caso, delimitado como coleta e análise de dados sobre um exemplo individual para definir um fenômeno mais amplo pode-se coletar e analisar tanto dados quantitativos quanto qualitativos (GÜNTHER, 2006).

#### **3.1 Materiais**

Na fase exploratória do caso, realizou-se uma revisão de literatura para a identificação do que as pesquisas recentes têm abordado sobre a temática. Em continuidade, foi feita uma pesquisa documental nos principais registros da empresa, que, evidenciaram as falhas ocorridas no processo, após a soldagem.

Com o intuito de dar sustentação teórica às discussões, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, com foco no Processo SMT, nos conceitos de qualidade, bem como suas ferramentas, visando a consolidação do objetivo proposto em não só analisar as falhas, mas também propor sugestões de melhoria ao processo adotado no contexto da pesquisa.

Na fase de coleta de dados, efetuou-se o levantamento das principais falhas no processo pelo período de 5 meses (julho a novembro de 2021), observando-se o quão primordial foi a aplicação de métodos com a utilização das ferramentas de qualidade. Nesse sentido, analisou-se o processo a partir das ferramentas - fluxograma, folha de verificação, diagrama de pareto, e, com o fito de minimizar os problemas, adotou-se a ferramenta 5W2H, para o acompanhamento do processo e proposição de melhorias, por meio, do monitoramento e da observação de operação.

### 3.2 Métodos

Os requisitos teóricos e os procedimentos metodológicos adotados foram fundamentados em revisão bibliográfica, em um estudo estruturado realizado através de pesquisas em materiais como livros, periódicos e materiais de acesso eletrônico.

A coleta de dados foi realizada através de registros de falhas de solda diárias ocorridas no processo de soldagem SMT durante a montagem das placas, por um período de 153 dias, compreendido entre os meses de julho a novembro de 2021. Para a conclusão, do mapeamento das falhas de soldagem no processo produtivo foi necessário o levantamento gerado em três momentos distintos da produção (primeiro, segundo e terceiro turno), em horários desiguais uma vez em cada turno, através de acompanhamento visual por pessoas durante 153 dias.

No decorrer do monitoramento, a diferença entre as falhas não sofreu variação durante o processo produtivo, ou seja, o defeito ocorre nos três turnos ficando com baixa complexidade nessa etapa do estudo. Vale citar que as pessoas atreladas ao processo variam de acordo com o horário da análise. Optou-se, portanto, pela análise dos três turnos de produção, em horários distintos, já que a finalidade foi coletar as variações de falhas de soldagem para, posteriormente, analisá-las.

A medição de falhas de soldagem foi realizada através dos registros de monitoramento disponíveis no processo.

Em seguida, na análise de dados coletados, levou-se em consideração a informação coletada quanto à literatura, nos registros de falhas levantadas nos documentos da empresa (registro de processo). Verificando quais as falhas que estão impactando diretamente no processo.

Enfim, vale salientar que as informações coletadas, levantadas e a literatura integram-se, com base no aporte teórico e na análise documental, sem que tenha ocorrido interferência e/ou adulteração.

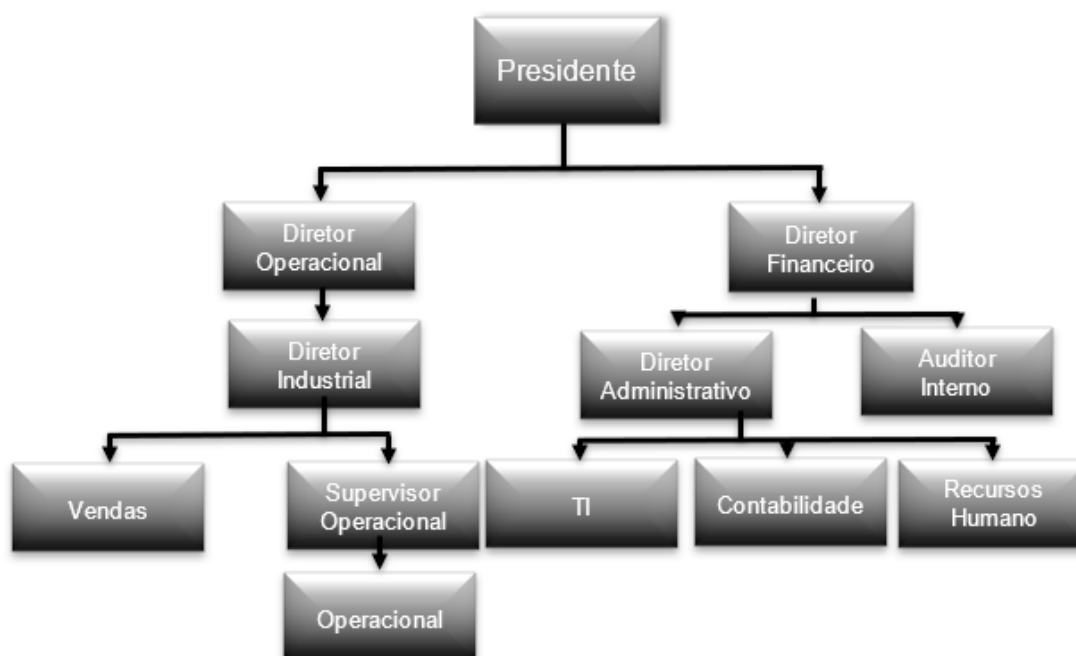
### 3.3 O Contexto do Caso

O estudo de caso foi realizado em uma indústria eletrônica localizada no polo Industrial de Manaus.

A empresa, tem como atuação no mercado a industrialização de produtos de informática e eletroeletrônicos, fundada no dia 02 de novembro de 2002, ocupa uma área de total de 34.00m<sup>2</sup> com uma área construída de 9.400 m<sup>2</sup>. Atualmente, conta com 645 colaboradores distribuídos entre os setores administrativo e manufatura.

Nesse sentido, a empresa em questão utiliza a mais moderna tecnologia, dedicada a produção de placas de circuito impresso, serviços de montagem de inserção manual, montagem de modem, fonte de impressora, telefonia móvel, câmeras de monitoramento possuindo a certificação NBR ISO 9001:2015. Possui seu Organograma Gerencial conforme, descrito na figura 6, a seguir:

**Figura 6:** Organograma da Empresa



**Fonte:** Elaborado pela Autora (2023).

## **4 DISCUSSÃO E RESULTADOS**

Nesta etapa, apresenta-se o desenvolvimento teórico e prático executados no período do estudo, assim como os resultados obtidos através da aplicação de melhorias com o uso de ferramentas da qualidade, assim como os benefícios agregados ao processo como todo.

