

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM  
SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

DANIEL MATIAS DA SILVA

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE EM UMA  
INDÚSTRIA ELETRÔNICA: estudo de caso para redução de defeitos  
na montagem de placas de circuito impresso**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

DANIEL MATIAS DA SILVA

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE EM UMA  
INDÚSTRIA ELETRÔNICA: estudo de caso para redução de defeitos  
na montagem de placas de circuito impresso**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações do Departamento Acadêmico de Eletrônica - DAELN, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientadores: Profa. Denise Elizabeth Hey David  
Prof. Ubiradir Mendes Pinto.

CURITIBA

2013

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

DANIEL MATIAS DA SILVA

### **APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA ELETRÔNICA: estudo de caso para redução de defeitos na montagem de placas de circuito impresso**

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 06 de dezembro de 2012, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Luis Carlos Vieira  
Coordenador de Curso  
Departamento Acadêmico de Eletrônica

---

Prof. Esp. Sérgio Moribe  
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso  
Departamento Acadêmico de Eletrônica

#### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Esp. Ubiradir Mendes Pinto  
Orientador - UTFPR

---

Prof. Dr. Walter Luis Mikos  
UTFPR

---

Profa. Dr. Denise Elizabeth Hey David  
UTFPR

---

Prof. Ms. José Ricardo Alcantara  
UTFPR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

## RESUMO

SILVA, Daniel Matias da. **Aplicação das ferramentas da qualidade em uma indústria eletrônica**: estudo de caso para a redução de defeitos na montagem de placas de circuito impresso. 2012. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

A necessidade da garantia da qualidade vem influenciando de diversas formas os setores produtivos em diversos ramos de atuação. Este trabalho aborda a aplicação do método PDCA e das ferramentas da qualidade em uma linha de produção de uma indústria eletrônica. O problema a ser solucionado é o alto índice de placas eletrônicas montadas que apresentam falhas, causando retrabalhos e o desperdício de matéria-prima. Visando a redução do índice de placas com problemas, a aplicação do ciclo PDCA com o auxílio de algumas das ferramentas da qualidade foi proposta. Em razão a isso, um plano de ações para eliminar as causas potenciais do problema foi desenvolvido, o que reduziu de forma significativa o número de placas produzidas com defeito, impulsionando a produtividade e incentivando a melhoria contínua dos processos.

**Palavras-chave:** Qualidade. Ciclo PDCA. Ferramentas da Qualidade. Placas de Circuito Impresso.

## ABSTRACT

SILVA, Daniel Matias da. **Application of quality tools in an electronic industry: a case study for the reduction of defects in the assembly of printed circuit boards.** 2012. 61 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

The need for quality assurance has influenced in various ways productive sectors of several areas of activity. This work discusses the application of the PDCA method and the quality tools in a production line of an electronics industry. The problem to be solved is the high rate of assembled electronic boards that fail, causing rework and waste of raw materials. In order to reduce the defective circuit boards, the application of PDCA with the aid of some quality tools was proposed. For this reason, an action plan to mitigate the potential causes of the problem was developed, which has significantly reduced the number of defective circuit boards, boosting productivity and encouraging continuous improvement of processes.

**Keywords:** Quality. PDCA Method. Tools of Quality. Printed Circuit Boards.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Foto de erro de montagem em uma placa de circuito impresso .....	10
Figura 2 - Gráfico sobre os cinco últimos lotes de placas montadas.....	11
Figura 3 - Ciclo PDCA .....	16
Figura 4 - Gráfico de Pareto.....	18
Figura 5 - Diagrama de Causa e Efeito .....	21
Figura 6 – Histograma.....	22
Figura 7 - Tipos de Correlação entre duas variáveis.....	23
Figura 8 - Folha de Verificação .....	25
Figura 9 - Gráfico Seqüencial.....	26
Figura 10 - Exemplo de Formulário 5W2H.....	27
Figura 11 - Fluxograma das etapas de montagem de placas de circuito impresso...	29
Figura 12 - Ampliação de uma amostra de pasta de solda .....	30
Figura 13 - Aplicação de pasta de solda à uma placa de circuito impresso .....	31
Figura 14 - Máquina de inserção de componentes eletrônicos .....	31
Figura 15 - Nozzle utilizado para montagem de placas.....	32
Figura 16 - Máquina de inserção posicionando um componente eletrônico.....	32
Figura 17 - Forno de refusão.....	33
Figura 18 - Placa inspecionada aguardando retrabalho .....	34
Figura 19 - Relatório de inspeção de placas para produção .....	36
Figura 20 - Indicador sobre o número de placas recebidas .....	37
Figura 21 - Gráfico de Pareto gerado a partir das informações coletadas .....	39
Figura 22 - Diagrama de Ishikawa construído, utilizando o conceito dos 6M.....	39
Figura 23 - Microscópio utilizado para a inspeção de placas de circuito impresso ...	44
Figura 24 - Estêncil tipo template.....	44
Figura 25 - Forma de utilização de um estêncil do tipo template .....	45
Figura 26 - Rolo de componentes eletrônicos SMD .....	45
Figura 27 - Feeder para rolo de componentes SMD .....	46
Figura 28 - Número mensal de incidência de placas com defeitos .....	47
Figura 29 - Giga de testes desenvolvida para testes em placas .....	49
Figura 30 - Software para utilização com a giga de testes.....	50
Figura 31 - Indicador inicial sobre a quantidade de placas defeituosas recebidas....	52
Figura 32 - Indicador final sobre a quantidade de placas defeituosas recebidas .....	52

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ferramentas utilizadas em cada etapa do ciclo PDCA .....	35
Quadro 2 - Números de placas defeituosas por lote recebido .....	37
Quadro 3 - Classificação dos tipos de defeitos encontrados.....	38
Quadro 4 - Dados gerados para a construção do gráfico de Pareto .....	38
Quadro 5 - Plano de ações elaborado.....	42
Quadro 6 - Plano de ações desenvolvido.....	43
Quadro 7 - Plano de ações executado .....	48

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
1.2	PROBLEMA .....	9
1.3	JUSTIFICATIVA.....	10
1.4	OBJETIVOS .....	12
1.4.1	Objetivo Geral .....	12
1.4.2	Objetivos Específicos.....	12
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
2.1	CONCEITO E HISTÓRICO DA QUALIDADE .....	14
2.2	O CICLO PDCA.....	15
2.3	AS SETE FERRAMENTAS BÁSICAS DA QUALIDADE.....	17
2.3.1	Gráfico de Pareto .....	18
2.3.2	Estratificação.....	19
2.3.3	Diagrama de Causa e Efeito.....	20
2.3.4	Histograma.....	21
2.3.5	Diagrama de Dispersão.....	22
2.3.6	Folha de Verificação.....	23
2.3.7	Gráfico Seqüencial .....	25
2.4	PLANO DE AÇÃO .....	26
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>28</b>
3.1	FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE MONTAGEM DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO.....	28
3.2	APLICAÇÃO DO CICLO PDCA E DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....	34
3.2.1	Etapa (P) – Identificação do problema .....	36
3.2.2	Etapa (D) – Implementação do Plano de Ações.....	42
3.2.3	Etapa (C) – Verificação da eficácia das ações realizadas.....	46
3.2.4	Etapa (A) – Padronização da solução .....	51
<b>4</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>54</b>
5.1	ASPECTOS TÉCNICOS E PROFISSIONAIS.....	54
5.2	TRABALHOS FUTUROS .....	55
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>
	<b>APÊNDICE A - PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE INSPEÇÃO DA PLACA ANB20V1B</b> .....	<b>59</b>
	<b>APÊNDICE B - PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE SERIALIZAÇÃO DA PLACA ANB20V1B</b> .....	<b>61</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A maior parte dos circuitos eletrônicos anteriores à invenção dos transistores eram formados por válvulas à vácuo. As válvulas eram componentes relativamente grandes, portanto, qualquer equipamento eletrônico da época ocupava bastante espaço. Uma forma de tentar diminuir o tamanho dos equipamentos eletrônicos foi reduzir o volume das interligações entre as válvulas e os componentes eletrônicos. Isto foi realizado através da invenção da placa de circuito impresso.

A primeira placa de circuito impresso produzida em série foi inventada por um cientista austríaco chamado Paul Eisler logo após a Segunda Guerra Mundial (LINK, 2005). Enquanto trabalhava na Inglaterra, Paul patenteou um método de se corroer uma camada de cobre sobre uma superfície isolante. Hoje, partindo de seu conceito, as placas de circuito impresso são desenvolvidas em vários formatos, com diversas camadas e constituídas por diferentes materiais.

