

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**WAGNER DAVI GOETTEMS**

**PROPOSTA DE MELHORIAS NO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE: UM ESTUDO DE  
CASO EM UMA EMPRESA DE MONTAGEM DE PLACAS ELETRÔNICAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2018**

WAGNER DAVI GOETTEMS

**PROPOSTA DE MELHORIAS NO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE: Um estudo de caso em uma empresa de montagem de placas eletrônicas**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. MsC. Maurício Pegoraro

PATO BRANCO

2018

## FOLHA DE APROVAÇÃO

### PROPOSTA DE MELHORIAS NO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE: Um estudo de caso em uma empresa de montagem de placas eletrônicas

Wagner Davi Goettems

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 21/06/2018 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

---

Prof. Dr. Dalmarino Setti  
(UTFPR – Departamento de Mecânica)

---

Profa. Dra. Maria Nalu Verona  
(UTFPR – Departamento de Mecânica)

---

Prof. MsC. Maurício Pegoraro  
(UTFPR – Departamento de Mecânica)  
Orientador

---

Prof. Dr. Paulo Cezar Adamczuk  
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

\*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica

## RESUMO

GOETTEMS, Wagner Davi. PROPOSTA DE MELHORIAS NO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE: um estudo de caso em uma empresa de montagem de placas eletrônicas. 2018. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

Este trabalho apresenta os conceitos associados ao gerenciamento da qualidade com o emprego de suas respectivas ferramentas. Com base na revisão da literatura, apresenta-se: a evolução dos conceitos relacionados à gestão da qualidade ao longo das últimas décadas abordando seus essenciais princípios, a relevância da utilização de um sistema de gerenciamento da qualidade baseado em normas de qualidade em conjunto com a ideologia envolvida pelo ciclo PDCA, e a definição e exemplificação das principais ferramentas da qualidade empregadas no desenvolvimento de atividades de melhoria contínua. Neste contexto, este trabalho propõe desenvolver um procedimento para detecção e correção de não conformidades no processo produtivo de uma empresa do ramo eletroeletrônico utilizando conceitos e ferramentas da qualidade. O estudo traz como resultados detecção de não conformidades no processo analisado, levantamento de causas raízes atreladas às não conformidades identificadas e planos de ação propostos para atuar nas causas raízes levantadas. Sendo assim, é plausível denotar que a utilização dos conceitos, ferramentas e procedimentos aqui apresentados possibilitam sondar não conformidades relacionada a qualidade de produtos e processos no âmbito industrial em geral.

**Palavras-chave:** Gestão da Qualidade; Ferramentas da Qualidade; Melhoria Contínua.

## ABSTRACT

GOETTEMS, Wagner Davi. Improvements proposal in quality management system: a study case at an electronic plate assembly company. 2018. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

This undergraduate project presents concepts related to quality management using its respective tools. Based on literature review, are presented concepts evolution related to quality management over the last decades, addressing its essential principles, relevance of using a quality management system based on quality standards in conjunction with the ideology involved by PDCA cycle and, definitions and exemplifications about main quality tools used on development of continuous improvement activities. On this context, this study proposes the development of a procedure for detection and correction of nonconformities at a production process of an electronic plate assembly company using quality concepts and tools. The study results include, detection of nonconformities at the analyzed process, identification of root causes linked to identified nonconformities, and action plans proposed to act on root causes raised. Thus, it is plausible to denote that the use of concepts, tools and procedures introduced on this paper can help to verify quality problems in products and processes at industrial sphere.

**Keywords:** Quality Management; Quality Tools; Continuous Improvement.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Exemplo de um Gráfico de Pareto .....	26
Figura 2- Diagrama de Ishikawa, Causa e Efeito, Espinha de Peixe ou 6M .....	27
Figura 3- Exemplo de uma Folha de Verificação.....	28
Figura 4- Exemplo de um Fluxograma .....	30
Figura 5- Exemplo de um Histograma.....	31
Figura 6- O Ciclo PDCA .....	34
Figura 7- Etapas da Pesquisa .....	36
Figura 8- Fluxograma do processo produtivo.....	41
Figura 9- Histograma sobre a incidência de não conformidades.....	43
Figura 10- Diagrama de Pareto sobre as não conformidades ponderadas .....	47
Figura 11- Diagrama de causa e efeito “Falso negativo”.....	48
Figura 12- Diagrama de causa e efeito “Troca de componente” .....	49
Figura 13- Diagrama de causa e efeito “Curto de solda”.....	50

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Eras da Qualidade.....	18
Quadro 2- Escala de atribuição de notas para Matriz GUT .....	32
Quadro 3- Exemplo de matriz GUT .....	32
Quadro 4- Formulário do método 5W2H .....	32
Quadro 5- Não conformidade x Causas raízes potenciais .....	50
Quadro 6- Plano de ação para causa 1.....	52
Quadro 7- Plano de ação para causa 2.....	52
Quadro 8- Plano de ação para causa 3.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Critérios de avaliação para Matriz de priorização.....	39
Tabela 2- Descrição da não conformidade x Incidência.....	43
Tabela 3- Fatores GUT para o Técnico 1.....	44
Tabela 4- Fatores GUT para o Técnico 2.....	45
Tabela 5- Fatores GUT para o Técnico 3.....	45
Tabela 6- Média aritmética dos fatores GUT.....	46
Tabela 7- Descrição da não conformidade x Incidência ponderada.....	46
Tabela 8- Incidência quantitativa percentual das não conformidades.....	47



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	12
1.2 OBJETIVOS GERAIS .....	14
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
2.1 CONCEITOS HISTÓRICOS DA QUALIDADE .....	15
2.2 PRINCÍPIOS DA GESTÃO DA QUALIDADE .....	18
2.2.1 Normas (Série ISO 9000) .....	21
2.3 SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE .....	22
2.4 FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....	24
2.4.1 Estratificação .....	24
2.4.2 Diagrama de Pareto .....	25
2.4.3 Diagrama de Causa e Efeito .....	26
2.4.4 Folha de Verificação .....	27
2.4.5 Demais Ferramentas .....	29
2.4.6 Conceitos do Ciclo PDCA .....	33
2.5 A MANUFATURA DE PLACAS ELETRÔNICAS .....	35
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>36</b>
3.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO E COLETA DE DADOS .....	37
3.2 DIAGNÓSTICO E IDENTIFICAÇÃO DAS NÃO CONFORMIDADES .....	38
3.3 PROPOR AÇÕES DE CORREÇÃO .....	40
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>41</b>
4.1 MAPEAMENTO DOS PROCESSOS E COLETA DE DADOS .....	41
4.2 DIAGNÓSTICO E IDENTIFICAÇÃO DAS NÃO CONFORMIDADES .....	44
4.3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	48
4.4 PLANOS DE AÇÃO PROPOSTOS .....	51
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>
<b>APÊNDICE A- FOLHA DE VERIFICAÇÃO</b> .....	<b>61</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Organizações têm destinado esforços e investimentos no melhoramento contínuo da qualidade de seus produtos e serviços a fim de manter-se no mercado, cada vez mais exigente, e atender da melhor maneira possível seus consumidores, pois é esta a classe que gera entrada de recursos financeiros à empresa. Para que alcance níveis de concorrência é indispensável que ações estratégicas sejam tomadas pelas organizações com o objetivo principal de aumentar de fato a qualidade de produtos e serviços, reduzindo custos e desperdícios, mantendo inovação e melhoramento contínuo (SANTOS, 2006).

Essa corrida para o desenvolvimento de ações por parte da indústria pode ser naturalmente entendida devido ao fato de que o principal foco é o cliente, e este, por sua vez vem gradativamente aumentando seus padrões de qualidade em relação a produtos e serviços (MONTGOMERY, 2004).

Uma das principais ações estratégicas adotadas é implantar um sistema de gestão da qualidade baseado em normas. Martins, Egito e Souza (2008) explicita a importância da implantação de normas nessa categoria, possibilitando à empresa administrar seus recursos (materiais e humanos) de forma que atenda aos requisitos de seus clientes e também promova a redução de desperdícios e não conformidades.

A partir do momento em que surge uma norma que rege o sistema, emerge a necessidade do uso de ferramentas da qualidade que serão aplicadas em um Sistema de Gestão de Qualidade (SGQ), no qual possibilita às pessoas envolvidas nos processos da organização, desde o chão de fábrica até a cúpula gerencial, percepção e identificação de problemas para assim direcionar recursos para práticas de melhoria contínua que oportunizam promover maximização do desempenho organizacional reduzindo significativamente desperdícios, retrabalhos e não conformidades em todas as etapas do processo (CAMPOS, 1999).

O princípio básico para gerenciar um sistema de qualidade é “falar, raciocinar e decidir com dados e com base em fatos”, o que explicita a importância de que decisões dentro de uma organização que preze por qualidade devem ser tomadas embasadas em dados e fatos coletados, e não somente em experiências e opiniões (CAMPOS, 1999).

A implantação de um SGQ dentro de uma organização é de extrema relevância no processo de competitividade e atividade de mercado. Os impactos

provenientes das práticas de gerenciamento da qualidade repercutem diretamente no sucesso competitivo da empresa, pois na atual conjuntura econômica, a qualidade está essencialmente relacionada à lucratividade e uma vez que alcançada de forma global nos domínios da organização, possibilita atacar a concorrência em âmbitos de participação de mercado e redução de custos.

A gestão da qualidade é conceituada como sendo a filosofia proposta, ou seja, o modo de pensar e agir estrategicamente a fim de alcançar metas e objetivos globais da organização focados sempre no principal personagem deste contexto, o cliente. Para contemplar a garantia da qualidade, é citada a importância da documentação. É a partir desta concepção, de documentar de forma detalhada todos os processos e procedimentos, que é possível garantir a qualidade que se está propondo (MARQUES, 2006).

O controle da qualidade sugere que é necessário estabelecer um sistema que seja capaz de realizar a medição da qualidade a fim de que possibilite apontar se a qualidade estipulada está de fato sendo alcançada Crosby (1999 *apud* Marques 2006). Esse procedimento de medição de dados está diretamente atrelado ao SGQ, pois é esse processo que proporcionará o estabelecimento de métodos que orientam à medir a qualidade, ou seja, como realizar a arrecadação, processamento e avaliação destes dados. Dispondo destas avaliações, é possível gerar indicadores (qualidade mensurada) que são referências indispensáveis para o gerenciamento da qualidade.

Este trabalho visa apresentar os principais fundamentos conceituais relacionados ao gerenciamento da qualidade bem como, o uso de suas ferramentas elementares que serão utilizadas para embasar um estudo de caso em uma indústria do ramo eletroeletrônico. O escopo desta análise é empregar ferramentas da qualidade, que auxiliam na identificação de não conformidades, no processo de montagem de placas com circuito impresso visando propor ações de melhoria que minimizem a ocorrência das não conformidades constatadas.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Na área das engenharias, tem crescido o número de profissionais que depois de alguma experiência ou treinamento, atuam em áreas de gestão. Muitas das oportunidades oferecidas por grandes empresas nacionais e multinacionais para profissionais da Engenharia Mecânica são relacionadas com gerenciamento, pois a

formação em engenharia proporciona ao profissional uma visão diferenciada que permite desenvolver habilidades para resolver problemas de variadas origens e complexidades. No domínio da gestão da qualidade é possível englobar as competências de profissionais de muitas áreas, inclusive às atribuições do engenheiro mecânico. Para que um engenheiro mecânico atue em áreas de gerenciamento de qualidade é importante que, durante sua formação, obtenha e desenvolva conhecimentos em relação a conceitos, definições e ferramentas que contemplem o estudo da qualidade.

Para a indústria do setor eletroeletrônico, a premência em desenvolver novas tecnologias para suprir as necessidades que seu mercado consumidor vem exigindo ao longo da última década está em ascensão (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001). Nesse contexto, um eficiente gerenciamento da qualidade em organizações deste segmento é de substancial relevância. O presente trabalho estará direcionado à gestão da qualidade no âmbito de montagem de dispositivos eletrônicos, setor esse que se expandiu em larga escala na era da informação, após a era industrial.

Com o avanço das tecnologias envolvidas na engenharia de produtos eletrônicos, desponta a necessidade da fabricação de seus componentes eletrônicos. Como é possível observar, o tamanho físico de dispositivos eletrônicos segue uma tendência em assumir dimensões cada vez menores. A necessidade de produzir placas eletrônicas com tais características impulsionou o desenvolvimento de uma tecnologia baseada em montagem na superfície SMT (*Surface Mount Technology*). Os componentes SMT são montados utilizando máquinas com tecnologia de montagem por circuito impresso SMD (*Surface Mount Device*) que tratam-se de equipamentos com elevada precisão e automação (BROCHONSKI, 1999).

O desenvolvimento da tecnologia SMT diminuiu; porém não extinguiu a demanda de utilização da técnica THT (*Through Hole Technology*). Esta técnica, por sua vez, baseia-se na montagem de componentes eletrônicos com dimensões físicas maiores, quando comparados aos SMT, e utilizam a técnica PTH (*Pin Through Hole*), que significa pino através do furo. O procedimento PTH consiste em um conjunto de operações manuais para a inserção de componentes que atravessam a placa.

No ramo da manufatura de produtos eletroeletrônicos, é usual a combinação dessas duas tecnologias citadas acima, pois cada uma delas possui suas particularidades e aplicabilidades que atendem necessidades específicas requisitadas no projeto do produto. Resumidamente, pode-se esclarecer que os processos

envolvendo a tecnologia SMT precedem a utilização dos procedimentos atrelados à técnica THT.

Embora estes processos de montagem possuam elevada tecnologia e controles de qualidade, é possível constatar a ocorrência de defeitos e não conformidades. Uma vez que um defeito ou falha são detectados, cria-se a necessidade de realizar uma ação imediata para retrabalhar as placas com defeitos, o que eleva os custos de produção.

Com o intuito de reduzir a ocorrência de falhas e não conformidades faz-se necessário realizar um estudo nestes processos, com o propósito de detectar possíveis causas originadoras destas falhas, buscando o gerenciamento da qualidade aplicando suas respectivas ferramentas baseando-se em dados coletados em empresa do setor.