### **4.1 Mapeamento do fluxo do processo produtivo**

Se uma ferramenta gerencial e de comunicação que de uma forma geral serve para retratar a situação atual, descreve a visão futura e permite que a organização possa conhecer com detalhes e profundidade todo o fluxo da organização e suas operações, sendo assim o mapeamento de processos serve antes de tudo para dar maior transparência à organização (ANDRADE, 2018).

Para traçar o trabalho dentro da proposta descrita no objetivo geral, optou em realizar o mapeamento no processo SMT na montagem e fabricação das placas de circuito impresso para modem de fibra na linha a ser realizado o estudo com isso temos o seguinte fluxo dentro do processo:

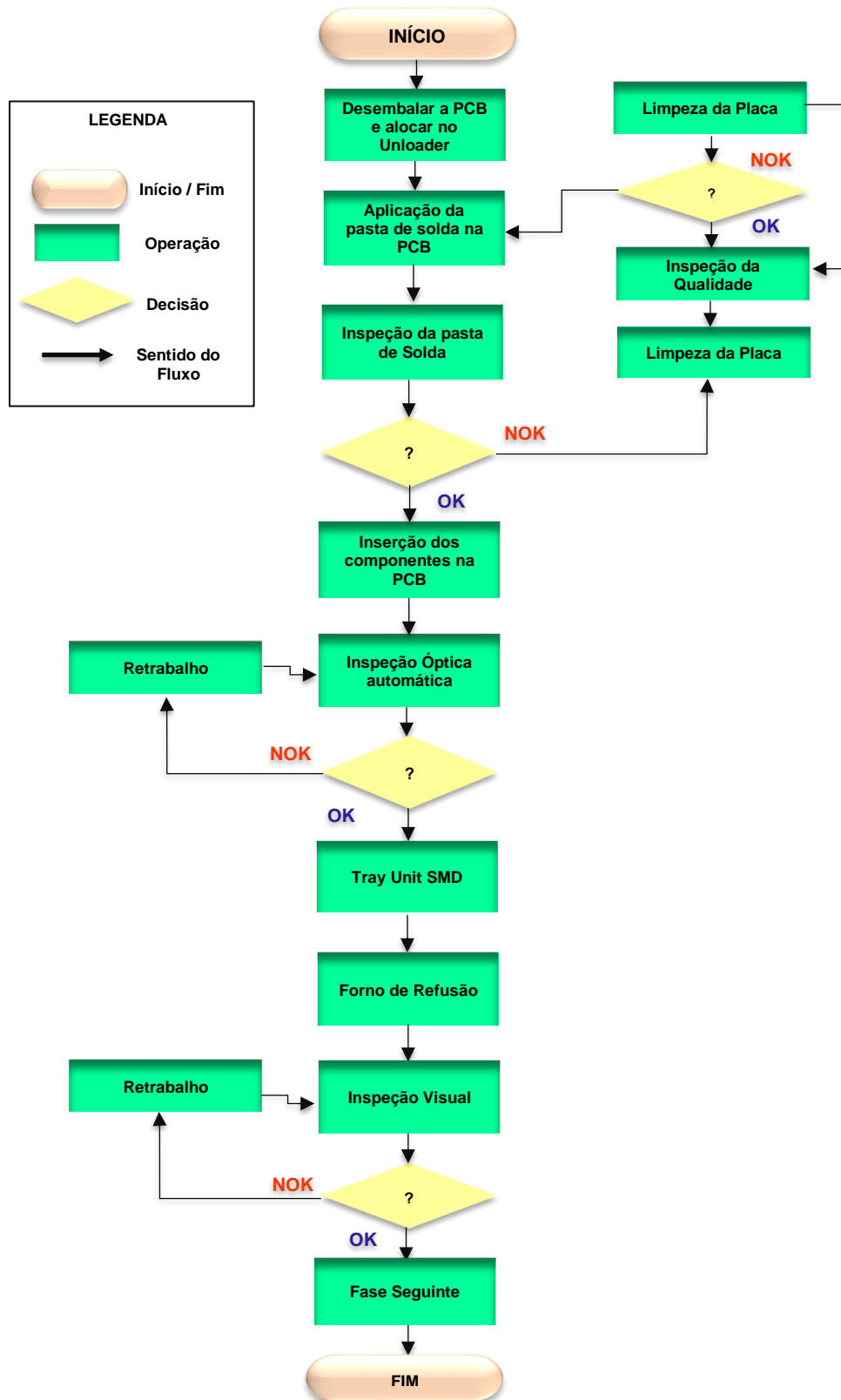
1. Operador recebe a PCI (placa de circuito impresso) e aloca no Loader (dispositivo de descarregamento da placa);
2. Logo depois, a placa é enviada para realizar a printagem (aplicação da pasta de solda) por almofadas através do stencil (chapa de metal);
3. Em seguida, ela é transportada até a SPI (inspeção automática da pasta de solda) para verificação da qualidade da pasta de solda aplicada nos PAD's, caso apresente falha na impressão a mesma é enviada para limpeza, após limpeza é realizado uma inspeção visual pela qualidade para garantir a eficiência da limpeza. Logo depois a placa retorna para uma nova printagem para realizar todo o processo novamente;

4. Em sequência, essa placa passa para a inseridora, processo de inserção dos componentes, no qual os componentes são depositados de acordo com layout da PCI;
5. Adiante, é efetuada a inspeção automática de componentes (AOI) com a finalidade de verificar se todos os componentes foram montados de forma correta em caso de falha PCI enviada para reparo;
6. Após a inspeção, a PCI é enviada para *tray unit* (equipamento de alimentação de componentes por bandeja), onde são montados os componentes como IC's, BGA's etc.
7. Dando continuidade, a placa é transportada para forno de refusão para realizar a junção dos terminais dos componentes aos PAD's da PCI, ou seja, a soldagem dos componentes;
8. Para verificar a qualidade solda nos componentes, é realizada a inspeção visual, caso haja falha, a placa é enviada para reparo, após reparo, ela retorna para nova inspeção visual, após aprovação PCI é enviada para a fase seguinte.