A crescente presença da eletrônica na vida do homem atual impulsionou um enorme aumento no mercado de placas de circuito impresso. No mercado brasileiro, várias indústrias de produtos eletrônicos realizam a importação de placas de circuito impresso de países asiáticos. Isto é comum porque na Ásia estão localizadas as maiores indústrias de produtos eletrônicos do mundo, que operam produzindo em alta escala, reduzindo bastante os custos de suas placas produzidas (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001).

No Brasil há diversas indústrias de placas de circuito impresso. A maior parte desse conjunto de empresas é formado por algumas indústrias que realizam a fabricação de diversos tipos de placas, tais como placas para protótipos, produção em série, placas de média performance entre outras. Há também diversas outras pequenas empresas, especializadas na fabricação de placas convencionais de baixa complexidade (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001).

As empresas montadoras de placas de circuito impresso permanecem em um mercado de livre concorrência. Normalmente, uma montadora de placas realiza a importação de componentes eletrônicos, gerencia o seu estoque e o estoque do cliente, programa suas compras (importações, compras nacionais, etc.) e também pode realizar a montagem do produto final, a critério de seus clientes. Com tantos

tipos de serviços disponíveis e prestados, é imprescindível o gerenciamento das ações praticadas para garantir um bom padrão de qualidade.

É comum a ausência de programas de garantia da qualidade nas montadoras brasileiras de placas de circuito impresso, principalmente nas empresas de pequeno porte. Existem várias técnicas com enfoque em prevenção e correção de problemas que podem ser adotadas para o aumento da qualidade, como o método PDCA e as Ferramentas da Qualidade, mas há dificuldades na implantação de um efetivo controle da qualidade, como o alto custo, a complexidade dos processos e o investimento em novos equipamentos. A falta da gestão dos processos em uma montadora de placas de circuito impresso pode causar perdas de tempo com retrabalhos, problemas com os produtos em campo e conseqüentemente, a perda de competitividade da empresa.

## **1.2 PROBLEMA**

O problema definido para este estudo são falhas de montagem de componentes eletrônicos em placas de circuito impresso. Estas placas fazem parte da estrutura interna de um equipamento destinado para agricultura de precisão, desenvolvido pela empresa Agres Sistemas Eletrônicos Ltda. As placas de circuito impresso são montadas por uma empresa terceirizada e as falhas de montagem têm causado altos índices de retrabalhos e perdas de componentes eletrônicos. Um dos tipos de problemas recorrentes pode ser observado na Figura 1, em que os dois capacitores em destaque foram montados de forma incorreta, não obedecendo ao correto posicionamento que é indicado pela serigrafia da placa (indicado pela seta vermelha).

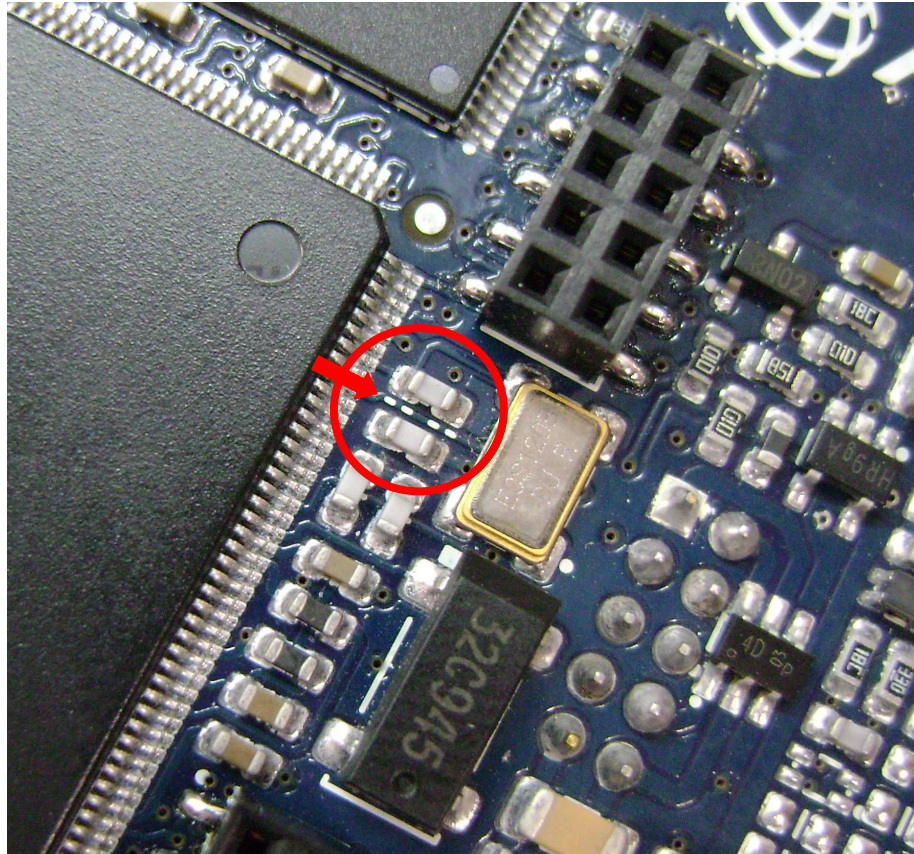


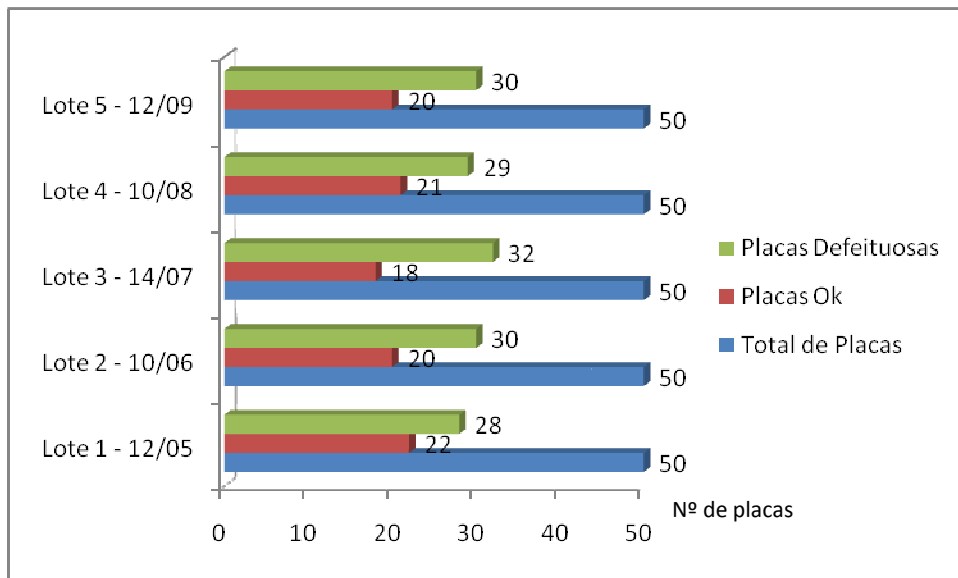
Figura 1 - Foto de erro de montagem em uma placa de circuito impresso  
Fonte: Autoria própria.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Desde o ano de 2008 o fornecedor *APTUS Electronics smt* foi homologado pela empresa *Agres Sistemas Eletrônicos Ltda.* para a montagem de placas de circuito impresso. Inicialmente não havia problemas de montagem de placas, devido à pequena complexidade dos produtos da empresa cliente *Agres*.

No fim do ano de 2010 a empresa *Agres* lançou um novo produto, com diversas funções, que possui uma aparência e tecnologia mais refinada. Este produto foi liberado oficialmente para vendas e produção no mês de março de 2011. A placa de circuito impresso, que é o suporte de quase todos os dispositivos eletrônicos do equipamento tornou-se bastante densa, com seis camadas e com uma grande quantidade de componentes eletrônicos. A partir daí, problemas de montagem com o fornecedor começaram a ocorrer com maior frequência.

Ao longo de cada mês é fornecido pela montadora um lote de 50 conjuntos dessas novas placas montadas. Durante os dois primeiros meses (primeiros lotes), a qualidade da montagem não pôde ser avaliada formalmente, pois a demanda pelo equipamento superava a capacidade de produção da empresa Agres, portanto, as placas defeituosas eram reparadas sem qualquer registro e controle dos problemas ocorridos. A partir do mês de maio do ano de 2011, foi realizado um registro das placas defeituosas que constavam em cada um dos lotes entregues. Realizando uma análise destes registros dos últimos meses (maio a setembro) foi gerado o gráfico mostrado na Figura 2.