## 1.2 OBJETIVOS GERAIS

Desenvolver um procedimento para detecção e correção de não conformidades no processo produtivo de uma empresa do ramo eletroeletrônico utilizando conceitos e ferramentas da qualidade.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar um fluxograma do processo de montagem de placas eletrônicas com circuito impresso;
- Apontar etapas do processo onde não conformidades são detectadas;
- Elaborar metodologia que possibilite realizar a coleta de dados no processo;
- Identificar causas utilizando métodos e ferramentas da qualidade;
- Propor ações de correção aplicando ferramentas da qualidade.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONCEITOS HISTÓRICOS DA QUALIDADE

Os conceitos de qualidade podem ter diferenciados entendimentos em suas variadas aplicabilidades dentro ou fora da indústria. Devido ao fato desses conceitos que definem a palavra qualidade serem bastante amplos, cada autor no seu domínio de expertise define qualidade à maneira que atenda às suas aplicabilidades.

De acordo com o dicionário Aurélio, a palavra “qualidade” pode ser definida basicamente como atributo (bom ou mau), excelência ou superioridade em relação a alguma coisa. Para Ishikawa (1993), “qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto de qualidade que é mais econômico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor”. Outra definição de qualidade é conceituada como sendo a busca pelo atendimento das necessidades do cliente e a homogeneidade em resultados de processo (DEMING, 1990).

Para facilitar o entendimento do conceito sugere-se que a palavra qualidade seja sempre utilizada de maneira composta, ou seja, acompanhada do substantivo que está se referindo, por exemplo, qualidade da gestão, qualidade do sistema, qualidade do processo, qualidade do produto, qualidade do serviço. Desta forma, é possível ter um entendimento mais específico dos conceitos de qualidade o que possibilita uma avaliação mais coerente de um produto ou serviço quando necessário (MARQUES, 2006).

A concepção de qualidade vem acompanhando o homem desde os primórdios da humanidade, quando introduziu ao mesmo a ideologia de fazer o melhor, da maneira mais adequada possível para satisfazer uma determinada necessidade. Um fato que comprova essas colocações é o código de *Hamurabi*, escrito por volta de 1780 a.C, que determinava que se um construtor construísse uma casa, e esta apresentasse falhas decorrentes de seus atos e por algum motivo desabasse e matasse o morador, neste caso ocupando a posição de cliente, o construtor da moradia seria sacrificado (KING, 2004). Também é possível evidenciar aplicações dos conceitos de qualidade na arquitetura da Grécia, onde o padrão de suas construções possuem detalhes de elevada complexidade, precisão e alto padrão para a época (CARVALHO, 2002).

Ao longo da história os entendimentos de qualidade são subdivididos em eras da qualidade que apresentam características e preocupações básicas específicas que contemplam as necessidades de cada período: era da Inspeção, era do controle estatístico da qualidade, era da garantia da qualidade e era da gestão da qualidade total. Na sequência são apresentadas as principais características e particularidades pertinentes a cada uma das eras.

**Era da Inspeção:** Foi o período marcado pelo fato de que a fabricação de produtos era realizada exclusivamente por artesões que, com suas habilidades e experiências adquiridas ao longo de anos de profissão, conseguiam fabricar produtos com qualidade suficiente para atender aos requisitos dos seus clientes ainda que em nível grosseiro (PALADINI, 1995).

Naquela época, já se percebia a necessidade de padronizar os produtos principalmente no quesito que se refere à qualidade pois esta, ficava condicionada exclusivamente às habilidades do artesão. Buscando resolver esses problemas, surgiram então as propostas de administração científica de Taylor, que previam a padronização de todos os produtos para promover a industrialização e a produção em massa. Para possibilitar a aplicação destes fundamentos fez-se necessário a criação de sistemas que possibilitassem inspecionar, mensurar e testar os produtos. Nesta era, o sistema que foi desenvolvido consistia basicamente na criação de um posto de trabalho denominado “inspeção da qualidade”, onde o encarregado para a função realizava, no final do processo, uma verificação para avaliar se o produto em questão atendia ou não as especificações, fazendo a segregação dos mesmos.

**Era do Controle Estatístico da Qualidade:** Nesta fase, a produção em massa estava em constante expansão, produzindo grandes quantidades de produtos que necessitavam passar por um processo de garantia da qualidade pela indústria antes de chegar ao consumidor final. Como as quantidades produzidas eram de grande volume, tornava-se inviável a utilização do método desenvolvido na era da inspeção, que previa a verificação de todos os produtos, deste modo demandando muito tempo para que os encarregados realizassem a inspeção da qualidade. Para contornar o problema da elevada quantidade a ser inspecionada, Walter A. Shewhart, identificou que a variabilidade está relacionada aos processos industriais, propondo assim a utilização de técnicas estatísticas, amostragem, para o controle da qualidade. É importante salientar que nesta era foram estabelecidos padrões mínimos, para a aceitação de produtos, que são utilizados até os dias de hoje (MARQUES, 2006).



Era da Garantia da Qualidade: Marcada cronologicamente pelo fim da segunda guerra, este período apresentou a ideologia do círculo participativo dentro da qualidade, evidenciando a importância da participação das pessoas para que ocorra melhoramento contínuo no âmbito da gestão da qualidade nas organizações. A fase pós-guerra, alavancou avanços significativos no desenvolvimento de novos métodos e ferramentas para o gerenciamento da qualidade com o intuito de estabelecer uma visão mais ampla sobre sua relação com outras áreas de uma organização. Neste cenário, surgiram desenvolvimentos na área de custos por Juran, no âmbito de confiabilidade abrangendo áreas como aeroespacial e eletrônica por Feigenbaum, e no conceito de “Zero Defeito” estabelecido por Crosby, enfatizando que tais ferramentas continuam sendo utilizadas na atualidade. Destaca-se nesta era o entendimento de que é necessário mudar o escopo e agir na prevenção dos defeitos e não na correção, o que explicita a importância de fazer corretamente na primeira vez (MARQUES, 2006).

Era da Gestão da Qualidade Total: Fase em que se desenvolveu a gestão estratégica da qualidade, tendo início no final da década de 70. É possível associar esse período como um agrupamento dos métodos e ferramentas desenvolvidos anteriormente, com melhorias nos problemas que aprestaram ao longo do tempo. Neste contexto de qualidade total, foram introduzidos conceitos de que a qualidade não pode estar condicionada apenas à conformidade de especificações de um produto final, mas deve abranger os interesses e desejos dos clientes desde a concepção de um produto até sua conclusão. O principal fundamento que o controle da qualidade total apresenta é de que o ponto de partida, para o desenvolvimento de um produto ou prestação de um serviço, é entender e atender os quesitos em que o cliente está interessado, pois, é o consumidor que estabelece a qualidade (FEIGENBAUM, 1994).

O Quadro 1 apresenta de forma clara e resumida as principais características de cada uma das eras da qualidade.

Quadro 1- Eras da Qualidade

Características Básicas	Interesse Principal	Visão de Qualidade	Ênfase	Métodos	Papel dos Profissionais da Qualidade	Responsável pela Qualidade
Inspeção	Verificação	Um problema a ser resolvido.	Uniformidade do produto.	Instrumentos de medição.	Inspeção, classificação, contagem, avaliação e reparo.	Departamento de Inspeção.
Controle Estatístico do Processo	Controle	Um problema a ser resolvido.	Uniformidade do produto com menos inspeção.	Ferramentas e técnicas estatísticas.	Solução de problemas e a aplicação de métodos estatísticos.	Departamentos de Fabricação e Engenharia (o controle de qualidade)
Garantia da Qualidade	Coordenação	Um problema a ser resolvido, mas que é enfrentado proativamente.	Toda cadeia de fabricação, desde o projeto até o mercado, e a contribuição de todos os grupos funcionais para impedirem falhas de qualidade.	Programas e sistemas.	Planejamento, medição da qualidade e desenvolvimento de programas.	Todos os departamentos, com a alta administração se envolvendo superficialmente e no planejamento e na execução das diretrizes da qualidade.
Gestão Total da Qualidade	Impacto Estratégico	Uma oportunidade de diferenciação da concorrência.	As necessidades de mercado e do cliente.	Planejamento estratégico, estabelecimento de objetivos e a mobilização da organização.	Estabelecimento de metas, educação e treinamento, consultoria a outros departamentos e desenvolvimento de programas.	Todos na empresa, com a alta administração exercendo forte liderança.

Fonte: Torelli (2005).

## 2.2 PRINCÍPIOS DA GESTÃO DA QUALIDADE

Um princípio de gestão da qualidade pode ser entendido como uma crença ou regra, que possibilita à organização ser conduzida e operada com ideologias que permitem melhoramento contínuo, atendendo as necessidades dos clientes e das partes interessadas (MELLO, 2002).

Para facilitar a implantação de sistemas de gestão da qualidade nas indústrias, a norma ISO 9001 define oito princípios básicos que devem ser adotados, principalmente pela alta gerência, para que a organização atenda aos requisitos estabelecidos pela norma.

**Foco no Cliente:** O progresso de uma organização está condicionado ao atendimento dos requisitos de seus clientes, pois são os consumidores que mantêm a organização. Para que essas necessidades sejam entendidas e atendidas é

necessário que a organização disponha de um processo específico, que seja capaz de apontar os requisitos estabelecidos pelo consumidor e, posteriormente mensurar a satisfação do cliente e aferir se as necessidades estabelecidas foram atendidas (FLORENCIO, 2010).

**Liderança:** Para que a organização realmente atue com qualidade, faz-se necessário uma liderança sólida, que acompanhe continuamente os avanços e mudanças no mercado em que atua, estabelecendo objetivos e diretrizes envolvendo todas as pessoas, fazendo com que a organização evolua constantemente (BARBOSA, 2013).

**Envolvimento das Pessoas:** O envolvimento e comprometimento das pessoas é o bem mais valioso que uma organização possui. Para que o sistema de gestão da qualidade realmente tenha eficácia, faz-se necessário o envolvimento direto de seus colaboradores em todos os níveis. Formas de conduzir o envolvimento podem incluir treinamentos ou ainda, incluir a contribuição de todos os colaboradores para a resolução de eventuais problemas, pois o colaborador necessita perceber que suas habilidades estão sendo valorizadas pela organização, pois estão contribuindo no crescimento e desenvolvimento da organização (CARPINETTI, 2012).

Sendo assim é de suma importância que a alta direção tenha consciência da relevância do papel das pessoas dentro da organização, e encontrem meios para fazer com que essas tenham conhecimento da importância de seu trabalho, para que as metas e objetivos globais da organização sejam alcançados (PAULA, 2004).

**Abordagem de Processo:** Explicita a importância da relação entre os colaboradores e os processos. Organizações aumentam suas chances de alcançar seus objetivos e metas com sucesso quando suas atividades estão adequadamente gerenciadas por um processo (CARPINETTI, 2012). Um processo é constituído basicamente por um grupo de atividades logicamente relacionadas, que por meio de entradas submetidas à aplicação de algum recurso geram uma saída (produto) (FLORENCIO, 2010).

**Abordagem Sistêmica para Gestão:** Um sistema produtivo é um conjunto de processos logicamente interligados que atuam para a produção de bens ou serviços (VANNUCCI, 2004). Desta forma, esse item sugere que os colaboradores envolvidos nos processos tenham a visão que estes necessitam ser abordados como um sistema, o que possibilita o entendimento de que cada processo deve estar inter-relacionado com outros, fazendo com que o conjunto opere com eficácia e eficiência.

Melhoria Contínua: Este deve ser o objetivo global e permanente da organização que busca constantemente melhorar a satisfação de seus clientes. A organização deve adotar a filosofia de que seus processos e produtos devem ser hoje, melhor do que ontem, e amanhã melhor que hoje. Para melhorar seus processos, a organização deve buscar informações, em seu sistema de gerenciamento da qualidade, que possibilitem promover a melhoria contínua em seus processos e também individualmente em todos seus colaboradores (FLORENCIO, 2010).

Com o intuito de engajar em um ciclo de melhoramento contínuo, recomenda-se a adoção de práticas de padronização de atividades pois, proporcionam melhoramento na comunicação e compreensão das atividades por parte dos colaboradores o que possibilita melhoramento contínuo das habilidades individuais e também dos padrões que regem o sistema (CARPINETTI, 2012).

Abordagem Factual para Tomada de Decisões: A base desse princípio consiste no entendimento de que, a tomada de decisão dentro de uma organização necessita estar embasada em dados e informações. O sistema de gestão da qualidade disponibiliza aos líderes da organização um meio que propicia a obtenção de indicadores, provenientes de auditorias externas ou internas, que geram dados e informações que auxiliam na estruturação lógica que converge para a tomada de decisões (CARPINETTI, 2012).

Benefícios Mútuos nas Relações com os Fornecedores: Uma boa prática que possibilita que a organização alcance seus objetivos é manter uma boa relação com seus fornecedores, fazendo uso da política ganha-ganha, onde seus colaboradores e toda sua cadeia de fornecimento são tratados como parceiros, o que proporciona maior comprometimento de todos no que se refere à prazos, qualidade e custos, assegurando assim um arranjo em que todas as partes são beneficiadas (BARBOSA, 2013).

O atendimento aos fundamentos destes oito princípios básicos, proporcionam à organização as diretrizes elementares para viabilizar a implantação de um sistema de gestão da qualidade que, por sua vez irá permitir que a organização conquiste a competência em fornecer produtos de elevada qualidade, atendendo aos requisitos de seus consumidores, aumentando sua satisfação gradativamente (ADAMS, 1997).

### 2.2.1 Normas (Série ISO 9000)

Com a evolução dos conceitos que envolvem a qualidade de bens ou serviços, criou-se a necessidade da elaboração de documentos que pudessem de alguma forma regulamentar e estabelecer padrões mínimos que devem ser atendidos pelas organizações no cumprimento aos requisitos dos clientes. Em um primeiro momento, estes documentos são rotulados como sendo documentos normativos que genericamente abrangem especificações e normas técnicas (FERREIRA, 2006). Deste modo, entende-se que um documento normativo é um conjunto de normas que são estabelecidas por consenso e aprovadas por uma organização internacional não governamental denominada, *International Organization of Standardization* (ISO).