O mapeamento do fluxo do processo SMT está descrito na figura 7, a seguir:



Figura 7: Mapeamento do Fluxo de Processo



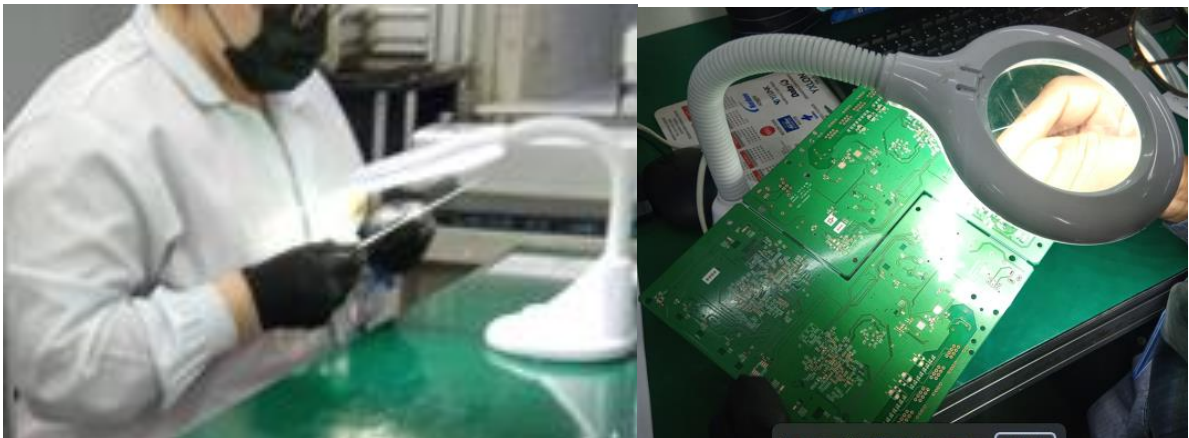
Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

## 4.2 Processo de Inspeção Visual

O Processo para detecção de falhas de forma visual, para garantir a montagem dos componentes na PCI, passa por uma inspeção visual através de lupa, quando é verificada a qualidade da solda, a montagem correta, o posicionamento, visando garantir a eficiência da soldagem e a montagem dos componentes, pontos críticos para o funcionamento dos produtos ao cliente e a garantia de sua qualidade ao longo do tempo.

Após a inspeção visual, as placas aprovadas são cadastradas no banco de dados (sistema de rastreabilidade) e enviadas para o processo subsequente, conforme evidenciado nas figuras 8 e 9.

**Figura 8:** Inspeção Visual



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

**Figura 9:** Componentes soldados - após a Refusão



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Caso a placa apresente falha, é identificada e enviada para retrabalho a fim de que seja realizado o conserto, em seguida a PCI retorna para reprocesso.

Ao identificar a falha, é realizado o registro de monitoramento do processo, registrando-se: data, posto, linha, total produzido, total produzido sem defeito, total de defeitos e YIELD (taxa de qualidade do produto sem retrabalho), para medir o YIELD é realizado o seguinte cálculo:

$$P/D \times 100 \rightarrow 98975 \div 100045 \times 100 = 98,93\%$$

D= total produzido

P= total produzido sem defeito

A partir da análise do processo, notou-se uma quantidade de 1070 (Hum mil e setenta) defeitos e a quantidade de placas produzidas sem falhas foi 98975 (noventa e oito mil, novecentos e setenta e cinco) em relação ao total produzido de 100.045 placas. Assim, o processo atingiu um percentual de 98,93% de produtividade de placas sem defeito. Todavia, considerando-se a métrica estabelecida pela empresa de 99%, o índice obtido estava em 1,07% abaixo da meta estabelecida, conforme observado na tabela 1, a seguir:

**Tabela 1:** Monitoramento de Processo

Informações da Coleta	Total Produzido <sup>1</sup>		Total Produzido sem Defeitos (YIELD)		Total Produzido com Defeitos		
	Abs.	(%)	Abs.	(%)	Abs.	(%)	
<b>Data</b>	01/07 a 31/11/21						
<b>Posto</b>	Revisão Final	100045	100%	98975	98,93%	1070	1,07%
<b>Linha</b>	SMD1						

**Fonte:** Elaborado pela Autora (2023).

Destaca-se que o departamento de qualidade realiza os levantamentos das principais não conformidades das ocorrências reportadas para tratativas junto ao time, sendo que as causas potenciais das falhas são denotadas no registro de defeito com a

<sup>1</sup> O Total está especificado em números absolutos (Abs.) e em números percentuais (%).

descrição do defeito, posição mecânica e quantidade de falha, conforme evidenciado na tabela :2

**Tabela 2:** Registro de Defeito

Registro de Defeito		
Descrição de Defeito	Posição Mecânica	QTY. de Defeito
Solda Insuficiente	T301	530
Solda Insuficiente	T300	339
Solda em Curto	U200	71
Solda em Curto	U906	79
Deslocado	U200	12
Deslocado	U100	10
Deslocado	U915	4
Tombstone	RD459	3
Tombstone	RD462	6
Tombstone	R62	6
Alto	FS1	4
Alto	U200	4
Alto	U102	2
<b>TOTAL DE DEFEITOS</b>		<b>1070</b>

Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Considerando que o objeto em estudo definido nesta pesquisa foram as falhas de soldagem ocorridas no processo após a refusão, o levantamento foi realizado nos 3 (três) turnos nos quais o processo ocorre, pelo período de 153 (cento e cinquenta e três) dias, nos meses de julho a novembro de 2021. Assim, notou-se que a incidência de falhas de solda insuficiente ocorre nos três turnos, conforme demonstra a tabela 3, a seguir:

**Tabela 3:** Falha de Soldabilidade T300/T301 por Turno

<b>Falhas de Soldabilidade T300/T301 POR TURNO</b>			
<b>Turno</b>	<b>Posição Mecânica</b>	<b>Qty de Defeito</b>	<b>Total de Defeito</b>
1º	T300	122	294
	T301	172	
2º	T300	81	285
	T301	204	
3º	T300	136	290
	T301	154	
<b>TOTAL GERAL</b>			<b>869</b>

**Fonte:** Elaborado pela Autora (2023).

Com isso, identificou-se que as falhas ocorriam nos três turnos, assim, houve a necessidade de analisar os dados através do Gráfico de Pareto para identificar quais as falhas e posições mecânicas, que mais incidiram dentro do processo.