**Figura 2 - Gráfico sobre os cinco últimos lotes de placas montadas**  
**Fonte: Autoria própria.**

Observando o gráfico acima, é possível concluir que o índice de rejeição de placas montadas é superior a 50% (cinquenta por cento). A porcentagem máxima de placas defeituosas aceitáveis pela empresa contratante do serviço é de 15% (quinze por cento), portanto há a necessidade de identificar quais são os processos que apresentam deficiência, indicá-los ao fornecedor e sugerir formas de correção para reduzir esse índice ao valor aceitável.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo Geral**

Aplicar o ciclo PDCA e as Ferramentas da Qualidade para a redução de falhas no processo de montagem de placas de circuitos impresso.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- a) Analisar o processo de montagem de placas de circuito impresso;
- b) Identificar as causas fundamentais da falha diagnosticada;
- c) Buscar soluções e melhorias no processo para um efetivo bloqueio das causas;
- d) Propor a padronização dos procedimentos operacionais de montagem;
- e) Identificar as principais Ferramentas da Qualidade e destacar as mais eficazes para o controle do processo.
- f) Identificar circuitos da placa montada a serem testados;
- g) Avaliar a qualidade da mão de obra do fornecedor;
- h) Aumentar a capacidade de industrialização e confiabilidade do fornecedor através de melhorias nos processos de produção dos produtos Agres.

## 1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para cumprir os objetivos, será seguida a metodologia abaixo. Cada um dos passos citados será descrito com detalhes ao longo deste trabalho.

1º - Realizar coleta de dados históricos.

2º - Organizar e analisar os dados com a utilização das Ferramentas da Qualidade adequadas.

3º - Avaliar a qualidade da mão de obra do fornecedor.

4º - Elaborar um plano de ações para um bloqueio efetivo das causas dos problemas.

6º - Confrontar as informações coletadas antes da implementação do plano de ações com os dados coletados após a implementação do plano de ações.

5º - Executar as ações propostas.

7º - Caso os resultados das ações propostas sejam positivos, implementar ao processo de montagem de placas os novos procedimentos e torná-lo o processo padrão para montagem de placas. Caso contrário, retornar ao 5º (quinto) passo.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Empresas competitivas têm sido aquelas que procuram elevar seu nível de eficiência, aprimorando a qualidade de seus produtos e serviços, reduzindo custos e orientando-se para as necessidades dos clientes. Mais do que isto, elas têm condicionado e influenciado seus mercados. O encurtamento do ciclo de vida dos produtos e a intensidade do ritmo das inovações tecnológicas antecipam as expectativas dos consumidores em mercados cada vez mais competitivos.

### **2.1 CONCEITO E HISTÓRICO DA QUALIDADE**

O conceito de qualidade possui várias definições. Segundo Juran (1991), a qualidade é adequação ao uso através da percepção das necessidades dos clientes. De acordo com a concepção de Deming (1990), é a perseguição às necessidades dos clientes e homogeneidade dos resultados do processo. Há diversas outras definições, mas a qualidade é algo subjetivo, que é avaliado normalmente pelos clientes, estes que podem possuir diferentes opiniões sobre a qualidade de um certo produto (PALADINI, 2004).

Atualmente a qualidade de um produto ou serviço é um fator indispensável e obrigatório e está intimamente ligado a sobrevivência e sucesso de qualquer organização.

Pouco antes da Revolução Industrial a qualidade dos produtos era avaliada somente através da inspeção do produto final. O artesão detinha todo o processo de fabricação do produto. E devido à proximidade do cliente ao artesão, o produto apresentava um alto padrão de qualidade, visto que o artesão procurava atender rigorosamente a necessidade de cada cliente. O controle da qualidade era realizado através da procura de defeitos de fabricação. Esta era chamada de era da inspeção (CARVALHO; PALADINI, 2005). Algum tempo depois, com o aumento do consumo de produtos, surgiram os métodos estatísticos de controle da qualidade, pois era inviável realizar a inspeção manual de cada bem produzido. Eram utilizados

alguns produtos como amostra e eram realizados cálculos, mas ainda o foco do controle da qualidade era o produto.

Com a chegada da Revolução Industrial, a produção de bens em massa aos poucos foi se tornando padronizada e foi fragmentada em etapas, as quais começaram a ser conduzidas lentamente a um padrão de conformidade. No período da Segunda Guerra Mundial o controle estatístico da qualidade foi amplamente difundido, mas somente no período pós-guerra novos e revolucionários elementos foram surgindo na Gestão da Qualidade. A partir daí o controle dos processos de produção e novamente os atendimentos às necessidades do cliente tornaram-se o objetivo da maioria dos modelos de Gestão da Qualidade desenvolvidos.

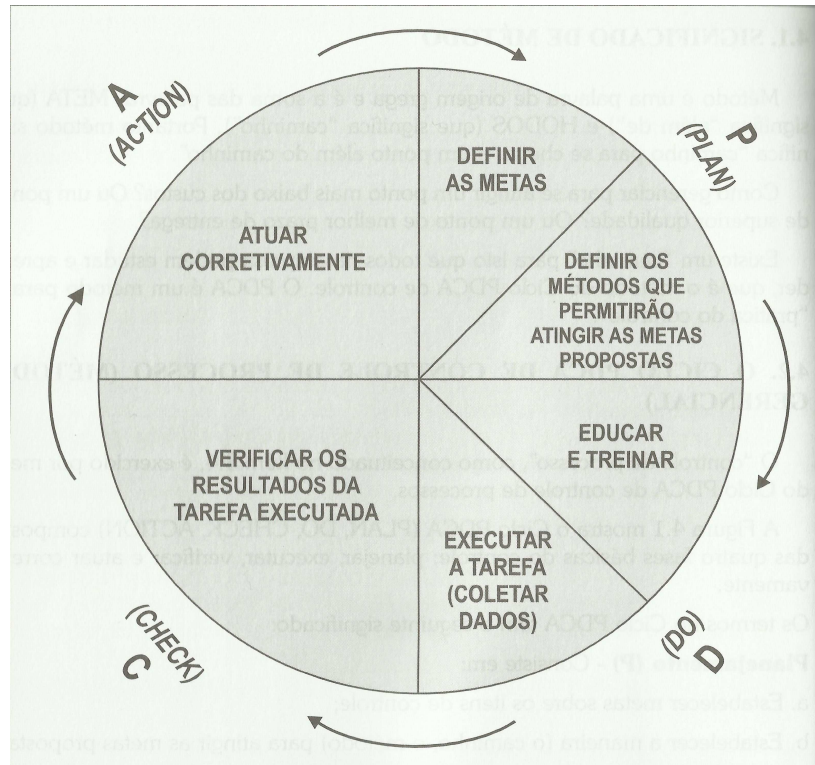
Foram desenvolvidos vários métodos para o controle da qualidade, análise e melhoria de processos. Neste estudo, serão analisados o ciclo PDCA e as Sete Ferramentas da Qualidade, pois são métodos de fácil aplicação nas mais variadas áreas da indústria e que possuem alto poder de resolução e identificação de problemas.

## **2.2 O CICLO PDCA**

O Ciclo PDCA foi desenvolvido pelo estatístico Walter Andrew Shewhart enquanto este trabalhava na empresa Bell Laboratories nos Estados Unidos na década de 1920. Mais tarde, na década de 1950, este método foi empregado com sucesso nas indústrias japonesas pelo engenheiro e especialista em qualidade William Edwards Deming, tornando esta ferramenta conhecida mundialmente através do aumento da qualidade dos processos (ORIBE, 2009).

Esta metodologia pode ser utilizada em qualquer parte de uma organização, desde o "chão de fábrica" até a alta administração, para o gerenciamento, manutenção e melhoria de processos e também para a solução de problemas, visando à obtenção de melhores resultados e melhoria contínua (THOZO, 2006).

O ciclo PDCA é constituído por quatro etapas como pode ser observado na Figura 3:



**Figura 3 - Ciclo PDCA**  
**Fonte: Werkema (1995, p.18).**

Na etapa P (*Plan* - Planejar) é realizada a definição de ações corretivas e é dividida em cinco etapas:

- a primeira etapa consiste em identificar o(s) problema(s);
- a segunda etapa consiste em observar o(s) problema(s) em detalhes, através de indicadores e outras ferramentas;
- a terceira etapa é caracterizada pela análise das causas;
- a quarta etapa consiste na elaboração de um plano de ações com o objetivo de eliminar as causas do(s) problema(s);
- a quinta etapa consiste no treinamento dos envolvidos com os processos relacionados com as ações corretivas propostas.

A etapa D (*Do* - Executar) é caracterizada pela execução das ações planejadas na fase anterior e são coletados os dados referentes às ações.

A etapa C (*Check* - Checar) consiste em checar, confirmando a efetividade das ações adotadas. A diferença entre o desejável (planejado) e o resultado real alcançado pode constituir um problema a ser resolvido ou não. Dessa forma, esta etapa envolve o processo e a comparação destes com os do padrão estabelecido. A análise dos dados do processo nos fornecerá informações importantes para a próxima etapa.