A fundação de uma organização internacional, visando elaborar um sistema único composto por normas, tem como missão a criação de métodos que convergem para o desenvolvimento da normalização de processos e atividades, visando facilitar a troca internacional de informações, bens e serviços (SZYSKA, 2001).

O escopo da implantação e seguimento de normas dentro de uma organização, é alcançar qualidade em proporções que atinjam todas as partes envolvidas. Sendo assim a indústria, com o propósito de atender aos requisitos de seus clientes, também estabelece padrões mínimos de qualidade que devem ser atendidos por seus fornecedores com o intuito de que as matérias primas fornecidas estejam em condições adequadas para que a organização consiga atender, em seus produtos ou serviços, os padrões de qualidade estabelecidos por seus clientes (YAMANAKA, 2008).

As normas da série ISO 9000, resultaram da concepção das normas criadas por volta da década de 50 nos segmentos da indústria militar e nuclear, que devido às necessidades da época, estabeleciam especificações e padrões que visavam aumentar a segurança nos setores envolvidos e, principalmente estipular padrões de qualidade e de referência, quanto a fabricação de artefatos militares (MARANHÃO, 2001).

Os modelos normativos estabelecidos pela ISO 9000, apresentam um conjunto de normas técnicas direcionadas especificamente para os sistemas de gerenciamento da qualidade, podendo estas, serem aplicadas internacionalmente, independentemente do tamanho da organização ou da área de atuação (FERREIRA FILHO, 2008).

Os benefícios diretos oriundos da adoção das normas da série 9000 são as diretrizes que auxiliam a implantação do sistema de gestão da qualidade, enfatizando o total registro de documentos que possibilitam corrigir imperfeições do sistema (MARQUES, 2006). Inicialmente, quando adotadas, os conjuntos de normas proporcionam notáveis melhorias na organização, principalmente em relação à comunicação entre os setores que passam a ser interligados com o auxílio de documentos e registros (MELLO, 2002).

Para que uma organização obtenha certificação em uma norma deste segmento, que envolve a série ISO 9000, é necessário cumprir uma série de requisitos e submeter-se a minuciosos procedimentos de auditoria externa, que realizam a verificação do cumprimento da norma em questão por meio de procedimentos pré-estabelecidos, assegurando assim para organização a posse da certificação por um determinado período de tempo.

Além das normas da série ISO 9000, existem outros conjuntos de normas como, por exemplo, as da classe ISO 14000, que são uma série de padrões que regulamentam diretrizes para garantir que uma determinada organização, podendo ser pública ou privada, pratique a gestão ambiental em seus procedimentos e processos. A implantação de normas neste segmento visa principalmente assegurar o equilíbrio e proteção ambiental, precavendo a poluição juntamente com seus respectivos malefícios. A versão brasileira que representa este conjunto de normas é a (Associação Brasileira de Normas Técnicas) ABNT NBR ISO 14000.

No Brasil o instituto que controla o atendimento a padrões de qualidade é o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Tal instituição, rege verificações de metrologia e tecnologia, certificando empresas que buscam o atender diferenciados padrões de qualidade pré-estabelecidos por normas técnicas, que visam a total satisfação do consumidor.

### 2.3 SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE

No século passado, as práticas de gestão da qualidade estavam focadas na inspeção e controle dos resultados oriundos do processo, com o intuito de garantir conformidade com especificações, o que limitava o gerenciamento da qualidade apenas ao processo de fabricação (TOLEDO; CARPINETTI, 2000).

Com o desenvolvimento dos novos conceitos, que surgiram com o progresso ao decorrer das eras da qualidade, os sistemas de gestão da qualidade expandiram-se para setores além da produção, passando a envolver as organizações como um todo.

Para um entendimento adequado deste tópico, é necessário compreender com clareza o que o conceito de sistema representa neste tema. Simplificando, um sistema é um conjunto de ações, regras e procedimentos, que abrange diferentes grupos hierárquicos dentro das organizações, que desta forma, trabalham de forma conjunta para conquistar o objetivo comum pelo qual o sistema foi criado, neste caso, alcançar qualidade (MARQUES, 2006).

Buscando apresentar de forma sucinta algumas orientações para estabelecer um sistema de qualidade Crosby (1999 *apud* Marques 2006), destaca três pilares elementares que devem ser considerados para que qualquer programa de qualidade apresente efeitos positivos:

- 1- Orientações escritas sistematicamente, definindo instruções para cada procedimento;
- 2- Integridade interpessoal entre os membros-chaves para o funcionamento do sistema;
- 3- Estabelecendo desempenho zero defeito como padrão, e fazendo com que as equipes de alta gerência adotem e atuem uniformemente à esta filosofia.

A partir destes três primórdios apresentados, é possível refinar o entendimento no que se refere ao sistema de gestão, compreendendo o mesmo como uma série de documentos, organizados de maneira estratégica, respeitando as prioridades elencadas pela empresa, que a partir destes primórdios visa padronizar documentos para que seu sistema de gerenciamento funcione e agregue valor para a organização (MARQUES, 2006).

Com o elevado aumento da competitividade no mercado, organizações têm observado que a utilização de sistemas de gestão da qualidade proporcionam oportunidades de expansão, através de melhorias em seus processos, que conseqüentemente elevam os padrões de seus produtos e serviços, acarretando em aumento significativo da satisfação de seu mercado consumidor (MEDEIROS, 2008).

O aprimoramento nos padrões se dá pelo fato de que a utilização de um sistema de gestão da qualidade traz consigo o uso de suas ferramentas, que por sua vez proporcionam que a organização consiga não apenas implantar, mas gerenciar e

checar a qualidade de seus processos, garantindo assim elevados padrões para seus produtos ou serviços (FALCONI, 2010).

Sistemas capazes de elevar os padrões, que envolvem a qualidade de bens e serviços, são de direto interesse de indústrias que visam alcançar o almejado produto perfeito, pois o fator determinante que definirá se, a qualidade desejada de um produto ou serviço será alcançada, relaciona-se ao sistema à que estes estão submetidos (MARQUES, 2006).

## 2.4 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As ferramentas da qualidade proporcionam metodologias e técnicas fundamentais para o acompanhamento de um programa de gerenciamento da qualidade. Para Corrêa e Corrêa (2012) a utilização das ferramentas da qualidade tem como objetivo primordial auxiliar os setores de gerenciamento das organizações na tomada de decisões, principalmente no desenvolvimento de estratégias para resolução de problemas e no melhoramento contínuo de procedimentos e processos.

A utilização das ferramentas, auxiliam significativamente na investigação das causas que geram problemas, defeitos e não conformidades em processos dentro de uma organização. Uma vez que o motivo raiz de um problema é identificado, é possível elaborar ações para atacar causa e impedir que este mesmo defeito venha a acontecer novamente (CARPINETTI, 2012). Nos próximos itens deste trabalho serão apresentados conceitos referentes às ferramentas da qualidade.

### 2.4.1 Estratificação

A estratificação é uma ferramenta cujo escopo consiste basicamente na divisão de um problema ou grupo de problemas em partes menores, subdivididos conforme os fatores de estratificação que são estabelecidos de acordo com os dados e informações que o problema dispõe (CARPINETTI 2012). Em um processo produtivo, as causas geradoras de problemas, falhas e defeitos podem ser de origens diferenciadas, porém estas razões distintas são as responsáveis por estabelecer possíveis fatores de estratificação em que os dados do problema possam ser submetidos (TRIVELLATO, 2010).



Para Werkema (1995) a metodologia de estratificação consiste no agrupamento de dados e informações sob diferentes pontos de vista com o objetivo de focalizar a ação e facilitar a análise destes. Para a estratificação de dados referentes a problemas encontrados em processos produtivos industriais é frequente observar a subdivisão em aspectos como tempo, máquina, matéria prima, turno, pessoas envolvidas, operador, medida e condições ambientais (WERKEMA, 2006).

Como exemplo, pode-se subdividir um estabelecido índice de desempenho por operador e por dias da semana, permitindo assim verificar se algum defeito está sendo gerado por um operador em específico ou se o dia da semana está causando variação na ocorrência de falhas no processo produtivo.

#### 2.4.2 Diagrama de Pareto

Segundo Corrêa e Corrêa (2012), o princípio que rege a metodologia envolvida nesta importante ferramenta da qualidade foi desenvolvido por Vilfredo Pareto que, por volta do ano de 1900, realizou um estudo investigando a distribuição de renda e constatou que 80% da riqueza estava sob domínio de apenas 20% da população. Desta forma, seguindo os mesmos princípios, Juran percebeu que esta metodologia de análise poderia ser empregada a problemas envolvendo a qualidade de produtos e serviços, evidenciando que um elevado volume de defeitos poderia estar condicionado a uma limitada quantidade de causas (OLIVEIRA; ALLORA; SAKAMOTO, 2006).

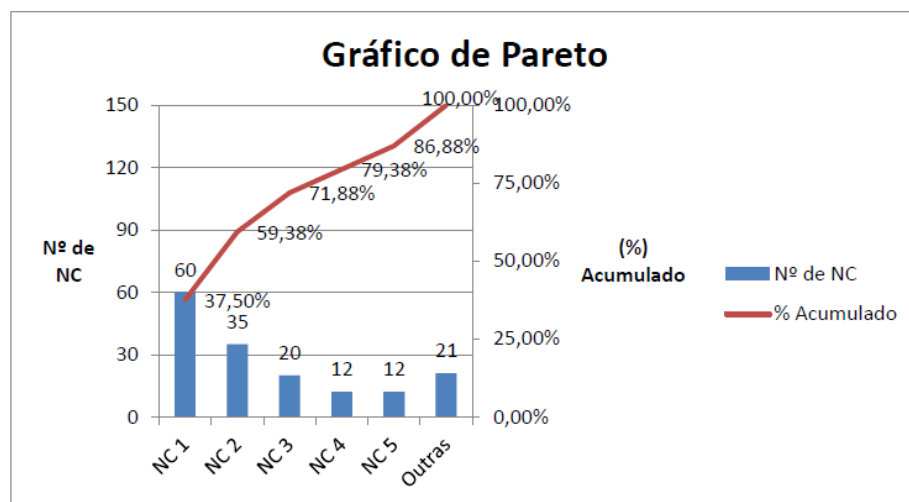
O diagrama de Pareto é uma ferramenta da qualidade que consiste basicamente, em um gráfico de barras verticais onde sua representação expressa à variação da maior para a menor amplitude, que representa a quantidade de ocorrências, da esquerda para a direita. Ainda neste mesmo diagrama representa-se uma curva, crescente da esquerda para a direita, que inicia com a porcentagem referente à primeira barra vertical e segue na direção das barras verticais subsequentes, visando evidenciar suas respectivas porcentagens acumuladas (WERKEMA, 2006).

Este modelo de representação gráfica tem como objetivo, expor com clareza a quantidade que um determinado defeito ou falha é constatado expressando também, com a curva de porcentagens acumuladas, as adversidades que originam estes defeitos evidenciando seu respectivo impacto (TRIVELLATO, 2010). Deste

modo esta ferramenta permite, a partir de uma análise gráfica, identificar e consequentemente direcionar recursos para atacar os problemas que apresentam maior impacto dentre as adversidades levantadas (WERKEMA, 2006).

A Figura 1 demonstra um exemplo de um diagrama de Pareto onde o índice NC refere-se a não conformidades registradas em um processo genérico e a curva em vermelho representa a porcentagem acumulada. Vale lembrar que sua construção parte de dados que já passaram pelo procedimento de estratificação.

**Figura 1- Exemplo de um Gráfico de Pareto**



Fonte: Junior (2006).

#### 2.4.3 Diagrama de Causa e Efeito

Esta ferramenta, também conhecida como diagrama de Ishikawa, foi desenvolvida pelo engenheiro Kaoru Ishikawa, com o intuito de expressar como diversos fatores que envolvem um processo produtivo podem estar correlacionados entre si, exercendo interferência um sobre os outros (TRIVELLATO, 2010). O emprego desta ferramenta da qualidade possibilita a seus usuários, identificar com maior facilidade quais são as possíveis causas raízes que estão gerando defeitos ou não conformidade em algum processo produtivo ou produto, facilitando também no desenvolvimento de possíveis soluções para a correção destas falhas.

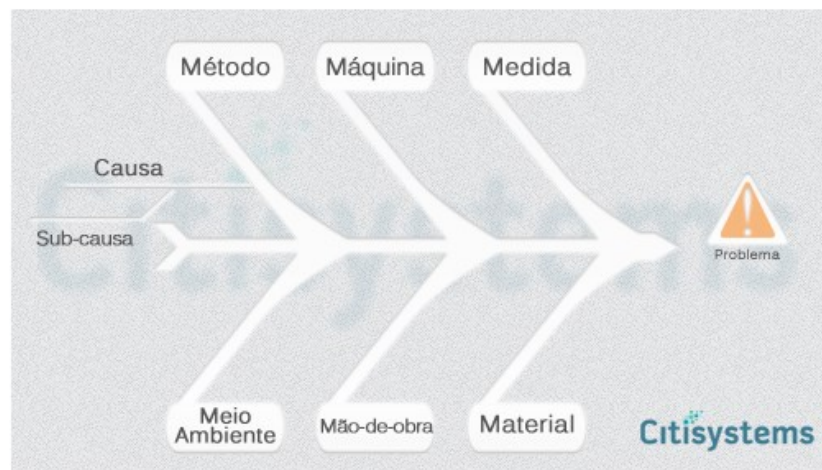
Segundo Werkema (2006), para que a utilização desta ferramenta da qualidade apresente resultados satisfatórios é importante atentar-se para que, no momento em que o digrama está sendo construído, estejam presentes o maior

número de pessoas envolvidas com o problema em questão, com o objetivo de que o máximo de informações sejam incorporadas a metodologia.