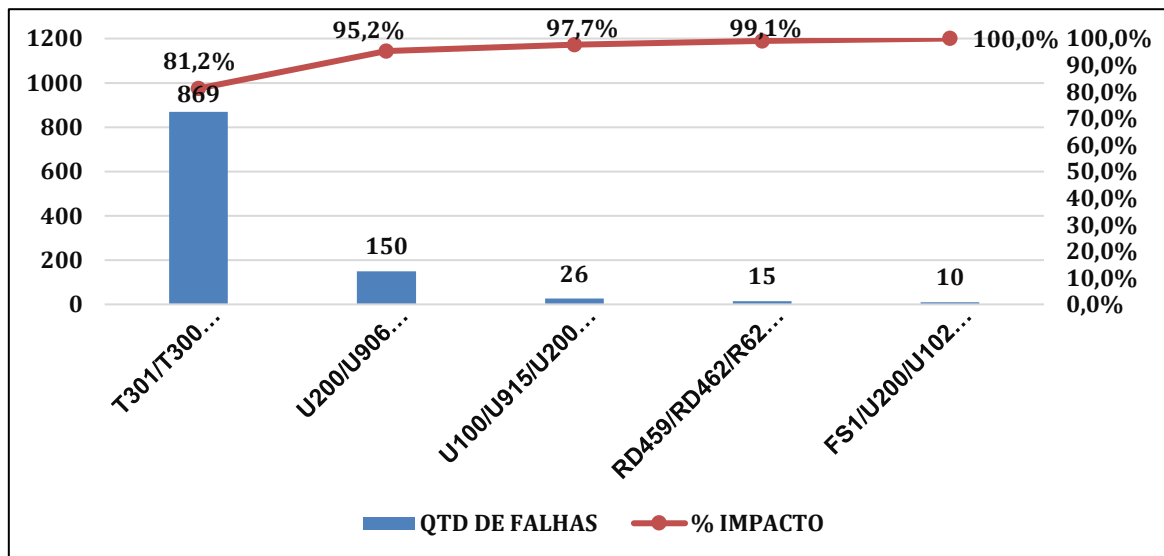
### **4.3 Aplicação do Diagrama de Pareto**

Mediante ao aumento relativo de falhas, observou-se que isso gerou um impacto na demanda do processo produtivo e uma variedade de falhas de solda insuficiente ao longo dos 5 meses monitorados, fazendo com que os problemas de qualidade do produto se tornassem parte do processo.

Diante deste contexto, com base nos levantamentos dos registros obtidos, os problemas foram identificados e relatados no processo.

A partir dos dados, observou-se que a incidência de solda insuficiente ocorreu com maior constância no componente T300/T301, que contribui em 81,2% de uma quantidade de 869 defeitos com relação ao total de 1070 falhas detectadas na revisão visual, conforme observado na figura 10.

**Figura 10: Falha x Posição Mecânica**



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

#### 4.4 Descrição do Problema

Com base na análise realizada após identificação da alta incidência de falhas de insuficiência de solda no componente T300 e T301, foi constatado os seguintes problemas:

1. Variação na montagem dos componentes no momento da inserção;
2. A quantidade de pasta de solda depositada no PAD da PCI era insuficiente para realizar a junção com os terminais dos componentes;
3. Tolerância de montagem com variação de leitura no terminal do componente;

Foi possível evidenciar os terminais soltos após a soldagem, conforme demonstrado na figura 12, de maneira evidente o problema:

**Figura 11:** Insuficiência de Solda



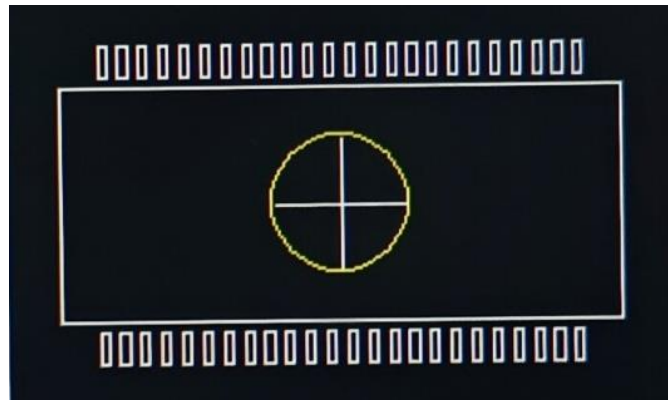
Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

#### 4.5 Proposta de Melhoria

Com intuito de eliminar e melhorar a ocorrência de falhas de soldabilidade no componente T300/T301, visando a resolução dessa ineficiência que geram perdas ao processo produtivo, sugere-se:

1. Ajuste na coordenada Y de montagem dos componentes T300/T301, eliminando a variação no momento da inserção, deixando sua montagem com maior precisão, realizando o ajuste nos parâmetros do equipamento (placement), na centralização da pegada dos componentes para a seguinte configuração: (Anterior: Y -0.02 mm); Atual: Y 0.00 mm (pegada no centro do componente), conforme observado na figura 12:

**Figura 12:** Configuração da Pegada do Componente



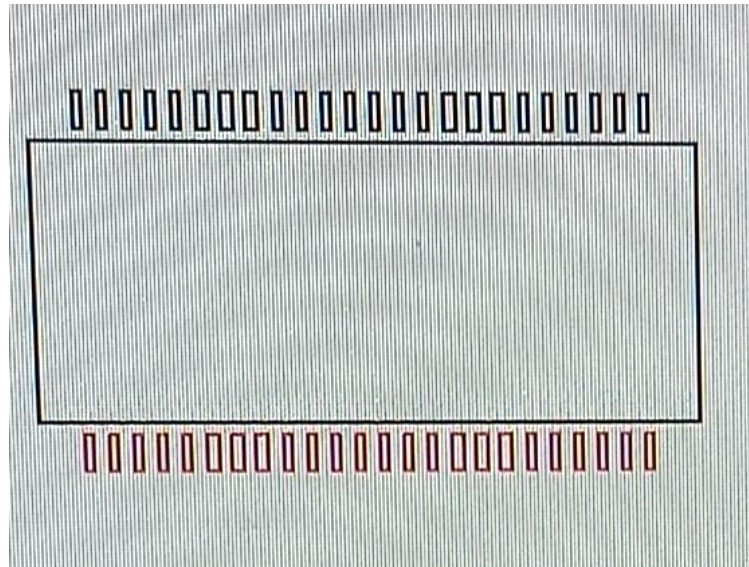
**Fonte:** Elaborado pela Autora (2023).