A etapa A (*Act* - Agir) consiste em agir, ou melhor, fazer as correções necessárias com o intuito de evitar que a repetição do problema venha a ocorrer. Podem ser ações corretivas ou de melhorias que tenham sido constatadas como necessárias na fase anterior. Esta etapa poderá envolver novos treinamentos e capacitação dos envolvidos no processo. Ao fim, de acordo com os resultados, haverá a necessidade da atualização dos procedimentos padrão e divulgação desta nova alteração.

Para a realização do controle da qualidade através do ciclo PDCA, é necessária uma filosofia de gestão participativa na organização, onde cada empregado da empresa deve estar ciente das metas de seu setor e conhecer o papel de sua atividade no processo de produção, de modo a satisfazer as necessidades dos processos seguintes ao seu, visando à melhoria contínua dos processos (BAUER; JÚNIOR, 2008).

### **2.3 AS SETE FERRAMENTAS BÁSICAS DA QUALIDADE**

Ferramentas da qualidade são técnicas essenciais para a manutenção dos sistemas de gestão. O objetivo da utilização destas técnicas é a resolução de problemas visando a otimização dos processos operacionais de uma empresa ou organização. Cada uma das ferramentas da qualidade que serão apresentadas a seguir pode ser utilizada isoladamente, como para a coleta de dados ou acompanhamento do comportamento de uma variável, visando apenas o registro destes itens. Quando o objetivo é a melhoria de processos ou resolução de problemas, é recomendada uma abordagem sistematizada dos problemas em

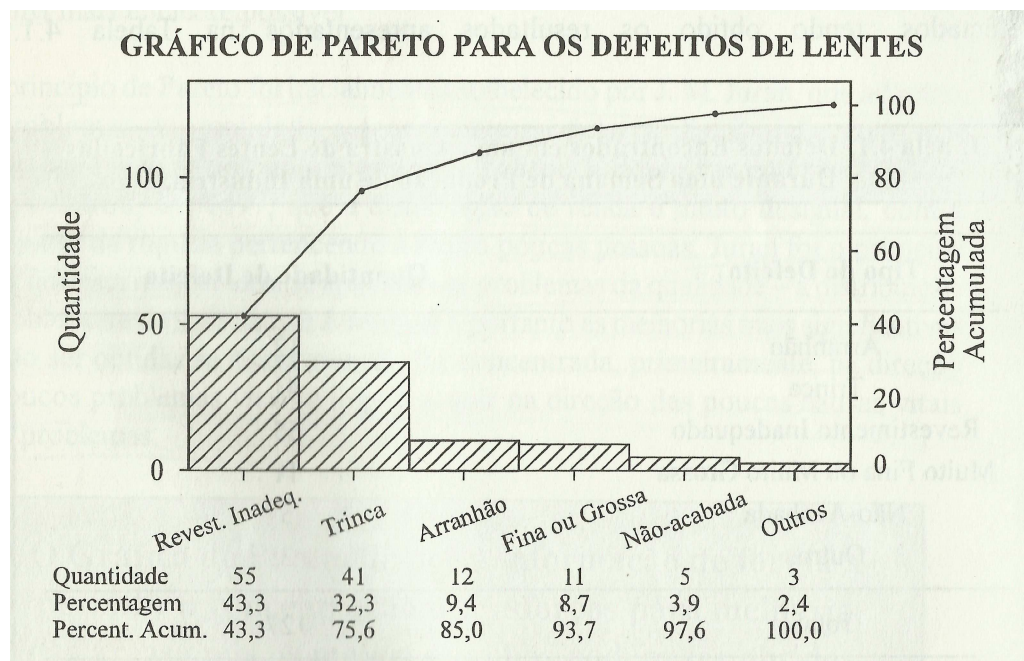
questão, utilizando em conjunto as ferramentas mais adequadas para identificar as causas do problema e suas possíveis soluções, administrando cada ação e o esforço coletivo dos colaboradores envolvidos.

### 2.3.1 Gráfico de Pareto

Segundo Werkema (1995) esta ferramenta é uma adaptação do princípio de Pareto a problemas relacionados à qualidade. O economista italiano Vilfredo Pareto em seus estudos sobre a distribuição de renda demonstrou que 80% da riqueza social estava concentrada em 20% da população. Aplicando este princípio em qualidade, temos que 80% dos problemas da qualidade resultam de cerca de 20% das causas potenciais.

O gráfico de Pareto é um gráfico de barras verticais que expõe de forma clara e evidente as causas de maior relevância dos problemas. Cada causa é quantificada em termos da sua contribuição para o problema e colocada em ordem decrescente de influência ou de ocorrência. A partir da análise do gráfico é então possível definir quais as causas principais dos problemas e procurar eliminá-las.

A Figura 4 exemplifica a aplicação do gráfico de Pareto para defeitos de lentes.



**Figura 4 - Gráfico de Pareto**  
**Fonte: Werkema (1995, p. 66).**

Observando o gráfico da Figura 4 vê-se que as barras que representam as ocorrências dos problemas estão de forma decrescente, permitindo a identificação das causas mais importantes e relevantes, que devem ser alvo de um plano de ações para eliminá-las.

### **2.3.2 Estratificação**

Estratificar um problema é analisa-lo e dividi-lo em outros problemas de diferentes origens para facilitar a identificação de seus pontos mais críticos. A estratificação é bastante útil pois permite um melhor entendimento do problema, pois o mesmo pode ser analisado sob diferentes ângulos (CAMPOS, 2004).

De acordo com Thozo (2006), quando é necessária a estratificação de um problema, as informações são obtidas a partir de diversos pontos de vista, tais como:

a) Por tempo

O problema ocorre de maneira diferente em determinadas horas do dia, de manhã, à tarde, à noite, em algum dia da semana específico, nos feriados, no verão ou no inverno.

b) Por local

O problema pode ocorrer em partes diferentes de uma peça (lado esquerdo, lado direito, em cima ou embaixo, dentro ou fora), em diferentes regiões do país, cidade, máquinas, plantas.

c) Por tipo

Podem ocorrer problemas dependendo da matéria-prima, do material utilizado, do fornecedor.

d) Por outros fatores

Os resultados são diferentes em função do método de trabalho, dos operadores, das condições climáticas, dos meios de medição.

É possível estratificar:

a) Dados históricos

Quando já há dados coletados, porém, desorganizados ou não estão agrupados em categorias, como por exemplo, por operador, máquina, fornecedor, período.

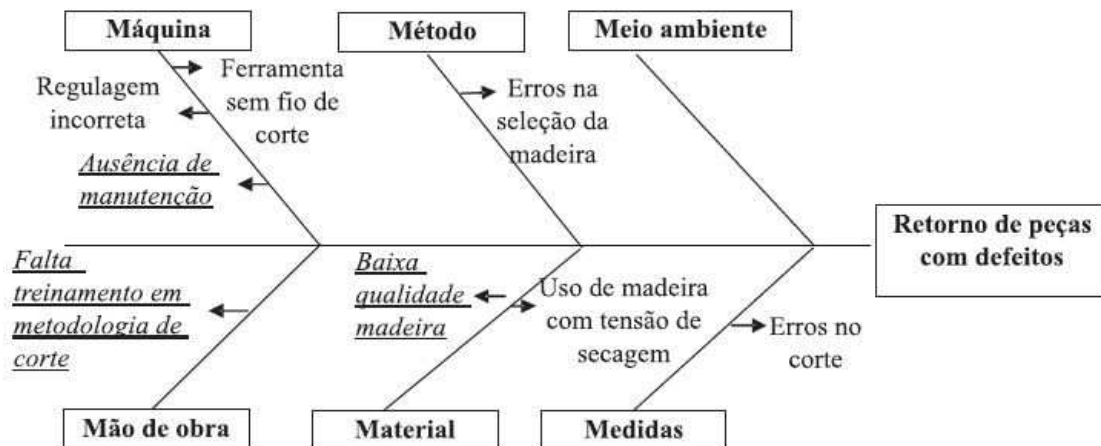
b) Novos dados

Deve-se coletar e estratificar novos dados quando os dados históricos não são confiáveis ou são insuficientes para agir no problema.

### 2.3.3 Diagrama de Causa e Efeito

Conhecido também como Diagrama Espinha de Peixe (por seu formato) e Diagrama de Ishikawa. Recebeu este último nome (Diagrama de Ishikawa) em homenagem ao Professor Kaoru Ishikawa, que construiu o primeiro diagrama de causa e efeito para explicar como vários fatores de um processo podem estar inter-relacionados. Com esta ferramenta gráfica, é possível identificar com mais clareza as possíveis causas de um problema ou efeito. Para facilitar a construção do diagrama, como sugestão, as causas podem ser agrupadas a partir do conceito dos 6M, como problemas de falhas em: materiais, métodos, mão-de-obra, máquinas, meio ambiente, medidas, mas nada impede a sua construção com outros fatores que se justifiquem mais adequados. Cada uma das possíveis causas podem ainda ser estratificada em novas sub-causas, até níveis de detalhe adequados à solução do problema. O efeito ou problema é colocado no lado direito do gráfico e as causas são agrupadas segundo categorias à esquerda. Ele é desenhado para ilustrar claramente as várias causas que afetam um processo por classificação e relação das causas (WERKEMA, 1995).