Usualmente, para fragmentação das causas sugere-se que estas sejam divididas de acordo com o conceito dos 6M que às distingue em: materiais, métodos, máquinas, mão-de-obra, meio ambiente e medidas (TRIVELLATO, 2010). É importante mencionar que tal divisão pode ser alterada, e adaptar-se situacionalmente com o defeito ou problema em que esta ferramenta está sendo empregada.

A representação gráfica do diagrama de Ishikawa é também conhecida como Espinha de Peixe devido ao seu formato similar. A Figura 2 apresenta um exemplo de um diagrama de causa e efeito onde é possível observar a utilização do conceito dos 6M e também, que o efeito (problema) está localizado à direita e as causas são representadas à esquerda.

**Figura 2- Diagrama de Ishikawa, Causa e Efeito, Espinha de Peixe ou 6M**



**Fonte: Citisystems (2017).**

#### 2.4.4 Folha de Verificação

A folha de verificação, é uma ferramenta que foi desenvolvida com intuito de auxiliar e facilitar o recolhimento de informações, sendo que o principal objetivo do emprego desta, consiste em padronizar a coleta de dados proporcionando assim maior agilidade nos procedimentos subsequentes, que visam compilar e estratificar estas informações (CARPINETTI, 2012).

Para Werkema (2006) a folha de verificação consiste em um formulário onde os tópicos, que se pretende verificar, já devem estar impressos no documento com a intenção de simplificar e principalmente agilizar o processo de registro das informações e/ou dados. Existem variados modelos de folhas de verificação, sendo que cada um destes atende a condições específicas, necessitando assim, que se realize uma investigação para estabelecer qual modelo melhor se adequa a situação exigida.

Um exemplo de folha de verificação que é muito utilizada na indústria são aquelas que são desenvolvidas para a localização de defeitos juntamente com suas respectivas taxas de incidências. Esta categoria de folhas de verificação possibilita viabilizar a investigação de causas raízes, que são geradoras de defeitos, pois com os dados e informações levantados sobre estas falhas é possível visualizar onde se concentram e direcionar recursos para corrigi-las (TRIVELLATO, 2010).

Cronologicamente os procedimentos que envolvem o emprego de folhas de verificação antecedem a utilização de outras ferramentas da qualidade, como por exemplo, estratificação e o Gráfico de Pareto. Isto se dá pelo fato de que a folha de verificação, é a primeira etapa em que dados extraídos de um determinado problema ou defeito são registrados.

A Figura 3 demonstra um simples exemplo de uma folha de verificação onde, observa-se as razões que causam um determinado problema, juntamente com o número de ocorrências. Vale lembrar que esta ferramenta pode ser empregada nos mais diversos setores e modalidades de indústrias, adaptando-se de acordo com cada particularidade imposta pela situação ou problema.

**Figura 3- Exemplo de uma Folha de Verificação**

<b>Razões</b>	<b>Número de ocorrências</b>
Separação errada	45
Faturamento incorreto	60
Atraso da transportadora	125
Pedido errado	30
Atraso na entrega	140
Preço errado	20
Produto danificado	65
Outros	15
Total	500

**Fonte: Corporativo Supply (2017).**

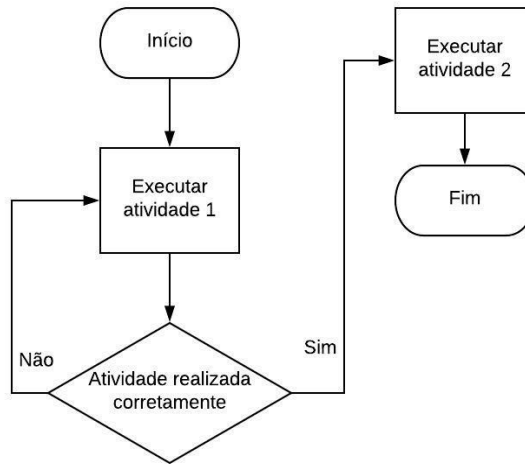
#### 2.4.5 Demais Ferramentas

No âmbito do gerenciamento e controle da qualidade existem diversas ferramentas que amparam, auxiliam e direcionam para a identificação e resolução de problemas em processos produtivos ou produtos. Nos próximos parágrafos serão apresentadas, sucintamente, mais algumas ferramentas da qualidade que atualmente são frequentemente empregadas na indústria, tais como: *brainstorming*, fluxograma, histograma, matriz de priorização GUT e 5W2H.

O *brainstorming* é uma ferramenta cujo entendimento provém de sua tradução literal, que significa tempestade de ideias. O escopo da utilização desta ferramenta é reunir o maior número de pensamentos possíveis, no menor espaço de tempo. A metodologia consiste basicamente em reunir um determinado número de pessoas em um local e, de forma organizada iniciar um diálogo, onde todas as ideias devem ser registradas. A abordagem pode ser realizada através de duas principais técnicas: Estruturado, onde a cada rodada os membros devem apresentar ideias e; não estruturado, onde os membros podem apresentar as ideias aleatoriamente. O método prevê ainda que nenhuma hipótese ou opinião deve ser descartada, pois ideias aleatórias de diferentes pontos de vista podem introduzir possíveis diretrizes que auxiliam diretamente na busca pela identificação de causas e solução de problemas (WERKEMA, 2006).

O fluxograma trata-se de uma ferramenta que intenta, de forma gráfica, proporcionar uma visualização panorâmica de um determinado processo, propiciando uma fácil compreensão das atividades e etapas que compõe o fluxo do processo em questão (CAMPOS, 1992).

A representação do fluxograma visa ilustrar de forma sequencial como as etapas de um processo estão interligadas e relacionadas, identificando com clareza a ordem em que estas ocorrem. A Figura 4 representa um exemplo de um fluxograma, sendo que cada símbolo significa um determinado padrão de operações.

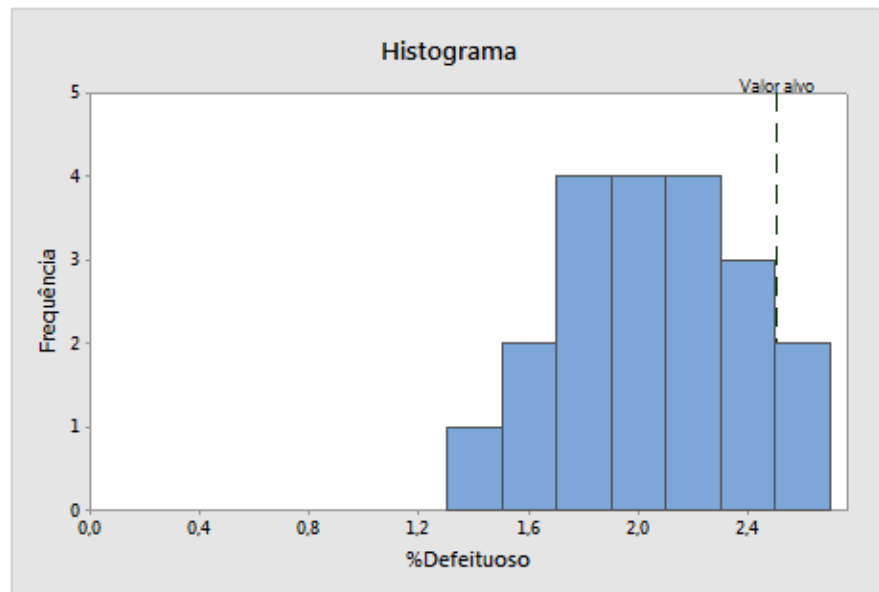
**Figura 4- Exemplo de um Fluxograma**

**Fonte: Adaptado de Aghatha Wordpress (2017).**

Outra importante ferramenta da qualidade é o Histograma, fundamentado a partir da construção em gráficos de barras, expressa a distribuição e frequência em que uma determinada variável é observada (CAMPOS, 1992). O escopo da utilização desta ferramenta é auxiliar na visualização, possibilitando a verificação da quantidade, normalidade e repetitividade em que um defeito ou falha está ocorrendo dentro de um processo produtivo. Para sua construção faz-se necessário a arrecadação de dados e informações utilizando, por exemplo, uma folha de verificação.

A Figura 5 apresenta um exemplo genérico de um Histograma onde é possível observar a frequência, no eixo das ordenadas, e a porcentagem de ocorrência de um defeito, no eixo das abcissas.

**Figura 5- Exemplo de um Histograma**



**Fonte: Support Minitab (2017).**

A matriz GUT consiste em uma essencial ferramenta de gestão da qualidade que tem como objetivo, auxiliar na tomada de decisão quando se necessita, a partir de um conjunto de problemas, priorizar quantitativamente as adversidades que mais impactam. A sigla GUT, empregada para esta matriz de priorização, é definida respectivamente, gravidade, urgência e tendência (MANDARINI, 2005).

Para o entendimento da aplicabilidade desta ferramenta, faz-se necessário compreender de fato o significado de cada um dos parâmetros que a mesma considera. De acordo com Gomes (2006), o termo gravidade considera a criticidade do problema e seu impacto caso o mesmo venha a acontecer; a expressão urgência relaciona-se aos prazos, disponíveis ou necessários, para que as cabíveis providências sejam tomadas visando a resolução da adversidade; por fim, a palavra tendência implica em uma análise em relação a uma eventual intensificação do problema, ou seja, avaliar se o problema pode piorar com o passar do tempo.

Para quantificar os parâmetros estabelecidos pela matriz GUT utiliza-se um sistema de avaliação, através da atribuição de notas, para cada um dos critérios (gravidade, urgência e tendência), podendo estas variarem entre 1 e 5. Uma vez que as notas são atribuídas individualmente para cada um dos critérios, basta multiplicar horizontalmente as notas que foram geradas para cada um dos parâmetros (G x U x T). É importante salientar, que a adversidade que apresentar o maior valor deverá ser

tratada prioritariamente pois, de acordo com a matriz de priorização estudada, este é o problema que mais impacta (MARSHALL, 2008).

Os Quadros 2 e 3 apresentam, respectivamente, um exemplo de escala numérica para atribuir notas e um exemplo de utilização da matriz GUT.

**Quadro 2- Escala de atribuição de notas para Matriz GUT**

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
5	Alta	Imediata	Piorar Bruscamente
3	Média	Mais rápido possível	Vai piorar
1	Baixa	Pode esperar	Constante

Fonte: Adaptado de Paladini (2004).

**Quadro 3- Exemplo de matriz GUT**

Problema	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	GxUxT	Ordem de Prioridade
Problema 1	5	4	2	40	2º
Problema 2	5	3	1	15	3º
Problema 3	3	5	4	60	1º

Fonte: Adaptado de Marshall (2008).

Por fim, apresenta-se a 5W2H, ferramenta de gestão, cujo objetivo é usualmente auxiliar na elaboração de planos de ação que atuam no direcionamento, desenvolvendo um planejamento para resolução de problemas (PESSOA, 2008). Para utilizar esta ferramenta é necessário que o problema ou defeito, de um processo produtivo ou produto, já esteja claramente definido. A metodologia consiste basicamente em responder às sete perguntas que esta ferramenta propõe, sendo elas: *what, why, how, who, when, where* e *how much*.

O Quadro 4, apresenta o escopo de cada uma das perguntas, envolvendo o formulário de questionamentos que a metodologia sugere.

**Quadro 4- Formulário do método 5W2H**

5W				2H		
WHAT (O quê?)	WHERE (Onde?)	WHY (Por quê?)	WHO (Quem?)	WHEN (Quando?)	HOW (Como?)	HOW MUCH (Quanto?)
- Qual a tarefa? - O que será feito? - Quais são as contramedidas para eliminar	- Onde será executada a tarefa?	- Por que esta tarefa é necessária?	- Quem vai fazer? Qual departamento?	- Quando será feito? - A que horas? - Qual o cronograma a ser seguido?	- Qual o método? De que maneira será feito?	- Qual será o custo da tarefa?

Fonte: Núcleo do Conhecimento (2017).



#### 2.4.6 Conceitos do Ciclo PDCA

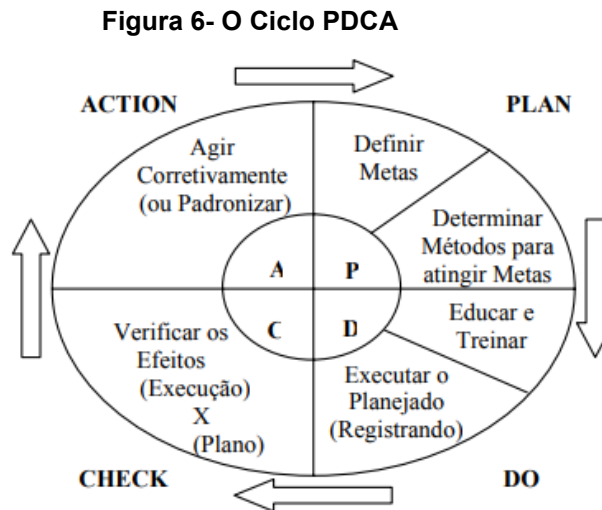
Na década de 20, Walter Shewhart desenvolveu os primeiros conceitos que embasaram a criação da metodologia que rege o ciclo PDCA. Com o intuito de desenvolver um método que melhor representasse o gerenciamento de uma atividade de forma cíclica buscaram-se no TQM (*Total Quality Management*) as diretrizes para fundamentar o desenvolvimento dos conceitos desta metodologia. Posteriormente, por volta de 1950, o método foi empregado em larga escala na indústria pelo engenheiro Willian Deming, obtendo significativos resultados, promovendo assim a disseminação da metodologia que ficou conhecida mundialmente como o ciclo PDCA (AGOSTINETTO, 2006).

A utilização desta metodologia envolve questionamentos sobre a realização das atividades em um determinado processo, ou seja, cada etapa que envolve o ciclo deve ser questionada, esclarecida e entendida para viabilizar a eficácia do método e possibilitar que as fases seguintes da metodologia sejam atendidas. Sendo assim, como o próprio nome sugere o método PDCA opera de forma cíclica, ou seja, quando a última etapa da metodologia é executada, volta-se para a primeira fase, recomeçando o ciclo, incentivando assim a ideologia de um sistema que visa o melhoramento contínuo (AGOSTINETTO, 2006).