2. Confeção de um novo stencil com Over print e com Step Up, ou seja, para que possa depositar volumes de pasta de solda com espessuras maiores de acordo com as especificações dos componentes T300/T301 de:
  - Step UP de 0,10mm a 0,15mm.
  - Over Print com aumento de 10% com relação ao pad.
3. Aumento na tolerância de montagem com variação de leitura do terminal do componente para:
  - Largura: 0,3mm;
  - Comprimento: 0,45mm
  - Centralização: 0,5mm

Nas figuras 13 e 14, evidencia-se as alterações realizadas para a montagem dos componentes.

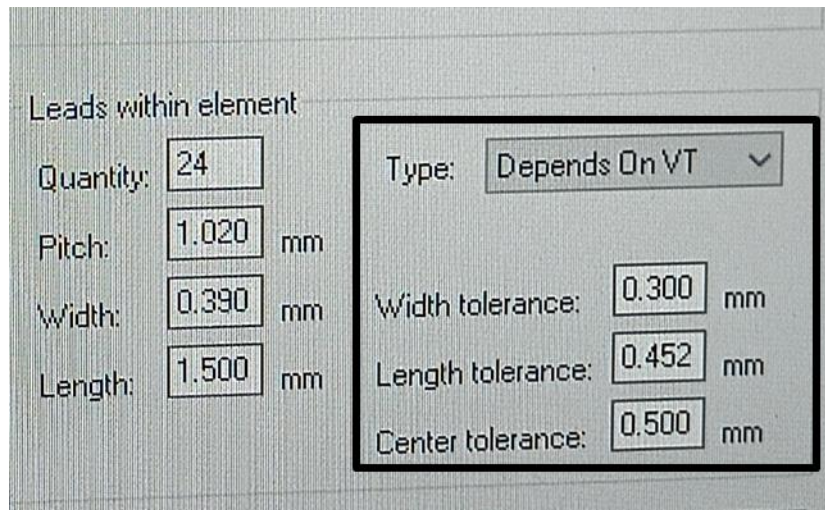


**Figura 13:** Leitura no terminal do Componente



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

**Figura 14:** Configuração de leitura do terminal



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Portanto, destaca-se que as ações de melhorias propostas foram realizadas a partir de dados coletados.

#### 4.6 Aplicação da ferramenta 5W2H

No decorrer do estudo foram desenvolvidas as propostas de melhoria que iriam beneficiar o desenvolvimento das atividades e, resultante, melhorar a eficiência da produção do produto. Com o uso da ferramenta 5W2H (What, Why, Who, When, Where, How, How Much) foi realizado um levantamento das melhorias recomendadas, deixando-as de forma organizadas, claras, específicas e objetivas, como será executado o plano de ação para eliminação do problema, conforme apresentado no quadro 1, a seguir:

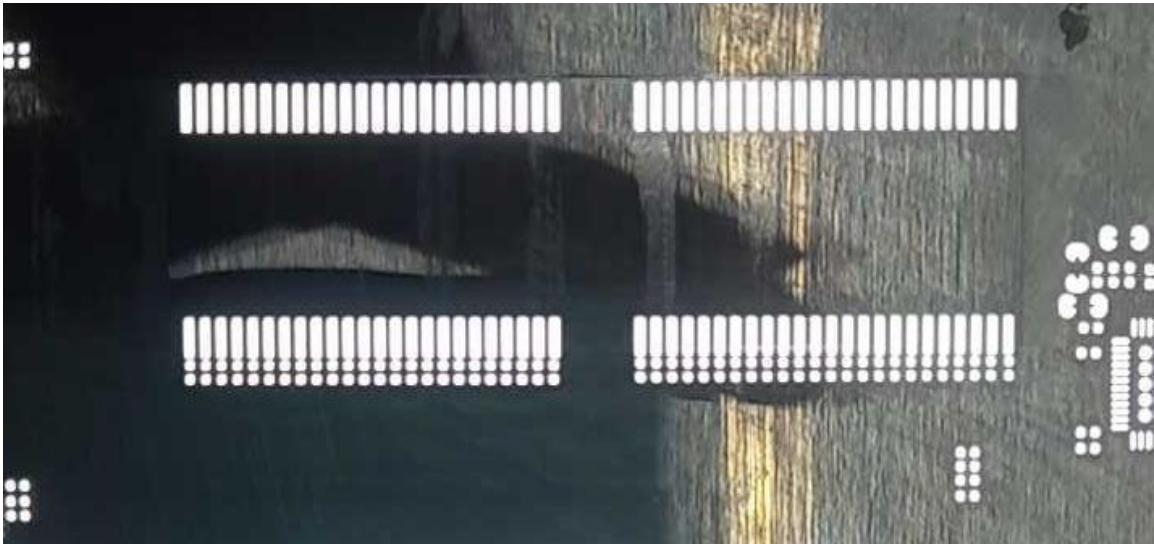
**Quadro 1:** Plano de Ação: Aplicação da Ferramenta 5W2H

PLANO DE AÇÃO DA QUALIDADE - 5W2H						
WHAT? (O QUE)	WHY? (PORQUE)	WHO? (QUEM)	WHERE? (ONDE)	WHEN? (QUANDO)	HOW? (COMO)	HOW MUCH? (QUANTO)
Eliminar variação da montagem dos componentes T300/T301.	Eliminar a incidência de insuficiência de soldabilidade.	Analista de Engenharia	SMD1	Jan/2022	Realizar a centralização da pegada dos componentes: De: Y -0.02 mm Para: Y 0.00 mm (pegada no centro do componente).	Sem investimento
Aumento na tolerância de montagem do componente.	Evitar variação na montagem do componente.				Aumento na tolerância de montagem com variação de leitura do terminal do componente para: •Largura: 0,3mm; •Comprimento: 0,45mm •Centralização: 0,5mm	
Desenvolver um stencil com Over print e Step Up.	Garantir um nível de qualidade satisfatório aos produtos visando atender e impulsionar a satisfação do cliente.	Eng. de Processo			Um novo stencil com Over print e Step Up com espessuras maiores de acordo com as especificações dos componentes T300/T301 de: •Step UP de 0,10mm a 0,15mm. •Over Print com aumento de 10% com relação ao PAD.	R\$1.500,00 pela compra do novo Stencil

Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Na figura 15, evidencia-se o novo stencil com Over print e Step Up com espessuras maiores de acordo com as especificações dos componentes após a melhoria implementada.