A Figura 5 mostra esta ferramenta sendo aplicada aos problemas sobre o processamento mecânico de madeira:



**Figura 5 - Diagrama de Causa e Efeito**  
 Fonte: Adaptado de Matos (2009, p. 983).

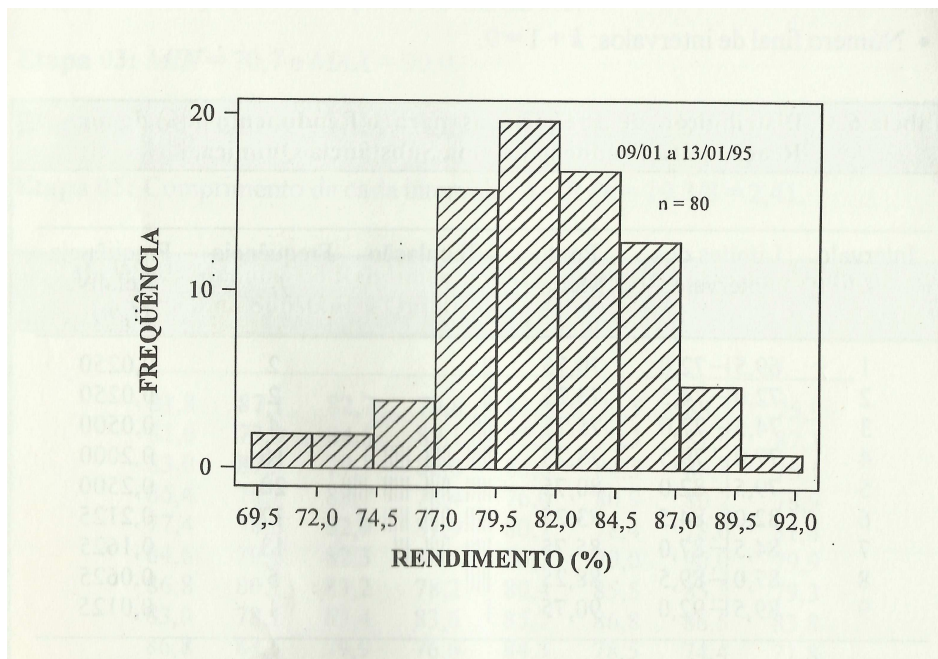
Analisando o diagrama, observa-se que ele é composto por uma linha central com ramificações na parte superior e inferior. O efeito, ou seja, o problema é posicionado na extremidade direita da linha central e as diversas categorias de causas de problemas são anotadas nas extremidades das ramificações que são levemente inclinadas para o lado esquerdo, dando-lhe um aspecto de espinha de peixe.

### 2.3.4 Histograma

O Histograma permite a visualização de determinados fenômenos, dando uma noção da frequência com que ocorrem. Esta ferramenta também permite resumir uma grande quantidade de informações em um pequeno conjunto de dados organizados, facilitando a interpretação da situação (WILLIAMS, 1995).

Um Histograma é um gráfico de barras no qual o eixo horizontal, é subdividido em vários pequenos intervalos, apresentando os valores assumidos por uma variável de interesse. Para cada um destes intervalos é construída uma barra vertical. A área de cada barra vertical deve ser proporcional ao número de ocorrências do valor associado a cada um dos intervalos (WERKEMA, 1995).

A seguir, na Figura 6 um exemplo de Histograma aplicado ao rendimento de uma reação química.



**Figura 6 – Histograma**  
**Fonte: Werkema (1995, p. 52).**

### 2.3.5 Diagrama de Dispersão

Segundo Werkema (1995) o Diagrama de Dispersão é um gráfico utilizado para a visualização do tipo de relacionamento existente entre duas variáveis.

Esta é uma ferramenta simples e amplamente utilizada. Através da avaliação do grau de influência de uma variável sobre a outra, é possível verificar se há algum tipo de correlação entre elas.

Esta correlação poderá:

a) Ser positiva e elevada

No gráfico, os pontos tenderão a se distribuir ao longo de uma reta ou curva crescente e estarem bem próximos uns dos outros.

b) Ser positiva e moderada

No gráfico, os pontos tenderão a se distribuir ao longo de uma reta ou curva crescente e estar um pouco afastados uns dos outros.

c) Inexistir

No gráfico, os pontos assumirão posições aleatórias, demonstrando que as variáveis analisadas não possuem qualquer dependência uma da outra.

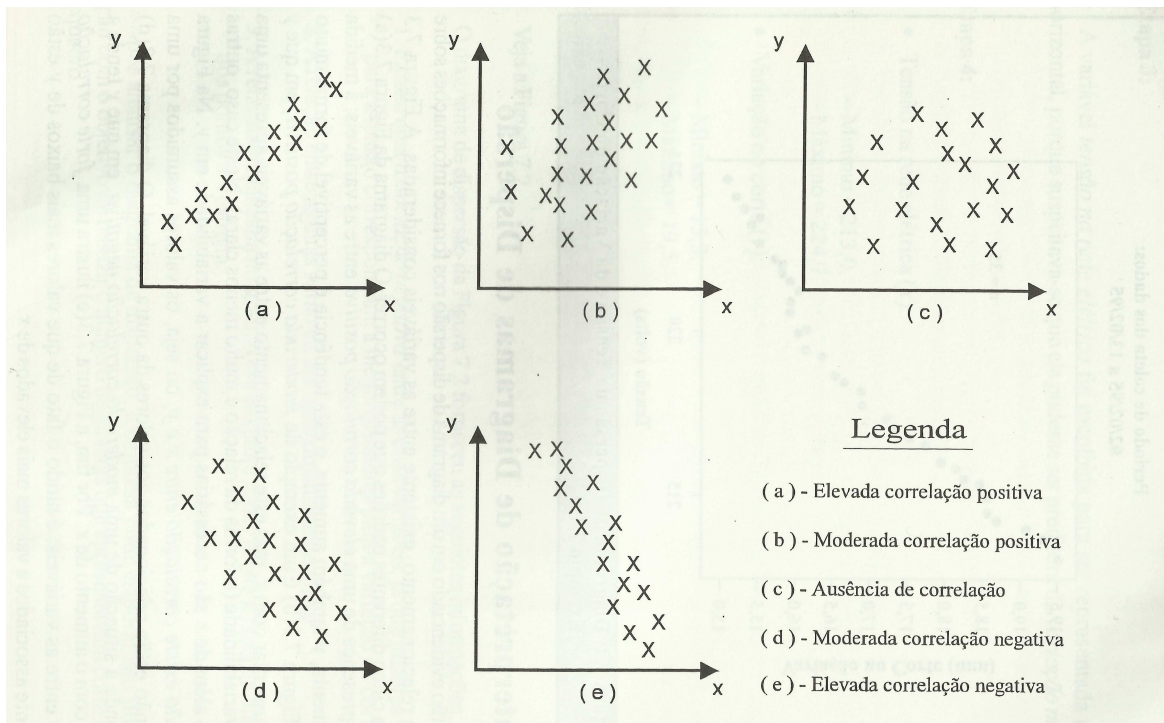
d) Ser negativa e moderada

No gráfico, os pontos tenderão a se distribuir ao longo de uma reta ou curva decrescente e estar um pouco afastados uns dos outros.

e) Ser negativa e elevada

No gráfico, os pontos tenderão a se distribuir ao longo de uma reta ou curva decrescente e estarem bem próximos uns dos outros.

A Figura 7 exemplifica cada um dos tipos de correlação citados acima.



**Figura 7 - Tipos de Correlação entre duas variáveis**  
**Fonte: Werkema (1995 p. 71).**

### 2.3.6 Folha de Verificação

Folhas de Verificação são tabelas ou planilhas simples utilizadas para facilitar a realização da coleta e análise de dados. Esses formulários não possuem um formato padrão, mas devem ser elaborados de acordo com as particularidades dos processos ou itens que serão analisados. Também é importante que a Folha de

Verificação tenha um aspecto simples e seja de fácil compreensão, pois facilita o seu preenchimento e permite uma visualização prévia dos dados que estão sendo coletados (THOZO, 2006).

Há diversos tipos de lista de verificação. A sua aparência e a forma de coleta de dados depende do objetivo do estudo.