No passado, o emprego da metodologia envolvendo o ciclo PDCA estava reservado aos processos que envolviam de fato a fabricação de produtos. Com o passar dos anos, devido às constantes evoluções das ideologias e filosofias adotadas pelas indústrias, percebeu-se que os conceitos que envolvem e fundamentam o ciclo PDCA poderiam ser adotados para uma ampla variedade de processos que constituem uma organização, necessitando apenas de adaptações específicas para cada aplicação, envolvendo assim a maioria dos processos de uma organização (TRIVELLATO, 2010).

Sendo assim, os conceitos que envolvem o ciclo PDCA podem ser empregados em todos os níveis e setores de uma organização, desde o chão de fábrica até a alta gerência, proporcionando para seus usuários uma importante ferramenta da qualidade que auxilia no gerenciamento, manutenção e melhoramento contínuo dos processos em que é empregado (THOZO, 2006).

Conforme o esquema apresentado na Figura 6 é possível observar que o ciclo PDCA é subdividido em quatro macro etapas essenciais, sendo elas: *Plan*, *Do*, *Check* e *Action*.



Fonte: Campos, V. F. (1999).

A primeira fase que compõe o ciclo está relacionada à palavra (*Plan*), que neste contexto significa planejamento. Nesta etapa busca-se identificar o problema e a partir deste definir objetivos, metas e também determinar os métodos ou processos necessários para que seja possível gerar os resultados esperados. Para a definição destes, é de suma importância que sejam analisadas as políticas da organização e também os requisitos do cliente (FLORENCIO, 2010).

Seguindo a ordem do ciclo tem-se a segunda etapa que é expressa pela palavra *Do* que traduzida, refere-se ao ato de fazer. Portanto, esta fase consiste basicamente em colocar em prática as atividades ou procedimentos que foram definidos na etapa anterior, seguindo conforme metodologia previamente estabelecida. Para esta etapa, cabem ainda os procedimentos de coleta de dados (registro), para que seja possível a verificação dos procedimentos e, desenvolvimento de treinamentos que visam educar e motivar os colaboradores visando total comprometimento das pessoas envolvidas (TRIVELLATO, 2010).

Na sequência, tem-se a subdivisão referente ao conceito *Check*, que tem como objetivo evidenciar e verificar se o trabalho está sendo realizado conforme foi estabelecido na primeira etapa do ciclo e também, investigar se os resultados contemplam os objetivos e metas que foram estabelecidos (FLORENCIO, 2010).

Na última fase do ciclo tem-se o termo *Action*, que nesta ocasião refere-se às ações que serão tomadas. Nesta fase do ciclo busca-se verificar se os resultados alcançados atingiram o padrão pré-estabelecido. Quando acontecem desvios significativos dos resultados esperados, inicia-se uma investigação para esclarecer as causas, promovendo a partir destas, ações para evitar futuros desvios, podendo estas ações serem corretivas ou de melhoria. Caso os resultados alcançados contemplem os objetivos estabelecidos, sugere-se que a metodologia utilizada durante a execução do ciclo seja adotada como um procedimento padrão (TRIVELLATO, 2010).

Desta forma, para que a o ciclo PDCA realmente apresente resultados de relevância, se tratando de melhoramento contínuo, é necessário que a organização exerça suas atividades seguindo uma filosofia em que todos os colaboradores envolvidos estejam motivados, possuindo conhecimento dos objetivos e metas de seu setor e, compreendendo a importância de suas atividades para que os objetivos e metas globais da organização sejam alcançados (AGOSTINETTO, 2006).

## 2.5 A MANUFATURA DE PLACAS ELETRÔNICAS

As indústrias de manufatura de placas eletrônicas, na sua grande maioria atuam como sendo empresas terceirizadas, que por sua vez realizam a montagem de placas eletrônicas de acordo com as necessidades específicas de cada cliente. Os processos envolvidos na montagem de placas eletrônicas com circuito impresso envolvem a tecnologia SMT (*Surface Mount Technology*) e a tecnologia THT (*Through Hole Technology*) (BROCHONSKI, 1999).

Existem basicamente dois tipos de configuração que regem a filosofia industrial deste segmento, sendo elas: *Low-Mix High-Volume* (LMHV) e *High-Mix Low-Volume* (HMLV). O estilo de produção (LMHV) representa uma configuração em que uma baixa variedade de produtos é produzida, porém em larga escala. O modo de produção *High-Mix Low-Volume* expressa uma elevada diversidade de produtos e clientes porém, produzindo em quantidades menores (MARCANTE, 2013).

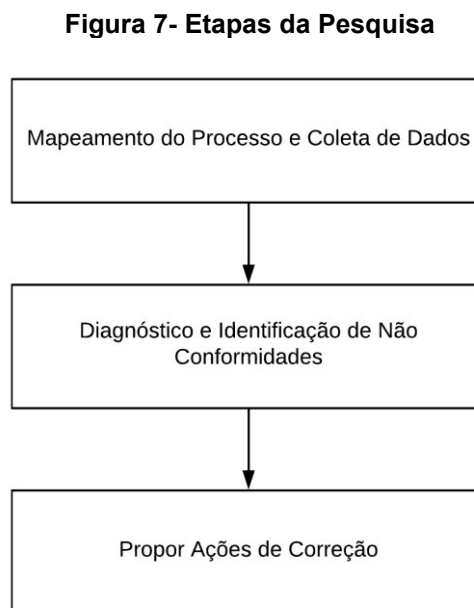
Mesmo que muitas vezes tem-se uma produção em escala reduzida, o valor agregado a esta categoria de produtos é extremamente alta. Deste modo justifica-se a utilização das metodologias e ferramentas da qualidade para auxiliar nos processos produtivos deste segmento com o intuito de diminuir desperdícios e serviços de retrabalho que geram aumento nos custos de produção.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentadas metodologias e ferramentas que foram utilizadas em um estudo de caso que teve como objetivo principal identificar problemas e falhas no processo de montagem de placas eletrônicas com circuito impresso, envolvendo as tecnologias SMT e THT.

Este estudo é caracterizado como sendo predominantemente descritivo, onde o método científico consiste em propor uma série de atividades pré-definidas com o intuito de obter dados reais visando encontrar soluções para um dado problema através da execução de um estudo de caso. A empresa que envolve este estudo de caso é uma firma que atua no ramo de montagem de placas eletrônicas localizada no estado do Paraná. O direcionamento desta investigação se deu por meio de um *brainstorming* realizado com pessoas que gerenciam o processo produtivo deste segmento.

A metodologia apresentada para este estudo de caso é subdividida em três macro etapas, onde cada fase envolve um conjunto de atividades combinando a utilização de ferramentas da qualidade. As macro etapas estão caracterizadas no fluxograma apresentado na Figura 7.



**Fonte- Desenvolvido pelo próprio autor (2018).**

As etapas propostas estão descritas detalhadamente nos itens subsequentes, seguindo cronologicamente a sequência apresentada no fluxograma acima.

### 3.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO E COLETA DE DADOS

Para iniciar o estudo de caso, foi necessário compreender o processo de produção de placas eletrônicas de circuito impresso, que utilizam as tecnologias SMT THT. Para facilitar o entendimento deste processo produtivo, foi elaborado um fluxograma contendo as etapas que envolvem a montagem de placas eletrônicas abrangendo as técnicas de montagem SMT e THT.

Em conjunto com o fluxograma, que apresenta as atividades exercidas no processo, foram elaborados comentários pertinentes, visando um entendimento mais amplo sobre as fases que envolvem o processo produtivo. Para a representação do fluxograma foi utilizado a plataforma *online Lucidchart*, que trata-se de um *software* gráfico que possibilita, acessivelmente e intuitivamente, o desenvolvimento de fluxogramas ou mapas mentais.

Para a coleta de dados foi necessário o auxílio dos colaboradores que trabalham nos processos de montagem, testes, profissionais técnicos que realizam serviços de retrabalho no processo produtivo, juntamente com líderes e supervisores e em paralelo com o setor da gestão da qualidade. O posto de trabalho do processo denominado, célula de reparo, foi estabelecido como a etapa do processo para a arrecadação de dados. Este posto de trabalho foi selecionado pois propiciou arrecadar informações sobre as não conformidades detectadas durante as atividades e procedimentos de testes e, como estas estão sendo reparadas.

Uma vez definida e estabelecida a etapa do processo produtivo em que a coleta de dados fosse coerente e possível, iniciou-se a elaboração de uma folha de verificação padrão, (Apêndice A) que através de planilhas interativas no *Excel* e com o auxílio de um leitor de código de barras possibilitou abordar a arrecadação das informações referentes aos defeitos e não conformidades do produto XWYG-20200418 do cliente XWYG.

O direcionamento para a escolha de tal produto se deu por meio de um *brainstorming*, não estruturado, realizado juntamente com supervisores deste segmento produtivo, no qual foram levados em consideração critérios (embasados em

experiências dos mesmos e no histórico de não conformidades do produto em questão) tais como: Demanda de produção (quantidade), incidência de defeitos. A partir do momento em que o procedimento proposto para a coleta de dados estava estabilizado, prosseguiu-se com a utilização do mesmo no decorrer de 16 semanas, realizando assim a coleta dos dados. A coleta das informações, referentes às atividades de retrabalho realizadas no produto citado, ocorreu ao longo de diferentes lotes de produção. Deste modo, a frequência com que os conjuntos de dados referentes aos lotes foram obtidos, variou de acordo com a demanda do produto XWYG-20200418 do contratante XWYG. Observou-se que, em média, eram programadas mensalmente, 1 lote com aproximadamente 4000 placas para a primeira etapa do processo (SMT) e posteriormente, 4 lotes contendo 1000 placas cada contemplando a segunda tecnologia de montagem (THT), deste produto.

### 3.2 DIAGNÓSTICO E IDENTIFICAÇÃO DAS NÃO CONFORMIDADES

Na medida em que as atividades de coleta de dados avançaram, foram elaborados documentos em forma de tabelas, no *software Microsoft Excel*, que facilitaram o agrupamento das informações recolhidas. Com estas tabelas, foi possível realizar a classificação dos dados de acordo com as não conformidades detectadas. A separação e organização das informações possibilitou identificar as etapas do processo produtivo em que as não conformidades foram geradas.

As categorias em que os dados foram separados, variaram de acordo com as informações contidas nas tabelas criadas a partir dos defeitos e não conformidades registrados nas folhas de verificação.

Prosseguindo na investigação das causas de não conformidades nas placas eletrônicas que passam pelos processos de montagem SMT e THT realizou-se, por meio de um *brainstorming* não estruturado e individual, com os colaboradores (envolvidos nos processos de montagem, retrabalho e supervisores do setor), o preenchimento da matriz de priorização (GUT) na qual, através da média aritmética das notas atribuídas para cada não conformidade entre os avaliadores, possibilitou a visualização das não conformidades mais impactantes quantitativamente. Estes colaboradores foram intencionalmente escolhidos devido suas competências e experiências técnicas, que neste caso, contribuíram crucialmente para uma análise coerente dos problemas encontrados. A Tabela 1 apresenta as premissas nas quais

cada uma das não conformidades foram avaliadas em relação a sua respectiva gravidade, urgência e tendência.

**Tabela 1- Critérios de avaliação para Matriz de priorização**

<b>Nota</b>	<b>Gravidade</b>	<b>Urgência</b>	<b>Tendência</b>
<b>5</b>	Alta	Imediato	Piorar bruscamente
<b>3</b>	Média	Mais rápido possível	Vai piorar
<b>1</b>	Baixa	Pode esperar	Constante

**Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).**

A partir da ponderação realizada através da matriz de priorização, iniciou-se o desenvolvimento de novas tabelas, no *Microsoft Excel*, com a incidência quantitativa ponderada, de acordo com as notas atribuídas para as não conformidades detectadas, disponibilizando assim um conjunto de dados para as próximas análises que este estudo propõe.

Na sequência, justificando o desenvolvimento das tabelas (parágrafo anterior), foi empregada uma importante ferramenta da qualidade, denominada Diagrama de Pareto. Para a utilização desta, fez-se necessário dispor de dados especificamente organizados, que nesta fase deste estudo já estavam estruturados adequadamente, em forma de tabelas. Para construção dos diagramas que envolveram a presente análise foram utilizados os recursos gráficos disponíveis no *Microsoft Excel*. O emprego desta ferramenta propiciou, através de uma análise nos gráficos gerados, visualizar cada classe de defeitos simultaneamente com seus respectivos impactos percentuais.

Tendo conhecimento sobre as características dos defeitos e não conformidades mais impactantes no processo buscou-se, através da utilização do Diagrama de Ishikawa, realizar um levantamento para identificar as possíveis causas que originam estas não conformidades, organizando-as de acordo com o padrão que esta ferramenta utiliza. Para a representação deste diagrama foi necessário fazer o uso do *Microsoft Power Point*.

### 3.3 PROPOR AÇÕES DE CORREÇÃO

Nesta fase da metodologia proposta, foi realizada uma análise detalhada nas informações, atreladas às não conformidades identificadas anteriormente, com o objetivo de levantar as causas raízes destas não conformidades. A arrecadação das informações, para a análise das não conformidades, foi executada através de atividades de *brainstorming*, realizadas individualmente com colaboradores que atuam nos processos envolvidos por este estudo de caso. O levantamento de tais informações propiciou a elaboração de planos de ação, possibilitando atuar nas causas raízes das não conformidades detectadas.

Para a elaboração dos planos de ação foi empregada a ferramenta 5W2H, adaptada, na qual se apresenta o direcionamento para a execução do conjunto de atividades propostas para correção das causas geradoras de defeitos e não conformidades. Para representar os conteúdos pertinentes a utilização desta ferramenta, foi elaborado um quadro, utilizando o *Microsoft Excel*, conforme exemplo do Quadro 4.