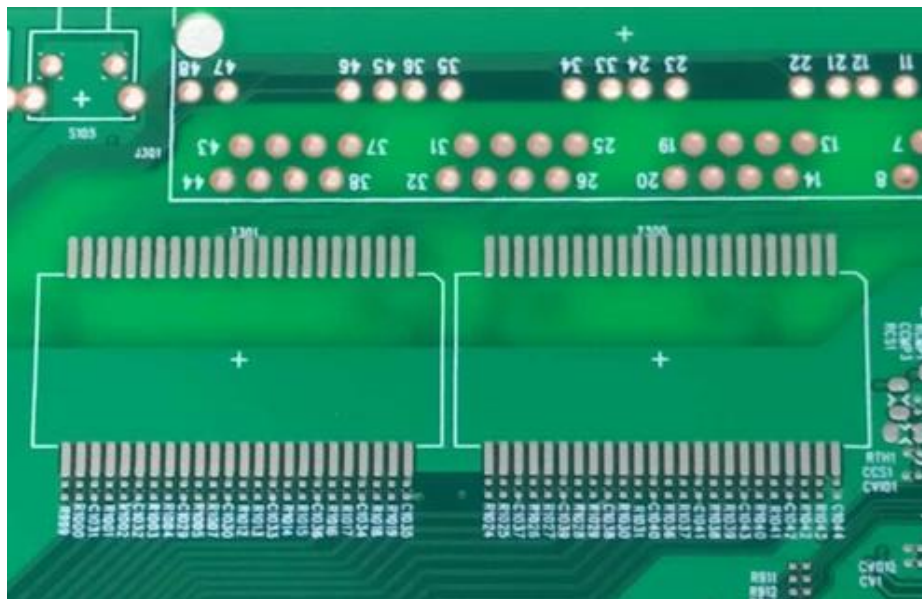
**Figura 15:** Novo Stencil



**Fonte:** Elaborado pela Autora (2023).

A figura 16 demonstra a aplicação da pasta de solda no PAD da placa após a compra do novo stencil, observado que o PAD está com preenchimento uniforme.

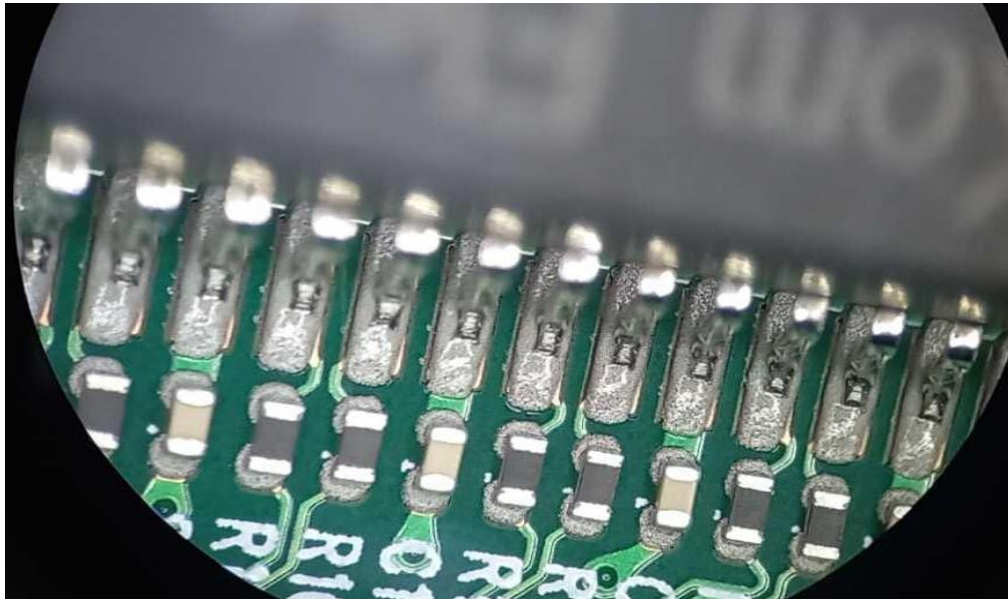
**Figura 16:** Aplicação da pasta de solda no Pad da Placa.



**Fonte:** Elaborado pela Autora (2023).

Na figura 17 ficou evidente que os terminais dos componentes ficaram alinhados, centralizados e em contato com a pasta de solda aplicada no pad da PCI, considerando uma printagem conforme.

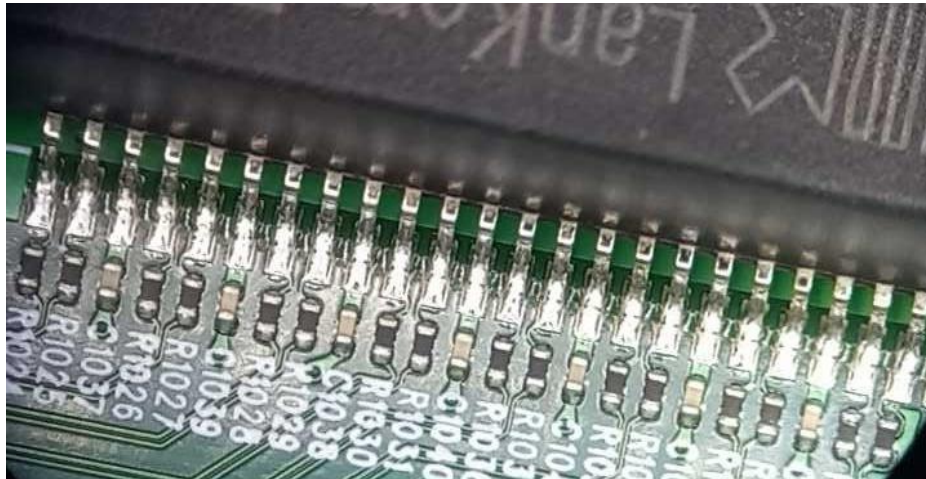
**Figura 17:** Componente Montado com Pasta de Solda



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Na figura 18, evidenciou-se que após o processo de refusão os terminais dos componentes penetraram na pasta de solda, ou seja, realizou a soldagem dos componentes no pad da PCI, considerando uma boa soldagem.