Os tipos mais empregados são:

a) Folha de Verificação por Classificação

Este tipo é usado quando é necessário saber quais os tipos de defeitos mais freqüentes e números de vezes causados por cada motivo. Exemplo: Numa peça de azulejo, os tipos de defeitos após o produto acabado.

b) Folha de Verificação para Localização de Defeitos

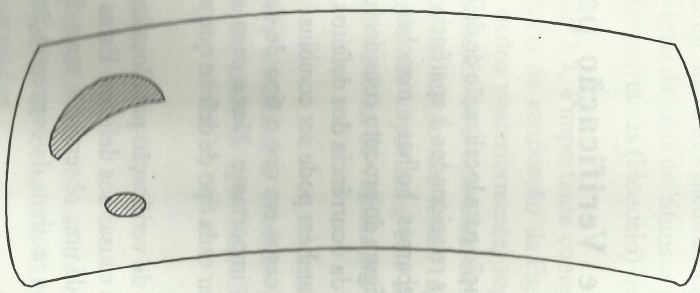
É usada para localizar defeitos externos, tais como: mancha, sujeira, riscos, pintas, e outros. Geralmente esse tipo de lista de verificação tem um desenho do item a ser verificado, na qual é assinalado o local e a forma de ocorrência dos defeitos. Exemplo: Bolha estourada na superfície do vidro, nas peças cerâmicas. Esta folha nos mostra o local onde mais aparece o tipo da bolha. Esse tipo de folha de verificação é uma importante ferramenta para a análise do processo, pois nos conduz para onde e como ocorre o defeito. A Figura 8 ilustra uma Folha de Verificação utilizada para a localização de imperfeições em vidros automotivos.

**FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA LOCALIZAÇÃO DE BOLHA**

Nome do Produto: Pára-brisa modelo xyz

Material: Vidro

Data: 04/01/95



Observações: \_\_\_\_\_

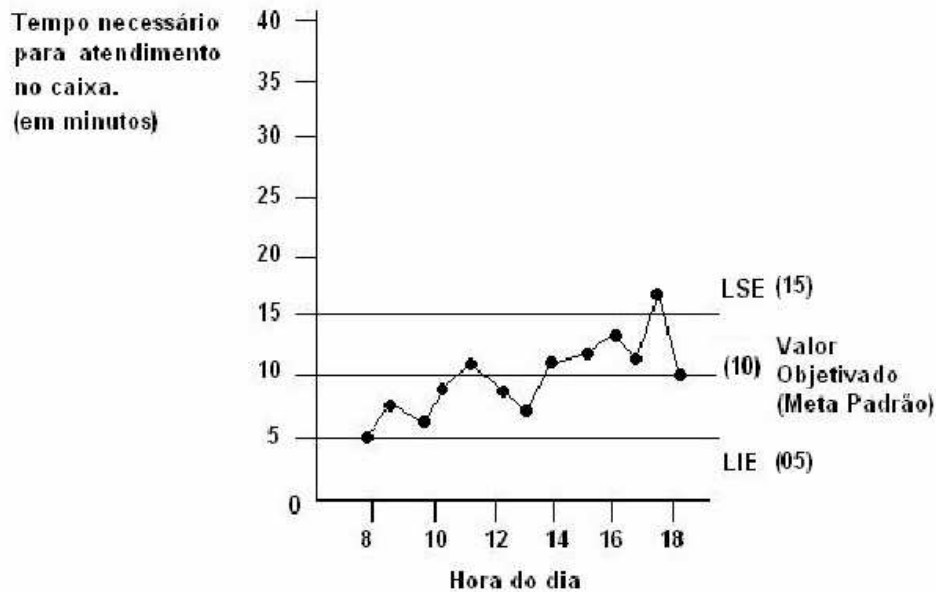
\_\_\_\_\_

**Figura 8 - Folha de Verificação**  
**Fonte: Werkema (1995 p. 42).**

### 2.3.7 Gráfico Seqüencial

O Gráfico Seqüencial permite a visualização do comportamento de uma variável ao longo do tempo. Normalmente os dados que compõe este gráfico está em forma de tabelas, o que dificulta um pouco sua análise. Esta ferramenta mostra-se bastante útil para a análise desses dados, pois plotando o Gráfico Seqüencial, ficam evidentes as variações do processo em estudo (CAMPOS, 2004).

A Figura 9 ilustra um exemplo de Gráfico Seqüencial utilizado para avaliar o desempenho de caixas no atendimento a clientes.



**Figura 9 - Gráfico Seqüencial**  
 Fonte: Adaptado de Campos (2004 p. 77).

A principal função desta Ferramenta da Qualidade é facilitar a identificação do período em que uma variável assumiu algum valor indesejado, fora do padrão e, através disso, pesquisar e monitorar possíveis eventos que justifiquem determinados comportamentos desta variável.

## 2.4 PLANO DE AÇÃO

Plano de Ação é um conjunto de métodos e ações estabelecidas para a solução de problemas. Para a sua elaboração é necessário primeiramente identificar quais são as causas potenciais do problema. Há várias formas para se elaborar um Plano de Ação, uma delas é utilizando a ferramenta de gestão 5W2H (*What, Who, When, Where, Why, How e How much*). Após a identificação das causas do problema, esta ferramenta poderá ser utilizada para definir as ações corretivas. Estas ações serão determinadas através da utilização da tabela ou formulário 5W e 2H que definirá o que vai ser feito, quem irá fazer, onde será feito, quando (prazo), por que será feito, como será feito e quanto custará (CANO, 2006).

Na Figura 10, temos um exemplo de formulário 5W e 2H.

Solução	<i>What</i> (O que será feito?)	<i>Who</i> (Quem fará?)	<i>When</i> (Quando?)	<i>Where</i> (Onde?)	<i>Why</i> (Por quê?)	<i>How</i> (Como?)	<i>How much</i> (Quanto custa?)
Consolidar processo de identificação e cadastramento de tecnologias nos projetos novos aprovados	Análise "ex-ante"	Equipe de avaliação do impacto + ACN + CTI + pesquisadores	Na aprovação do projeto	UD	Para identificar tecnologias potenciais	Metodologia de avaliação do impacto	Sem custo adicional

**Figura 10 - Exemplo de Formulário 5W2H**  
**Fonte: Adaptado de Bernardi (2010, p. 309).**

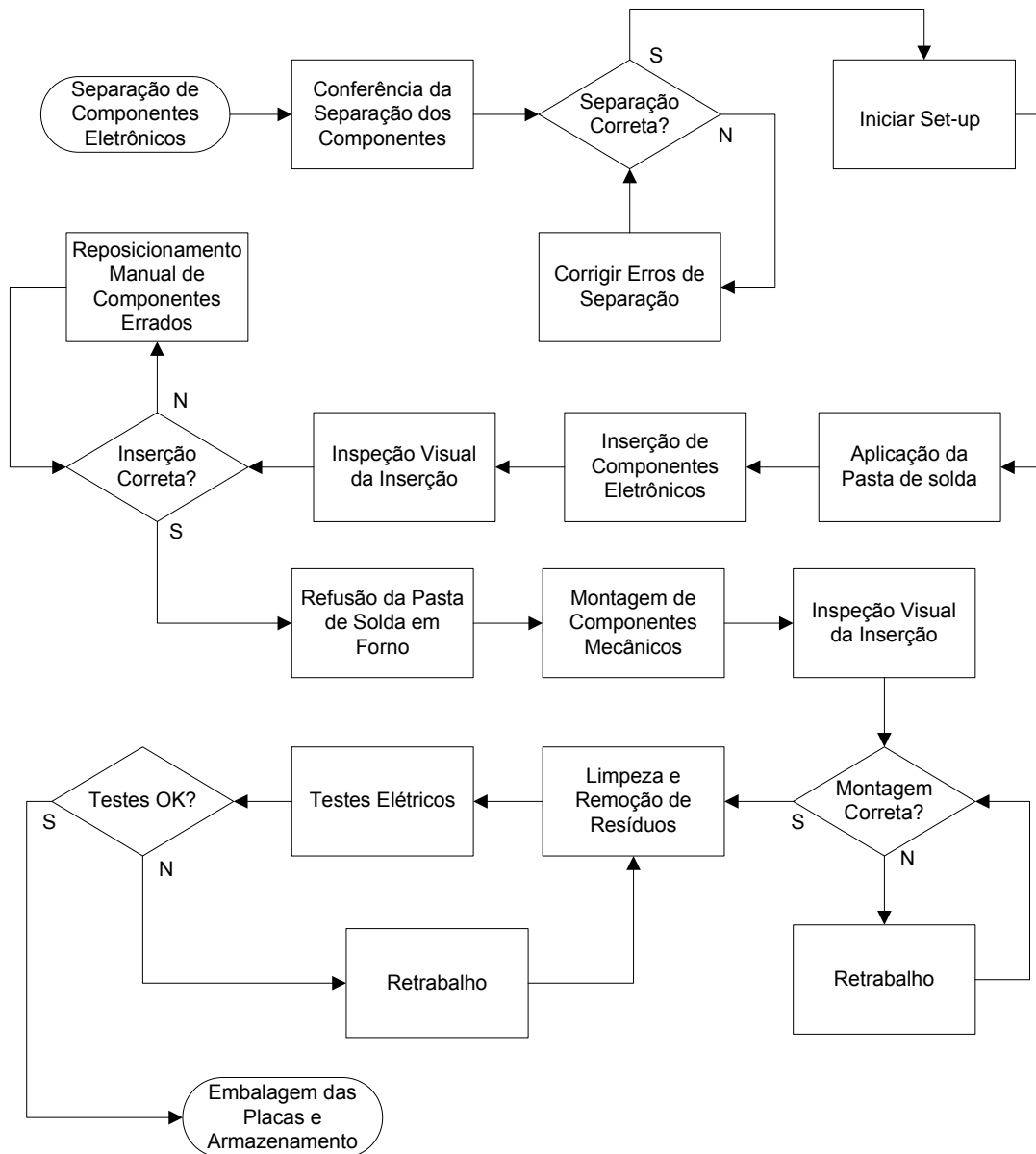
Através da utilização deste método (5W e 2H), é possível ter uma visão geral dos recursos necessários, como, a equipe responsável, o local em que a ação deverá ser atuante, entre outros. Outro ponto forte desta ferramenta é a sua simplicidade, o que permite uma fácil compreensão e entendimento das ações por parte de todas as pessoas envolvidas, facilitando a implementação do Plano de Ação.