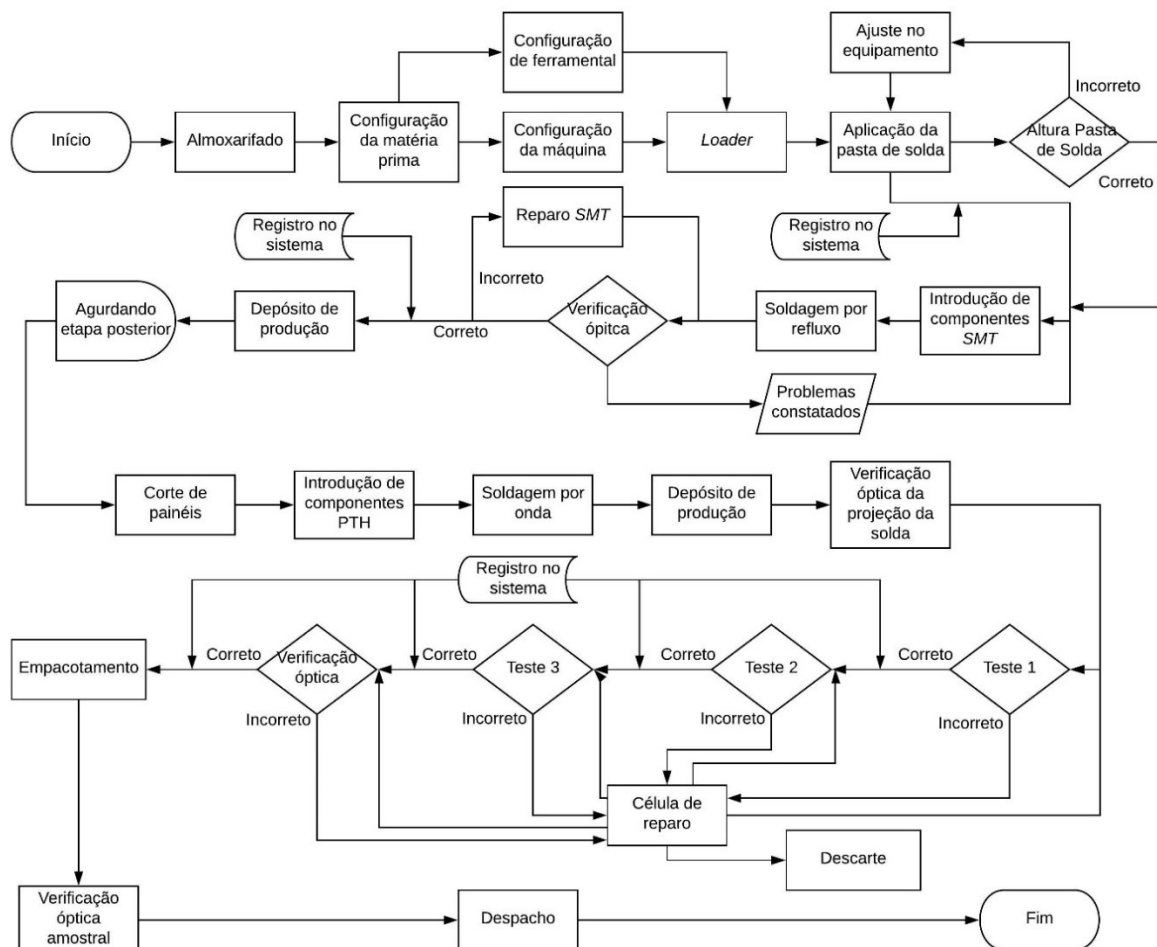
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico serão expostos os resultados obtidos através da investigação proposta, no qual apresenta-se um conjunto de dados e informações juntamente com comentários pertinentes às análises realizadas.

### 4.1 MAPEAMENTO DOS PROCESSOS E COLETA DE DADOS

Seguindo a metodologia proposta, desenvolveu-se, em conjunto com colaboradores envolvidos nos processos de montagem de placas eletrônicas abrangendo as técnicas de montagem SMT e THT, um croqui (mapa) contendo as etapas e atividades do processo estudado. Tal croqui possibilitou a estruturação e elaboração do fluxograma (Figura 8) no qual é possível visualizar o conjunto de atividades que compõe os processos envolvidos na montagem de placas eletrônicas.

**Figura 8- Fluxograma do processo produtivo**



Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).

Analisando sucintamente o fluxograma, percebe-se que o meio produtivo em questão possui uma quantidade relativamente elevada de processos e atividades. Em uma primeira avaliação, pode-se verificar que existem procedimentos em que as atividades podem ser realizadas paralelamente e aqueles em que os resultados (*outputs*) dos mesmos representam as entradas (*inputs*) de um processo subsequente. Além desta, também é possível observar que existem interrupções no fluxo de produção, onde as placas que já passaram pela primeira etapa de montagem (SMT) estão aguardando o próximo ciclo de procedimentos e atividades que caracterizam a segunda etapa de montagem (THT). Ressaltando que, a tecnologia SMT refere-se à inserção dos componentes, que é executada por equipamentos automatizados de alta precisão (SMD), enquanto que a técnica THT remete à um conjunto de atividades manuais, previamente descritas, para a inclusão dos componentes eletrônicos PTH.

Dispondo do mapeamento geral dos processos, que envolvem a manufatura de placas eletrônicas, foi realizado um rigoroso acompanhamento nos procedimentos e atividades que compõem o fluxo de produção, com o objetivo de identificar possíveis etapas da cadeia produtiva em que não conformidades referentes à qualidade dos produtos são detectadas. Deste modo, percebeu-se de fato a relevância de averiguar os postos que envolvem as atividades de testes e retrabalhos, conforme previamente descrito no item 3.1, com o propósito de estabelecê-los como pontos do processo produtivo nos quais se possibilitou a realização da coleta dos dados presentes neste trabalho.

Nas condições explicitadas acima, ocorreram as atividades que envolveram a coleta dos dados contidos neste trabalho. Atribui-se, às informações arrecadadas, através do procedimento estabelecido, significativa importância devido ao fato de que estas determinaram as diretrizes que ampararam o prosseguimento deste estudo de caso.

Em concordância com as informações arrecadadas, referentes às atividades de retrabalho realizadas no produto XWYG-20200418, iniciou-se a elaboração de sucessivas tabelas no *Microsoft Excel*, gerando um banco de dados compreendendo 4 lotes (SMT) de produção. Na sequência, empregou-se os conhecimentos adquiridos, através da revisão da literatura e dos acompanhamentos ao processo produtivo, para realizar a classificação e organização dos dados. As informações coletadas foram

classificadas em relação à classe da não conformidade e a categoria do reparo realizado. A Tabela 2 apresenta o conjunto dados obtidos.

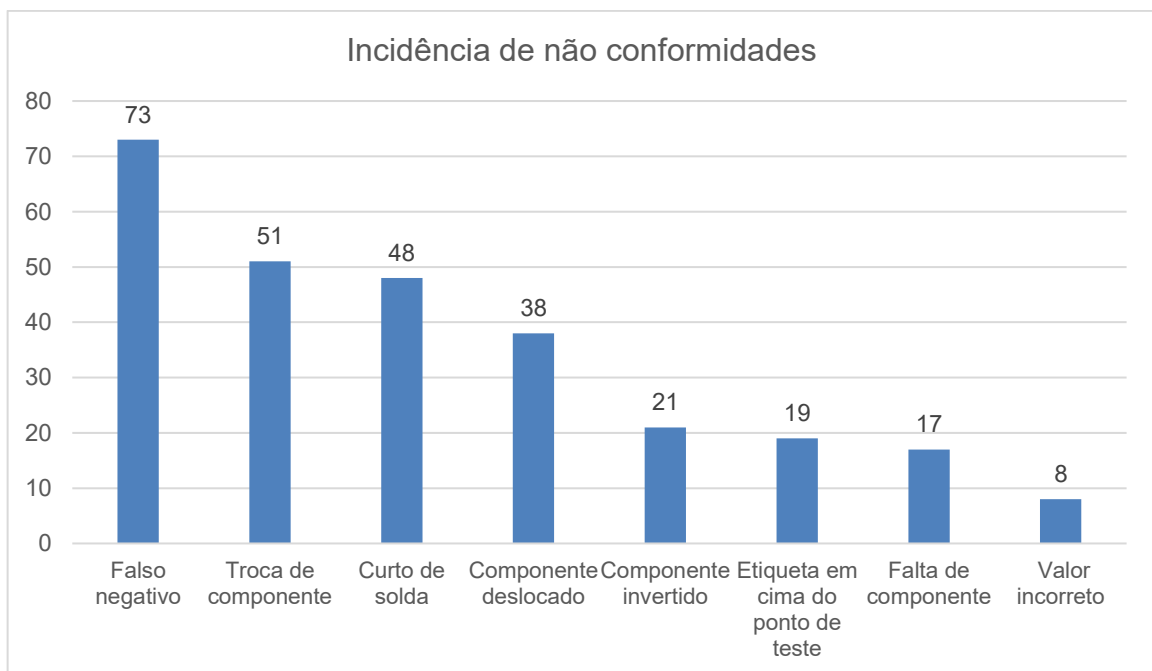
**Tabela 2- Descrição da não conformidade x Incidência**

<b>Não Conformidade</b>	<b>Incidência</b>
Falso negativo	73
Troca de componente	51
Curto de solda	48
Componente deslocado	38
Componente invertido	21
Etiqueta em cima do ponto de teste	19
Falta de componente	17
Valor incorreto	8

**Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).**

A Tabela 2 representa a caracterização das não conformidades constatadas juntamente com sua respectiva incidência quantitativa. Com o intuito de possibilitar uma análise gráfica sobre os problemas levantados, apresenta-se na Figura 9, através de um histograma, as não conformidades caracterizadas juntamente com suas respectivas incidências quantitativas.

**Figura 9- Histograma sobre a incidência de não conformidades**



**Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).**

## 4.2 DIAGNÓSTICO E IDENTIFICAÇÃO DAS NÃO CONFORMIDADES

Avaliando as proporções expostas no gráfico da Figura 9, percebe-se que as taxas dominantes, de incidência das não conformidades, apresentam certo equilíbrio. Tal ocorrência criou a necessidade de utilização de uma ferramenta capaz de validar quantitativamente a relevância de cada um dos problemas. Deste modo, com o apoio dos colaboradores, utilizou-se a matriz de priorização GUT seguindo os critérios estabelecidos na Tabela 1 apresentada na seção 3.2.

Dispondo dos critérios a serem utilizados para o preenchimento da matriz iniciou-se um ciclo, envolvendo atividades de *brainstorming* com colaboradores, que teve como objetivo atribuir notas para cada um dos critérios abordados pela matriz de priorização em questão. As Tabelas 3, 4 e 5, apresentam as notas atribuídas pelos entrevistados à cada uma das não conformidades.

**Tabela 3- Fatores GUT para o Técnico 1**

<b>Não conformidade</b>	<b>G</b>	<b>U</b>	<b>T</b>	<b>G x U x T</b>
Componente deslocado	1	5	5	25
Componente invertido	3	5	5	75
Curto de solda	5	5	5	125
Etiqueta em cima do ponto de teste	5	5	1	25
Falta de componente	3	5	3	45
Falso negativo	5	5	5	125
Troca de componente	3	5	5	75
Valor incorreto	5	5	5	125

**Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).**

Tabela 4- Fatores GUT para o Técnico 2

<b>Não conformidade</b>	<b>G</b>	<b>U</b>	<b>T</b>	<b>G x U x T</b>
Componente deslocado	3	5	1	15
Componente invertido	5	5	5	125
Curto de solda	5	5	3	75
Falta de componente	1	3	5	15
Falso negativo	5	5	5	125
Troca de componente	5	5	5	125
Valor incorreto	5	5	5	125

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).

Tabela 5- Fatores GUT para o Técnico 3

<b>Não conformidade</b>	<b>G</b>	<b>U</b>	<b>T</b>	<b>G x U x T</b>
Componente deslocado	1	5	5	25
Componente invertido	3	5	5	75
Curto de solda	5	5	5	125
Etiqueta em cima do ponto de teste	1	3	3	9
Falta de componente	5	5	5	125
Falso negativo	5	5	5	125
Troca de componente	5	5	5	125
Valor incorreto	5	5	5	125

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).

Deste modo, através da média aritmética entre os técnicos entrevistados, a Tabela 6, exibida a seguir, demonstra os resultados obtidos para os fatores (GUT).

Tabela 6- Média aritmética dos fatores GUT

<b>Não conformidade</b>	<b>GUT Técnico 1</b>	<b>GUT Técnico 2</b>	<b>GUT Técnico 3</b>	<b>Média</b>
Componente deslocado	25	15	25	22
Componente invertido	75	125	75	92
Curto de solda	125	75	125	108
Etiqueta em cima do ponto de teste	25	5	9	13
Falta de componente	45	15	125	62
Falso negativo	125	125	125	125
Troca de componente	75	125	125	108
Valor incorreto	125	125	125	125

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).

Usufruindo dos fatores GUT para os problemas em questão, foi elaborada a Tabela 7, contendo a incidência quantitativa das não conformidades já ponderadas pelos coeficientes obtidos através da matriz de priorização.

Tabela 7- Descrição da não conformidade x Incidência ponderada

<b>Não conformidade</b>	<b>Incidência ponderada</b>
Falso negativo	9125
Troca de componente	5525
Curto de solda	5184
Componente invertido	1925
Falta de componente	1048
Valor incorreto	1000
Componente deslocado	823
Etiqueta em cima do ponto de teste	247

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).