**Figura 18:** Componentes após a Soldagem no forno de refusão

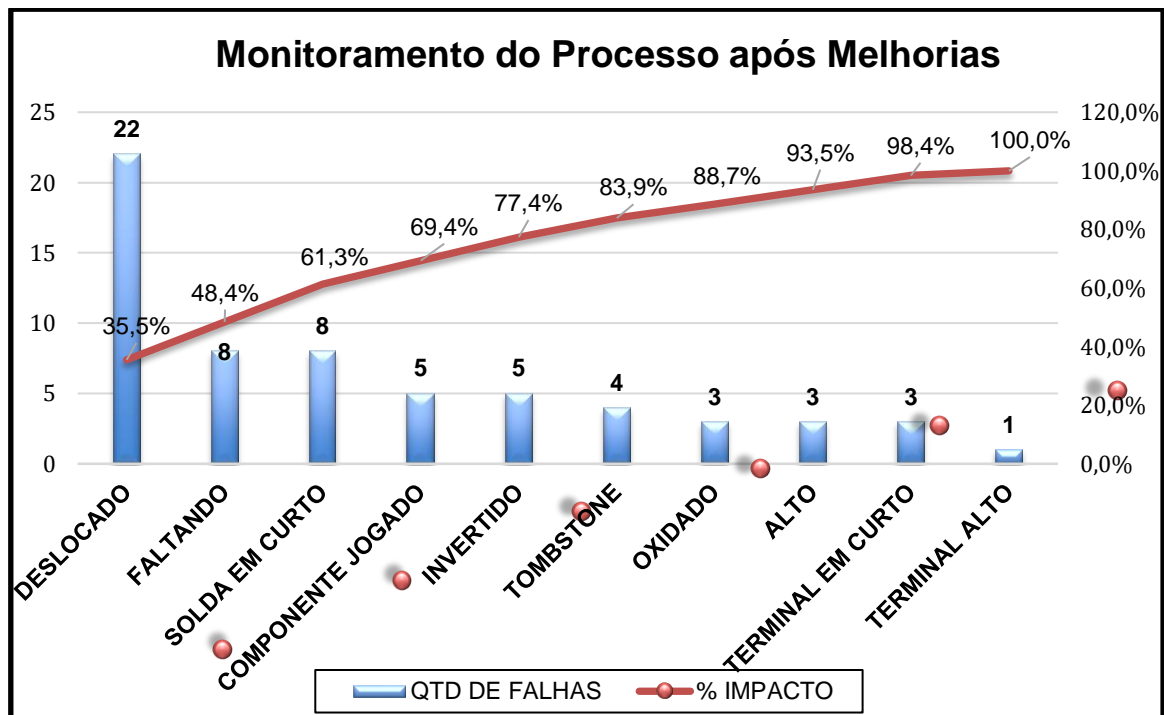


Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

#### **4.7 Retornos obtidos com a melhoria**

A figura 19 evidencia que nos meses de fevereiro e março/2022 a quantidade real de defeitos de insuficiência de solda é zero, demonstrando que a melhoria realizada foi eficaz no processo, eliminando consideravelmente as falhas de solda insuficiente nos referidos componentes. Pois, a partir desses dados, pode-se observar que as falhas ocorridas são totalmente diferentes.

Figura 19: Monitoramento do Processo após Melhorias



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diligência de padronizar os processos das indústrias a utilização das ferramentas da qualidade se torna essencial e contribuiu para a melhoria na qualidade funcional e visual do produto, na redução de custos que eram gerados pela incidência nas falhas de soldabilidade, reduzindo retrabalhos e perda de produção. Os resultados demonstraram que a proposição foi de grande importância para que a empresa pudesse alcançar retornos satisfatórios no tocante às falhas de soldabilidade nos componentes T300/T301.

Esta pesquisa foi desenvolvida e implantada em uma empresa do POLO INDUSTRIAL DE MANAUS, em uma linha no processo SMT e aplicação das ferramentas da qualidade: Folha de verificação, Diagrama de Pareto e 5W2H foram essenciais na análise e resolução do problema. A proposta deste trabalho foi eliminar as falhas de soldabilidade ocorridas nos componentes T300 e T301, que vinham impactando diretamente no processo e conseqüente o cliente, de uma forma muito efetiva.

Pode-se concluir que a implementação das melhorias, na empresa em questão, foi bem executada. A empresa precisou investir no desenvolvimento da ferramenta (stencil), pois foi necessário um novo, representando um valor insignificante comparado ao custo das perdas de produtividade e excessos de reparos realizados na placa. Melhorias no processo, como a implementação do sistema de inspeção automática no final do processo, ainda são necessárias (a inspeção vem sendo feita pelo colaborador de forma visual/lupa), bem como devem ser adquiridas para que se tenha uma melhor eficiência da detecção de falha.

Além disso, na realização deste trabalho, foi possível aplicar os conteúdos trabalhados pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) e no decurso do estudo foi possível perceber a importância de se conhecer os processos e suas interações com os problemas do cotidiano, sendo que, a partir disso, é possível definir, monitorar e aplicar uma das principais atribuições na área da qualidade.

Desse modo, constatou-se que uma boa análise reflete em ações eficazes, podendo ser de baixo custo, conforme analisado neste estudo que estabeleceu um custo de R\$1.500 para execução das ações no processo, os demais custos pertinentes a

valores envolvendo o time foram restringidos de acordo com a política de privacidade da empresa. À vista disso, concluiu-se que o estudo de caso apresentado atingiu os objetivos propostos no primeiro momento e, a partir dele, a empresa conseguirá impulsionar resultados eficientes no processo de soldagem.

É oportuno também ponderar que a falta de um microscópio no processo de revisão visual é uma das limitações na detecção da falha de forma mais assertiva e ágil, deixando o processo com baixa eficiência. Por isso, uma das sugestões viáveis para a gerência seria a adoção de microscópio e equipamentos automáticos para auxiliar no trabalho do operador da revisão final.

Em oportuno, sinaliza-se, como sugestões para trabalhos futuros, a avaliação do uso da ferramenta Ciclo PDCA e a metodologia FMEA (Análise de Modos de Efeitos de Falha), para o controle e melhoria de forma contínua o processo e produto, uma vez que tais estratégias têm a capacidade de identificar falhas, avaliar o grau de risco das ações preventivamente, além de permitirem o aumento da qualidade e a confiabilidade na organização da resolução de problemas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKKARI, A. C. S. **Sistemas de Gestão de Qualidade**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018. Disponível em: <[http://cm-cls-content.s3.amazonaws.com/201802/INTERATIVAS\\_2\\_0/SISTEMAS\\_DE\\_GESTAO\\_DE\\_QUALIDADE/U1/LIVRO\\_UNICO.pdf](http://cm-cls-content.s3.amazonaws.com/201802/INTERATIVAS_2_0/SISTEMAS_DE_GESTAO_DE_QUALIDADE/U1/LIVRO_UNICO.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2023.