### **3 DESENVOLVIMENTO**

Neste capítulo será apresentado e analisado o processo de montagem de placas de circuito impresso, identificando os seus possíveis problemas e falhas. Também serão analisados os dados e as informações coletadas, assim como as soluções que foram adotadas para os problemas através da utilização do método PDCA e das Ferramentas da Qualidade. Em seguida, serão confrontados os resultados da linha de montagem de placas antes e depois do estudo realizado.

#### **3.1 FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE MONTAGEM DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO**

A representação do processo produtivo através de um fluxograma é fundamental, pois esta ferramenta facilita o entendimento das etapas e auxilia na descoberta de pontos que podem caracterizar deficiências ocasionais no processo. Na Figura 11, temos um fluxograma detalhado do processo de montagem de placas, utilizado pela empresa.



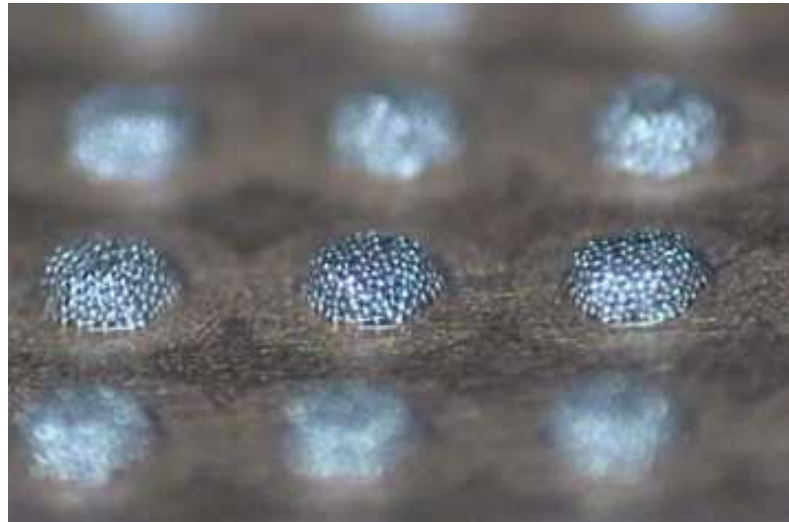
**Figura 11 - Fluxograma das etapas de montagem de placas de circuito impresso**  
**Fonte: Autoria própria.**

A montagem de placas de circuito impresso realizada pelo fornecedor é iniciada com a separação dos componentes eletrônicos que compõe a estrutura da placa alvo. Essa separação deve ser realizada com atenção para não ocorrerem erros, e para que a quantidade de cada item corresponda ao número pretendido de placas montadas.

Depois da etapa de separação é realizado o *set-up* dos equipamentos utilizados na manufatura, que consiste basicamente em carregar o programa de

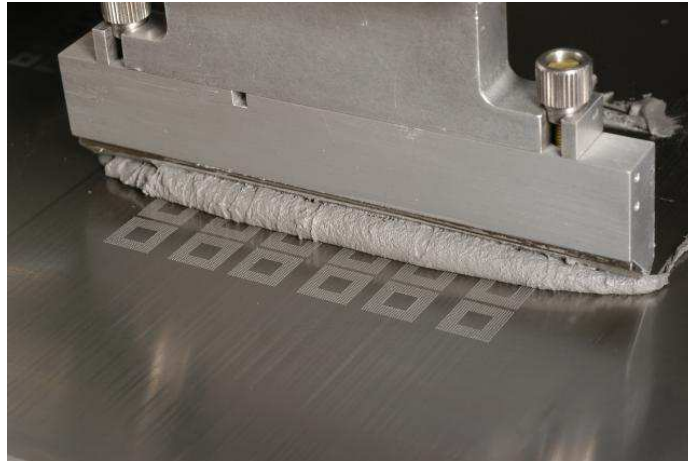
montagem correto e abastecer as máquinas e os alimentadores com os componentes eletrônicos da placa que será montada.

Após o término do *set-up*, é realizada a aplicação da pasta de solda em cada placa que será montada. A pasta de solda é uma suspensão de esferas ou micropartículas de solda metálica em um material adesivo denominado fluxo. Na Figura 12 é possível observar uma amostra da pasta de solda em detalhes.



**Figura 12 - Ampliação de uma amostra de pasta de solda**  
Fonte: *Cooksonelectronics* (2012).

A pasta de solda é aplicada sobre a superfície de cada placa. A aplicação é realizada em uma máquina que força a pasta a atravessar uma máscara tipo estêncil, como pode ser observado na Figura 13. Esse processo faz a pasta aderir à placa apenas nos pontos onde serão soldados os terminais dos componentes eletrônicos. O resultado é uma placa de circuito impresso sem componentes eletrônicos montados, mas com os pontos onde eles serão soldados recobertos com uma camada de pasta de solda que funcionará como material fixador, mantendo os componentes em suas posições nas etapas que antecedem a soldagem.



**Figura 13 - Aplicação de pasta de solda à uma placa de circuito impresso**  
Fonte: Indium (2012).

Assim que uma placa recebe a aplicação da pasta de solda, a mesma é encaminhada para a máquina de inserção. Esta máquina realiza o posicionamento de vários componentes sobre a superfície da placa, com grande velocidade e extrema precisão. Na Figura 14, temos um exemplo deste tipo de máquina.



**Figura 14 - Máquina de inserção de componentes eletrônicos**  
Fonte: I-pulse (2012).

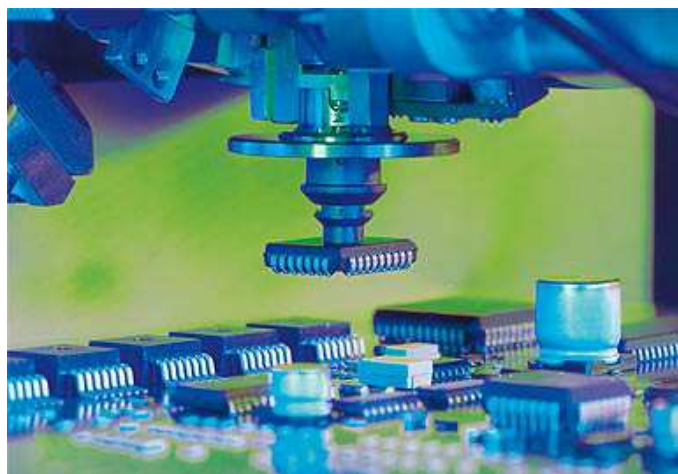
Uma máquina de inserção é normalmente composta por um grande tambor que pode deslocar-se livremente, denominado de cabeça. Há também diversos adaptadores para vários tipos e tamanhos de componentes eletrônicos, chamados de *nozzle*. Durante a inserção de componentes, a cabeça acopla-se ao *nozzle* do tamanho adequado e realiza a captura do componente eletrônico. Na Figura 15 é

observado um *nozzle*, utilizado para a montagem de componentes de pequeno tamanho.



**Figura 15 - Nozzle utilizado para montagem de placas**  
Fonte: Alibaba (2012).

O componente eletrônico permanece fixo ao *nozzle* através de sucção até ser inserido em sua posição na placa de circuito impresso. Após o componente ser inserido, a cabeça retorna o *nozzle* ao seu local fixo e acopla-se a outro *nozzle*, adequado ao tamanho do próximo componente que será inserido na placa. Na Figura 16, observamos um circuito integrado sendo posicionado sobre uma placa de circuito impresso.