A partir das informações dispostas na Tabela 7 foi elaborado um diagrama de Pareto conforme previsto na seção 3.2 deste trabalho. A Tabela 8 e a Figura 10

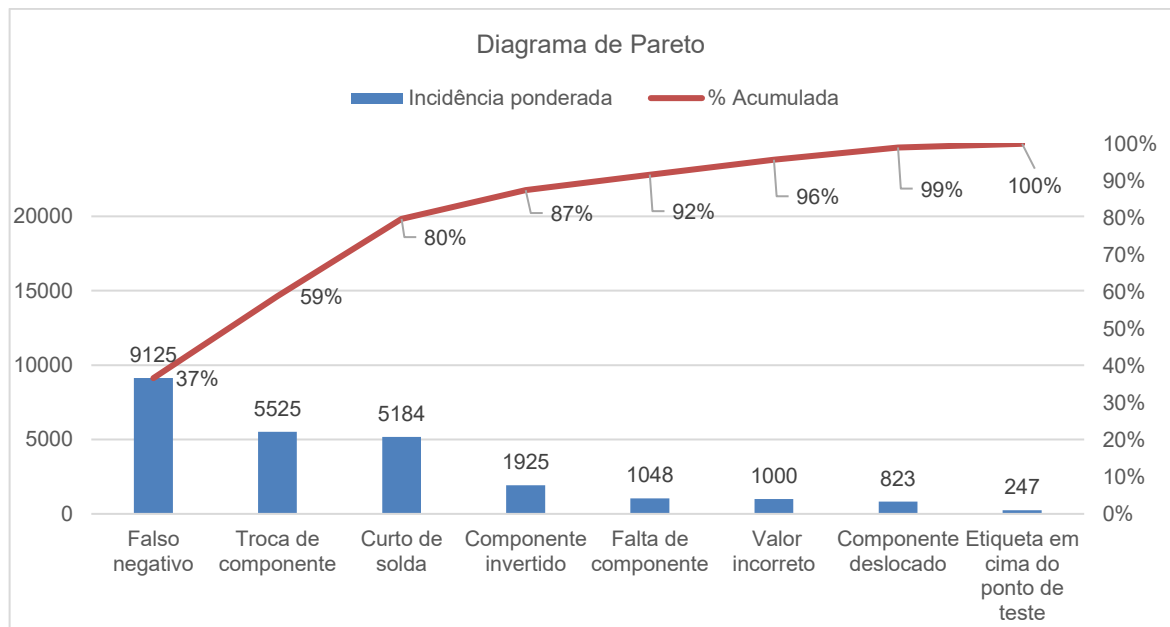
representam respectivamente, a incidência quantitativa percentual das não conformidades e o diagrama de Pareto.

**Tabela 8- Incidência quantitativa percentual das não conformidades**

<b>Não conformidade</b>	<b>Incidência ponderada</b>	<b>% Acumulada</b>	<b>% Individual</b>
Falso negativo	9125	37%	37%
Troca de componente	5525	59%	22%
Curto de solda	5184	80%	21%
Componente invertido	1925	87%	8%
Falta de componente	1048	92%	4%
Valor incorreto	1000	96%	4%
Componente deslocado	823	99%	3%
Etiqueta em cima do ponto de teste	247	100%	1%

**Fonte: Desenvolvida pelo próprio autor (2018).**

**Figura 10- Diagrama de Pareto sobre as não conformidades ponderadas**



**Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).**

Em análise ao gráfico exposto acima constata-se que o somatório percentual, referente às não conformidades mais impactantes quantitativamente, atinge o índice de 80 % a partir da terceira não conformidade. Sendo assim, percebe-

se que para este caso, 80 % dos problemas estão atrelados às seguintes não conformidades: Falso negativo, troca de componentes e aos curtos de solda.

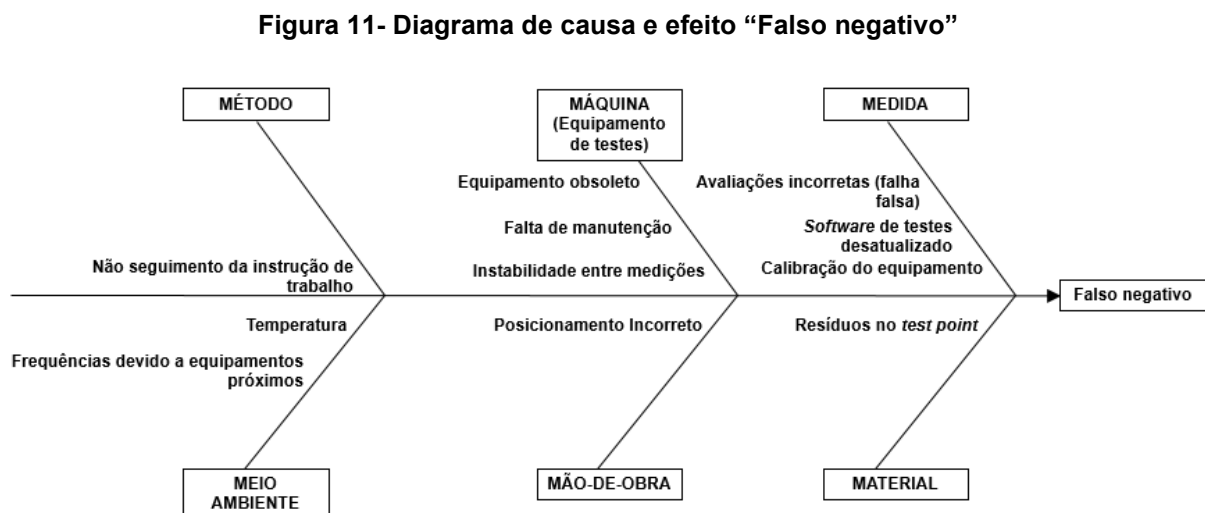
A partir de tal observação, verifica-se que a utilização dos conceitos contemplados pelo diagrama de Pareto, apesar de não apresentar exatamente os índices proporcionais teóricos, são apropriados para estabelecer direcionamento na investigação das causas raízes pois evidencia graficamente quais as não conformidades com os maiores impactos.

#### 4.3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Nesta seção, a partir das não conformidades levantadas e fundamentadas através do gráfico de Pareto, são apresentados os diagramas de causa e efeito (Ishikawa).

As informações contidas nos esquemas abaixo foram obtidas através de atividades de *brainstorming*, não estruturado, envolvendo profissionais técnicos que realizam atividades de retrabalho e, por meio das experiências adquiridas durante o acompanhamento nos processos que envolveram este estudo de caso.

A Figura 11 abaixo representa o conjunto de causas levantadas para a não conformidade “Falso negativo”.



Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).

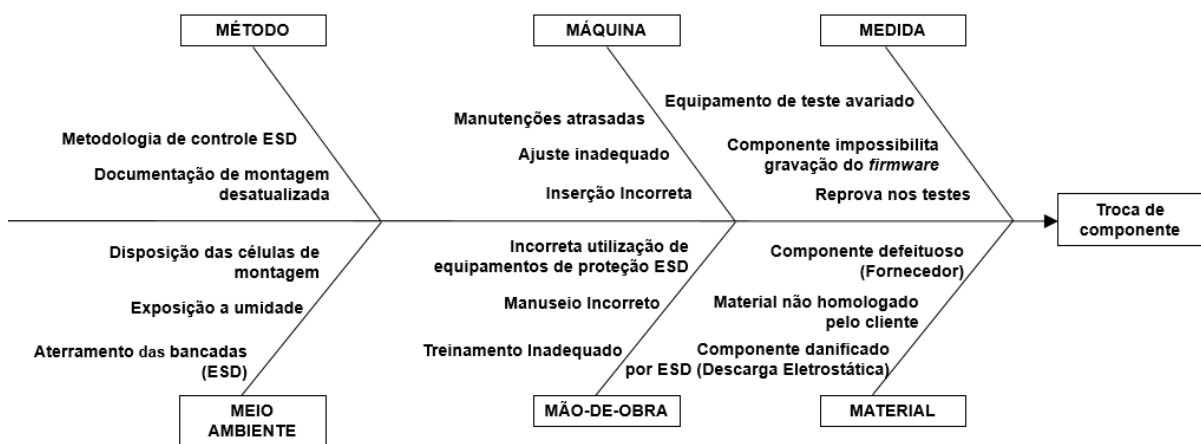
É importante destacar que a não conformidade “Falso negativo” refere-se à situação em que uma placa foi reprovada nos testes 1, 2 ou 3 (apresentados no



Fluxograma da Figura 8) durante o fluxo produtivo e, quando direcionada ao posto de retrabalho e mais tarde, quando mais uma vez testada nos mesmos equipamentos, não apresentou defeito, ou seja, é aprovada.

Abaixo, na Figura 12, apresenta-se o esquema do diagrama de Ishikawa para a segunda não conformidade mais impactante, a troca de componentes.

**Figura 12- Diagrama de causa e efeito “Troca de componente”**

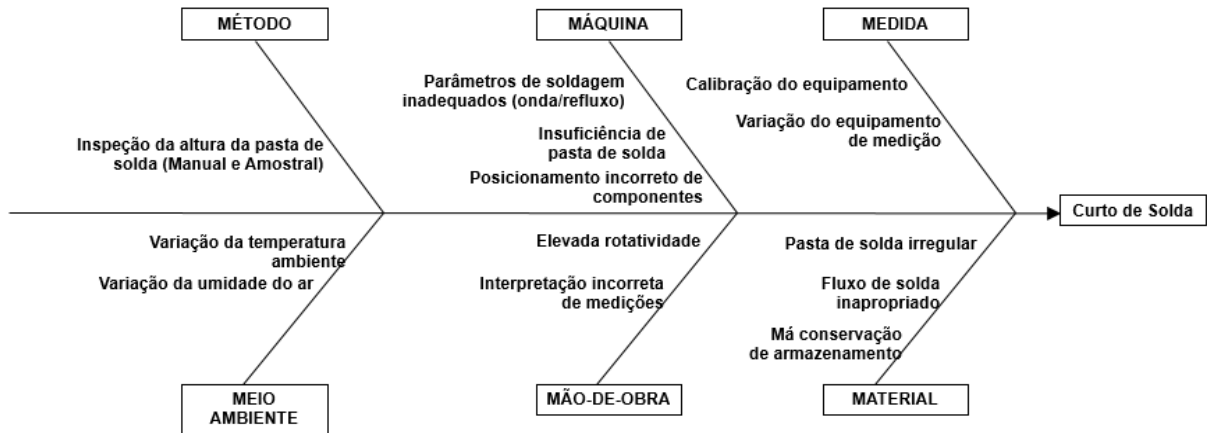


**Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).**

Os problemas relacionados à não conformidade “Troca de componente” referem-se a uma atividade de retrabalho onde o técnico responsável pelo posto de retrabalho executa um conjunto de ações para efetuar a troca dos componentes eletrônicos defeituosos.

A seguir, na Figura 13, é apresentado o diagrama de causa e efeito para as não conformidades que envolvem curtos de solda.

**Figura 13- Diagrama de causa e efeito “Curto de solda”**



**Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).**

As não conformidades referidas “Curto de solda” estão atreladas a defeitos nas áreas de união dos componentes eletrônicos com a placa (superfície de solda). Tais contrariedades impedem o funcionamento da placa eletrônica que conseqüentemente não é aprovada quando submetida aos testes 1, 2 e 3 respectivamente.

Avaliando os diagramas de Ishikawa apresentados acima elaborou-se, em conjunto com colaboradores da organização em questão, o Quadro 5, apresentando potenciais causas raízes atreladas à cada uma das não conformidades levantadas.

**Quadro 5- Não conformidade x Causas raízes potenciais**

<b>Não conformidade</b>	<b>Causas raízes potenciais</b>
Falso negativo	Avaliações Incorretas do equipamento de testes.
	Instabilidade entre medições.
Troca de componente	Componente defeituoso (Fornecedor).
	Componente danificado por ESD (Descarga Eletrostática).
Curto de solda	Calibração do equipamento de medição.
	Metodologia de inspeção da altura da pasta de solda.

**Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).**

Na ocasião da discussão realizada para o apontamento das potenciais causas raízes relacionadas às não conformidades em questão foram elencadas, inicialmente, duas potenciais causas para cada não conformidade constatada.

Para a não conformidade “Falso negativo” levantou-se que a possível origem provém de avaliações incorretas do dispositivo de testes que, em circunstâncias normais de operação apresenta resultados equivocados. Tais efeitos remetem à denominada instabilidade entre medições do equipamento de testes, o que refere-se a segunda potencial causa apurada.

A não conformidade referente à atividade de retrabalho “Troca de componente” foi vinculada às causas em que, o componente eletrônico apresentara defeitos provenientes do fabricante impossibilitando sua funcionalidade e, em atividades nas quais ocorre o manuseio inadequado, sem as devidas precauções contra ESD, podendo comprometer os componentes eletrônicos das placas.

As potenciais causas pertinentes à não conformidade “Curto de solda” abordam fatores relacionados, aos certificados de calibração do dispositivo de medição que realiza a medição da altura da pasta de solda e, a metodologia adotada para executar estas aferições, que são realizadas por um operador e de modo amostral.

A partir das potenciais causas, obtidas através dos diagramas de Ishikawa, foi possível proceder para a fase de elaboração dos planos de ação conforme previamente descrito na seção 3.3 deste trabalho.

#### 4.4 PLANOS DE AÇÃO PROPOSTOS

Em consideração aos diagramas de causa e efeito (Ishikawa) exibidos na seção anterior apresenta-se, na sequência, os planos de ação propostos para a tratativa das causas levantadas no decorrer deste estudo de caso.

O conjunto de ações apresentadas abaixo intenta diminuir a incidência das não conformidades detectadas através da tratativa de suas respectivas causas raízes. Os quadros 6, 7 e 8, a seguir, exibem o conjunto de ações propostas para a tratativa das causas.

**Quadro 6- Plano de ação para causa 1**

Plano de ação proposto para a causa: Instabilidade entre medições	
Ação	Planejar e executar um estudo de MSA ( <i>Measurement System Analysis</i> ) realizando estudos de tendência, estabilidade e repetitividade nos equipamentos de medição (testes).
Meta	Diminuir em 50 % a incidência de Falso negativo durante o fluxo produtivo.
Motivo	Averiguar as causas relacionadas às instabilidades entre as medições e avaliações incoerentes nos equipamentos de testes.
Local	Recinto em que estão alocados os equipamentos de testes.
Responsável	Supervisor de qualidade.
Tempo necessário/Prazo	6 meses
Metodologia	A metodologia necessária para a realização deste estudo se dá através da revisão da literatura presente no manual: <i>Análise dos Sistemas de Medição</i> 4º edição.
Estimativa de custos	Custo de um operador de produção durante o período dos estudos.