ALSALEH, N. A. **Application of quality tools by the Saudi food industry**. The TQM Magazine, v. 19, n. 2, p. 150-161, 2007. Disponível em: <[https://scholar.google.com.br/scholar?q=Application+of+quality+tools+by+the+Saudi+food+industry&hl=pt-BR&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholar](https://scholar.google.com.br/scholar?q=Application+of+quality+tools+by+the+Saudi+food+industry&hl=pt-BR&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar)>. Acesso em: 15 fev 2023.

ANDRADE, D. F. **Gestão pela Qualidade**. Belo Horizonte, Vol.3, 2018. Disponível em: <[https://www.poisson.com.br/livros/qualidade/volume3/GQ\\_volume3.pdf](https://www.poisson.com.br/livros/qualidade/volume3/GQ_volume3.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2023.

**Aprenda a usar a matriz 5W2H nos jobs e tarefas da sua agência!** Disponível em: <<https://rockcontent.com/br/blog/o-que-e-5w2h/>>. Acesso em: 20 fev. 2023.

AVELINO, A.C. **A Qualidade no processo de produção: um modelo de gestão para garantir a qualidade de acabamento das carrocerias em chapa na linha de produção**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2005. Disponível em: <<https://silو.tips/downloadFile/ana-cristina-avelino>>. Acesso em: 17 mar. 2023.

BAMFORD, D.R.; GREATBANKS, R.W. The use of quality management tools and techniques: a study of application in everyday situations. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 22, n. 4, p. 376-392, 2005. Disponível em: <<https://research.manchester.ac.uk/en/publications/the-use-of-quality-management-tools-and-techniques-a-study-of-app>>. Acesso em: 15 fev. 2023.

CHAU, Vo Tran Thi Bich; TIEN, Nguyen Nhut. **Effect of the surface mounting technology assembly based on lean production: A case study**, v. 11, n. 2 (2019): 69-80. Disponível em: <<https://ctujs.ctu.edu.vn/index.php/ctujs/article/view/35>>. Acesso em: 27 mar. 2022.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços, uma abordagem estratégica**. 3 ed. São Paula: Atlas, 2012. Disponível em: <<https://www.gbv.de/dms/tib-ub-hannover/831913983.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2023.

DB, A.; RAO, M. **SMT Component Inspection in PCBA's using Image Processing Techniques**, v.8 Issue-12, oct. 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Anitha-D-B/publication/347522459\\_Assembled\\_PCB\\_SMT\\_component\\_inspection/links/5fe0b68e](https://www.researchgate.net/profile/Anitha-D-B/publication/347522459_Assembled_PCB_SMT_component_inspection/links/5fe0b68e)>

299bf140883132b9/Assembled-PCB-SMT-component-inspection.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2022.

**Diagrama de Pareto: o que é, como usar?** Disponível em:

<<https://www.napratica.org.br/diagrama-de-pareto/>>. Acesso em: 20 fev. 2023.

FAESARELLA, I. S.; SACOMANO, J. B.; CARPINETTI, L. C.R. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Ferramentas**. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos (SP):UFSCAR, 2006. Disponível em:

<<http://repositorio.eesc.usp.br/handle/RIEESC/6212?show=full>>. Acesso em: 12 dez. 2022.

CARDOSO, F. E.; BATISTA, E. D. W. **Fundamentos da Qualidade**, UNIASSELVI, 2017. Disponível em:

<https://www.uniasselvi.com.br/extranet/layout/request/trilha/materiais/livro/livro.php?codigo=23305>. Acesso em: 22 fev.2023.

FUJIMOTO, D. Y. **A Importância das Ferramentas da Qualidade nas Indústrias**, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em:

<[http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias\\_publicadas/posdistancia/53152](http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/posdistancia/53152)>.pdf. Acesso em: 16 fev.2023.

GÜNTHER, Hartmut. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão. **Revista Psicologia: teoria e pesquisa**. Brasília, v. 22, n. 2, p. 201-210, mai./ago. 2006.

LOBO, R. N. **Gestão da qualidade: As sete ferramentas da qualidade, Análise e solução de problemas**. Jit, Kaizen, Housekeeping, Kanban, Fimea, Reengenharia. 1 ed. São Paulo: Érica, 2013.

LONGO, G. C. **Ferramentas e Técnicas da Qualidade. SISTEMA DE GESTAO INTEGRADA DO IPEN**, 2011. Disponível em:

[https://intranet.ipen.br/portal\\_por/conteudo/Arquivos/2052\\_135\\_FERRAMENTAS\\_IPEN-2011.pdf](https://intranet.ipen.br/portal_por/conteudo/Arquivos/2052_135_FERRAMENTAS_IPEN-2011.pdf). Acesso em: 18 fev.2023.

LUCINDA, M. A. **Qualidade: fundamentos e práticas para curso de graduação**. 3 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2010. Disponível em:

<<https://books.google.com.br/books?id=e9Baz6Jxh3MC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 20 fev. 2023.

MARK, K. S.; AB-SAMAT, H. **Analysis of Machine Availability at Surface-mount Technology (SMT) Line Using Witness Simulation**. *Revista Asean Engineering Journal*, vol. 10, n. 2, p. 73-82, Aug., 2020. Disponível em: <<https://journals.utm.my/aej/article/view/16599/7618>>. Acesso em: 14 dez. 2022.

OLIVEIRA, S. T. **Ferramentas para o aprimoramento da qualidade**. São Paulo (SP): Editora Pioneira. 1996.

**O que é folha de verificação e como utilizá-la para melhorar processos**. Disponível em: <<https://www.siteware.com.br/qualidade/o-que-e-folha-de-verificacao/>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade no processo: a qualidade na produção de bens e serviços**. São Paulo: Atlas, 1995.

SEBRAE. **Manual de Ferramentas da Qualidade** [recurso eletrônico]. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. São Paulo: SEBRAE, 2005. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/309035/mod\\_folder/content/0/SEBRAE%2C%202005.pdf?forcedownload=1](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/309035/mod_folder/content/0/SEBRAE%2C%202005.pdf?forcedownload=1)>. Acesso em: 20 fev. 2023.

SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da qualidade**: As ferramentas essenciais. Curitiba: Interfaces, 2012. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/373071187/Ferramentas-Da-Qualidade>>. Acesso em: 21 fev. 2023.