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).

**Quadro 7- Plano de ação para causa 2**

Plano de ação proposto para a causa: Componente danificado por ESD (Descarga Eletrostática)	
Ação	Desenvolver e aplicar uma rotina de treinamentos envolvendo práticas de conscientização sobre a importância da utilização de pulseiras e equipamentos de proteção contra ESD ( <i>Electrostatic Discharge</i> ).
Meta	Diminuir em 40% os índices de troca de componentes danificados por descargas eletrostáticas.
Motivo	Diminuir a ocorrência da troca de componentes danificados devido à Descargas Eletrostáticas.
Local	Sala de treinamentos.
Responsável	Supervisor de produção.
Tempo necessário/Prazo	4 semanas
Metodologia	Por intermédio de treinamento expositivo com aplicações práticas.
Estimativa de custos	Custo de carga horária dos operadores.

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).

**Quadro 8- Plano de ação para causa 3**

Plano de ação proposto para as causas: Metodologia de inspeção da altura da pasta de solda e calibração do equipamento de medição	
Ação (A)	Aumentar o número de amostras na verificação (medição) da altura da pasta de solda.
Meta (A/B)	Diminuir em 30% a incidência de curtos de solda.
Ação (B)	Propor ao cliente a utilização da tecnologia SPI ( <i>Solder Paste Inspection</i> ).
Motivo	Diminuir a incidência de retrabalhos devido a curtos de solda.
Local (A)	Linha de produção.
Local (B)	Setor de negociação com o cliente
Responsável (A)	Líder de produção.
Responsável (B)	Supervisor Comercial.
Tempo necessário/Prazo (A)	3 semanas.
Tempo necessário/Prazo (B)	Negociável com o cliente.
Metodologia (A)	Através da alteração de instruções de trabalho já existentes.
Metodologia (B)	Por meio de negociações com o cliente.
Estimativa de custos (A)	Custo adicional não disponibilizado.
Estimativa de custos (B)	Custo adicional não disponibilizado.

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2018).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do estudo, verificou-se que o conjunto de atividades necessárias para o aprimoramento em indicadores que contemplam requisitos de qualidade, exigem por sua vez elevado engajamento entre as pessoas envolvidas. Tal alinhamento, entre as partes interessadas em desenvolver propostas de melhoria, é imprescindível pois para aprimorar processos no âmbito industrial faz-se necessário dispor de uma equipe multidisciplinar na qual múltiplas áreas necessitam ser abrangidas no domínio da organização.

Através dos objetivos propostos neste estudo de caso, foi realizado um acompanhamento nos processos que abrangem a montagem de placas eletrônicas com circuito impresso. Tal acompanhamento envolveu atividades de *brainstorming* com os colaboradores, possibilitando apurar informações essenciais para contemplar, através da elaboração do fluxograma do processo produtivo.

O conhecimento adquirido através do acompanhamento aos processos propiciou relevante entendimento relacionado ao conjunto de atividades que contemplam as técnicas SMT e THT de montagem de placas eletrônicas. Em análise ao fluxograma do processo, elaborado com informações coletadas em atividades de *brainstorming*, foi possível verificar e apontar etapas do processo em que não conformidades relacionadas à requisitos de qualidade são atualmente detectadas, sendo elas as etapas que envolvem as atividades de testes e a célula de reparo.

A partir de tal percepção, com amparo conceitual de uma das ferramentas da qualidade denominada folha de verificação, foi possível estabelecer uma metodologia e uma etapa do processo para assegurar a coleta dos dados presentes neste trabalho. Com a utilização desta metodologia, foi detectada a ocorrência de 8 não conformidades: Falso negativo, troca de componente, curto de solda, componente deslocado, componente invertido, etiqueta em cima do ponto de teste, falta de componente e valor incorreto.

Dispondo da caracterização e incidência das não conformidades detectadas no processo de montagem de placas eletrônicas, foi possível, através dos conceitos abrangidos pelo diagrama de Pareto, estabelecer as 3 não conformidades mais impactantes ao processo estudado, entre elas: Falso negativo, troca de componente e curtos de solda.

Os diagramas de causa e efeito (Ishikawa) mostraram-se eficazes no atendimento aos objetivos nos quais foi proposto sua utilização. A aplicação desta ferramenta da qualidade proporcionou, através da análise dos 6 M's, levantar o conjunto de potenciais causas raízes relacionadas às não conformidades mais impactantes. A não conformidade “falso negativo” foi relacionada à causa de instabilidade entre medições; a causa referente à não conformidade “troca de componentes” foi associada à componentes danificados por descargas eletrostáticas (ESD); a não conformidade denominada “curtos de solda” foi associada às causas de metodologia de inspeção da altura da pasta de solda e calibração do equipamento de medição utilizado.

O conjunto de ações propostas para atacar as causas levantadas, foram organizadas e fundamentadas de acordo com as diretrizes recomendadas pelos conceitos abrangidos pela ferramenta 5W2H. Para a causa de instabilidade entre medições foi proposto o planejamento e execução de um estudo de MSA (*Measurement System Analysis*). Para a tratativa da causa de componente danificados por descargas eletrostáticas (ESD) foi proposto o desenvolvimento e aplicação de uma rotina de treinamentos abordando assuntos pertinentes. Para atuar na causa que envolve a metodologia de inspeção da altura da pasta de solda é proposto uma alteração/revisão na metodologia existente. Para abranger a causa que envolve a calibração do equipamento de medição desta atividade é sugerido a utilização de um sistema de inspeção automático SPI (*Solder Paste Inspection*).

Em paralelo às atividades realizadas para atingir os objetivos específicos, foi possível contemplar os requisitos gerais propostos para este estudo de caso. A metodologia descrita, amparada pelos conceitos e ferramentas da qualidade, propicia um procedimento capaz de detectar e propor soluções para não conformidades em produtos e processos. Sendo assim, pode-se assegurar que os objetivos gerais e específicos propostos neste estudo de caso foram contemplados.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, Scott. **Corra, o Controle de Qualidade vem aí!** Rio de Janeiro: Ediouro, 1997. 224 p.

AGHATHA.WORDPRESS. Disponível: <<https://aghatha.wordpress.com/2011/07/03/como-desenhar-fluxogramas-de-processos-de-negocio-1-parte-introducao-conceitos-e-modelos/>>. Acesso em: 04 nov. 2017.

AGOSTINETTO, J. S. **Sistematização do processo de desenvolvimento de produtos, melhoria contínua e desempenho: O caso de uma empresa de autopeças.** 2006. 121 p. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

BARBOSA, Sabrina A. **A importância da implantação do sistema de gestão da qualidade: Um estudo de caso na empresa Campo Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal LTDA.** 2013.77 p. Trabalho (Conclusão de Curso) - Faculdade Tecsomacomo, Paracatu, 2013.

BROCHONSKI, P. C., 1999. **Sistema para programação da produção com capacidade finita em máquinas SMT.** Curitiba. 126p. Dissertação (Mestrado em Informática). Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada, Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

CAMPOS, V.F. **TQC — Controle da qualidade total no estilo japonês.** 8.ed Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni: Bloch Editores, 1999.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da qualidade total: no estilo japonês.** Rio de Janeiro: Bloch, 1992.

CARPINETTI, L. C. Ribeiro. **Gestão da Qualidade Conceitos e Técnicas.** 2.ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CARVALHO, H. A. (2002). **Implantação da Gestão da Qualidade em Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Instituições de Ensino Superior, 167p.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Tecnologia – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2002.

CITISYSTEMS. Disponível em: <<http://www.citisystems.com.br/diagrama-de-causa-e-efeito-ishikawa-espinha-peixe/>>. Acesso em: 03 nov. 2017.



COLTRO, Alex. **A gestão da Qualidade Total e suas influências na competitividade empresarial.** Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, V.1, Nº 2, 1996. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/27787524/a-gestao-da-qualidade-total-e-suas-influencias-na-competitividade>. Acesso em: 10 de Junho, 2018.

CORPORATIVOSUPPLY. Disponível em: <<http://corporativosupply.com.br/novo/tag/causas-responsaveis/>>. Acesso em: 04 nov. 2017.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços, uma abordagem estratégica.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

DEMING, William E. **Qualidade: a revolução da administração.** Rio de Janeiro: Editora Clave Comunicações e Recursos Humanos, 1990.

FALCONI, Vicente. **Gerenciamento pelas diretrizes.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

FEIGENBAUM, A. V, **Controle da qualidade total.** São Paulo: Makron Brooks, 1994.

FERREIRA FILHO, M. X. **Fatores determinantes para o sucesso na implantação da NBR ISO 9001 em empresas de micro e pequeno porte.** 2008. 165 p. Tese (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

FERREIRA, J. J. A. **Modelos normalizados de sistemas de gestão** .2006. In: CARVALHO, M.M. ; PALADINI, E. P. ; (Org.). **Gestão da qualidade : teoria e casos** 1 ed. Rio de Janeiro : Campus , v. 1, 2006.

FLORENCIO, Hugo G. T. **Estudo da integração entre o Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9001 e a Produção Enxuta.** 2010. 80 p. Trabalho de Conclusão de Curso-Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos 2010.

GOMES, L. G. dos Santos. **Reavaliação e melhoria dos processos de beneficiamento de não tecidos com base em reclamações de clientes.** Curitiba, 2006.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total: à maneira Japonesa.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 1993.

JUNIOR, Isnard Marshall; CIERCO, Agliberto Alves; ROCHA, Alexandre Varanda;

KING, L.W (2004). **O código de Hammurabi Escrito em cerca de 1780 a.C.** 1 ed. São Paulo: Madras, 77p.

MANDARINI, M. **Segurança Corporativa Estratégica: Fundamentos.** São Paulo: Manoele, 2005.

MARANHÃO , M. **ISO 9000: Manual de implantação versão ISO 2000.** 3 ed. Rio de Janeiro: Qualitmark, 2001.

MARCANTE, L. E. **Sistema integrado de apoio ao controle de qualidade em processos de manufatura de placas eletrônicas.** 2013. 78p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Automação de Processos Industriais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Pato Branco, 2013.

MARQUES, Artur P. **Proposta de um Programa de Gestão da Qualidade para uma Empresa Genérica de Posicionamentos com GPS.** 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MARSHALL, Jr. Et al. **Sistema de Gestão da qualidade.** 9ed. Rio de Janeiro: editora FGV, 2008.

MARTINS, D. A.; EGITO, A. P.; SOUZA, D. M. O. **ISO 9001:2000 Efeitos e Implicações da Norma na Capacidade de Comunicação Interna de uma Organização.** In: ENCOTRNO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28. 2008, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.

MEDEIROS, Daniela L. **A. Implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade em Microempresas: O caso da Granfinancial Fomento Mercantil.** 2008. 73p. Trabalho de Conclusão de Curso- Centro de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

MELLO, C.H.P.(2002). **ISO 9001:2000: Sistema de Gestão da Qualidade para Operações de Produção e Serviços.** São Paulo: Atlas, 2002.

MELO, Paulo R., RIOS, Evaristo D. GUTIERREZ, Regina. **Placas de Circuito Impresso: Mercado Atual e Perspectivas. Complexo Eletrônico, BNDS. 2001.** Disponível em: [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set1406.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set1406.pdf) >. Acesso em: 24 set. 2017.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade.** 4. ed. Rio de Janeiro: LTC. 2004.

NUCLEODOCONHECIMENTO. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/administracao/processo-regularizacao-fundiar-organizacao-publica>>. Acesso em: 04 nov. 2017.

OLIVEIRA, S. E.; ALLORA, V.; SAKAMOTO, F. T. C. **Utilização conjunta do método UP' (Unidade de Produção -UEP') com o Diagrama de Pareto para identificar as oportunidades de melhoria dos processos de fabricação: um estudo na agroindústria de abate de frango.** 2006. Custos e Agronegócio, v. 2 - n.2 2006.

PALADINI, E. P. (1995) **Gestão da Qualidade no Processo: a qualidade na produção de bens e serviços.** Atlas, São Paulo, 1995.

PALADINI, E.P. **Gestão da qualidade: teoria e prática.** Atlas, São Paulo, 2004.

PAULA, A. T. **Avaliação do impacto potencial da versão 2000 das normas ISO na gestão e certificação da qualidade: o caso de empresas construtoras.** 2004. 158 p. Dissertação (Mestrado)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

PESSOA, G. A. **“Curso Ferramentas para Tratamento de Não Conformidades”.** Revisão 4, 2008.

SANTOS, A.B. **Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade seis sigma: proposta e avaliação.** 2006. 334p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos 2006.

SUPPORT.MINITAB. Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-analysis/binomial-capability-analysis/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/>>. Acesso em: 04 nov. 2017.

SZYSZKA, Irene. **Implantação de sistemas de qualidade ISO 9001 e mudanças organizacionais.** Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

TORELLI, Márcio. **Qualidade da informação sob a perspectiva de produto.** Monografia (Pós-Graduação Lato Sensu) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2005.

THOZO, A. **Aplicação das ferramentas da qualidade em uma indústria automotiva: estudo de caso para redução das falhas elétricas na linha de montagem do air bag do volante.** 2006. 67 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Modalidade Automação

de Processos Industriais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

TOLEDO, J.C.; CARPINETTI, L.C.R. **Gestão da Qualidade**. In: ROZENFELD, H; BANAS, E. (Org.). A Fábrica do futuro. São Paulo: [s,n],2000.

TRIVELLATO, Arthur, A. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua: Estudo de caso numa empresa de Autopeças**.2010. 71 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos 2010.

VANNUCCI, J.C.P. **Benefício da certificação ISO 9000 em pequenas empresas paulistas do setor químico**. 2004. 87p. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda, 2006.

YAMANAKA, L. **Proposta pra implementação conjunta de um sistema da qualidade ISO 9001:2000 para empresas do aglomerado de Sertãozinho**. 2008.285 p. Dissertação (Mestrado)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