**Figura 16 - Máquina de inserção posicionando um componente eletrônico**  
Fonte: Micromo (2012).

Após o término da inserção completa de componentes, a primeira placa do lote passa por uma inspeção visual, em busca de erros de montagem. Essa inspeção é realizada rigorosamente, pois todas as próximas placas serão montadas com a utilização do mesmo programa de montagem. Nesta primeira inspeção é observado o posicionamento dos componentes, se estão devidamente alinhados e se todos os componentes foram devidamente inseridos. Para o restante do lote, é realizada uma inspeção por amostragem, de acordo com critérios estabelecidos pelo fornecedor.

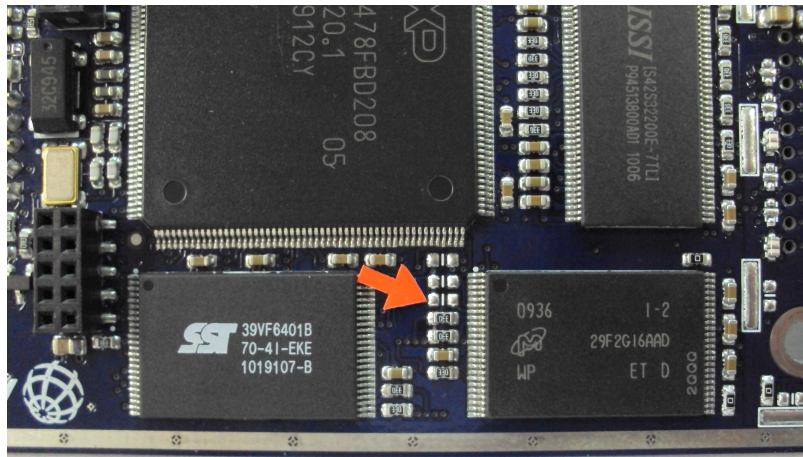
Sendo aprovadas pela inspeção, cada placa é então encaminhada à soldagem, que ocorre no interior de um forno de convecção de ar quente, denominado forno de refusão. Este forno possui várias zonas com temperaturas diferenciadas e um sistema de esteira, que possibilita que a placa avance através do forno. A alta temperatura do forno aquece a placa, volatilizando o componente adesivo da pasta de solda e funde as esferas de solda, formando então a junta de solda. Um forno de refusão de 7 (sete) estágios de temperaturas é apresentado na Figura 17.



**Figura 17 - Forno de refusão**  
**Fonte: Ersa (2012).**

Ao fim da etapa de soldagem, com a placa resfriada, são montados os componentes que não são inseridos de forma automatizada. Estes componentes são conectores, grampos de encaixe mecânico, entre outros. Depois que todos estes componentes mecânicos são montados, a placa passa por mais um processo de inspeção, para identificação de problemas das montagens mecânicas e possíveis problemas não notados nas inspeções anteriores. A Figura 18 mostra uma placa

com defeito, aguardando pelo retrabalho. A seta vermelha que foi fixada na placa após a inspeção indica a falta de um componente eletrônico.



**Figura 18 - Placa inspecionada aguardando retrabalho**  
**Fonte: Autoria própria.**

Avaliada e aprovada, a placa passa por um processo de limpeza para a remoção de impurezas, como resíduos de pasta de solda, fluxo, ou marcas provocadas por retrabalhos. Após o processo de limpeza, as placas são submetidas a testes elétricos. Após a aprovação da placa em cada teste, a mesma é identificada com o selo de qualidade da empresa e embalada adequadamente.

### **3.2 APLICAÇÃO DO CICLO PDCA E DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE**

O desenvolvimento deste estudo foi realizado através da utilização de diversas Ferramentas da Qualidade e do Ciclo PDCA. No Quadro 1, são apresentadas as Ferramentas da Qualidade utilizadas em cada uma das etapas do Ciclo PDCA.

<b>Etapa</b>	<b>O que fazer</b>	<b>Como fazer</b>	<b>Ferramentas utilizadas</b>
Identificação do Problema (Etapa P)	Identificar a não conformidade	Através dos resultados dos dados coletados pelo monitoramento do processo	- Indicadores; - Gráficos.
Descrição do Problema (Etapa P)	Definir o problema e prováveis causas	Levantar informações sobre o problema indo ao local da ocorrência e questionar os envolvidos	- Estratificação; - Gráfico de Pareto.
Análise das Causas do Problema (Etapa P)	Listar as causas potenciais e selecionar a causa raiz	As causas potenciais devem ser priorizadas com base nos dados levantados anteriormente	- Brainstorming; - Diagrama de Causa e Efeito; - Conceito 6M.
Elaboração de um Plano de Ação para diminuição das causas (Etapa P)	Estabelecer ações para bloquear as causas do problema	Definir para cada ação: - O que será feito; - Quando será feito; - Quem fará; - Onde será; - Porque será feito; - Como será feito; - Quanto custará.	- 5W2H
Implementação do Plano de Ação (Etapa D)	Implementar e monitorar a execução do plano de ações	Acompanhar permanentemente as ações envolvendo as pessoas	- 5W2H
Verificar a Eficácia das ações (Etapa C)	Comparar as situações anteriores e posteriores à implementação	Analisando a evolução do item de controle antes e depois da implementação da ação	- Indicadores; - Gráficos; - 5W2H.
Padronização da Solução (Etapa A)	Estabelecer procedimentos operacionais, padronizando os processos	Elaborar um padrão e comunicar as modificações aos envolvidos	- Procedimentos; - Folhas de instrução; - Treinamento.

**Quadro 1 - Ferramentas utilizadas em cada etapa do ciclo PDCA**

**Fonte: Autoria própria.**

A aplicação do Ciclo PDCA seguiu de forma padrão, com cada uma das etapas bem esclarecidas e cada uma das Ferramentas da Qualidade foi devidamente explorada. O método permite uma boa organização de idéias, fácil compreensão e utilização da ferramenta.

### 3.2.1 Etapa (P) – Identificação do problema

O fornecedor realiza a montagem, testes iniciais e o envio das placas. Quando recebidas pelo cliente, as placas são encaminhadas ao recebimento fiscal e aí sim, as mesmas seguem para o setor de produção, onde são serializadas sequencialmente e armazenadas adequadamente. Após o recebimento da ordem mensal de produção, são separados semanalmente os lotes de produção, que são compostos por aproximadamente 12 (doze) placas e outros itens. Cada placa é avaliada, gerando um relatório de inspeção de lote de placas para produção. Um exemplo deste tipo de relatório pode ser observado na Figura 19. O resultado de cada teste é documentado e é criado no banco de dados do sistema um novo cadastro contendo informações sobre cada número de série do lote avaliado. Cada uma das placas defeituosas é devidamente identificada e encaminhada à bancada de retrabalhos. Na bancada de retrabalhos, as placas defeituosas são reparadas e o seu respectivo relatório é atualizado, contendo o defeito apresentado, sua suposta causa e o(s) ponto(s) reparado(s). Após isto, a placa está liberada para compor o produto. Este processo é realizado para cada lote recebido.

INSPEÇÃO DE LOTE DE PLACAS PARA PRODUÇÃO							
Fornecedor	APTUS		Item	PLACA ANB20V1A		Qtde.	10 unidades
Data de receb. do lote	12/05/2011		Data da inspeção	16/05/2011			
nº de série	Status inicial	Inspeção visual	Defeito apresentado	Defeito constatado	Solução	Relação da falha	Status Final
151	ñ OK	OK	não comunica	curto no CI U17	ressoldagem em U17	montagem	OK
152	ñ OK	OK	não liga	solda fria em J4	ressoldagem em J4	montagem	OK
153	OK	-	-	-	-	-	OK
154	ñ OK	ñ OK	não liga	U5 invertido	substituição de U5	montagem	OK
155	ñ OK	OK	não funciona interface USB	resistor R15 com valor errado (180R)	substituição de R15 (15k)	montagem	OK
156	OK	-	-	-	-	-	OK
157	ñ OK	ñ OK	não aceita gravação de FW	solda insuficiente nos terminais de J2	ressoldagem dos terminais de J2	montagem	OK
158	ñ OK	ñ OK	memórias com erro	curto entre pinos de endereçamento de U2	ressoldagem de U2	montagem	OK
159	ñ OK	OK	não funciona interface USB	resistor R15 com valor errado (180R)	substituição de R15 (15K)	montagem	OK
160	ñ OK	ñ OK	memórias com erro	curto entre pinos de endereçamento de U4	ressoldagem de U4	montagem	OK

**Figura 19 - Relatório de inspeção de placas para produção**  
**Fonte: Autoria própria**

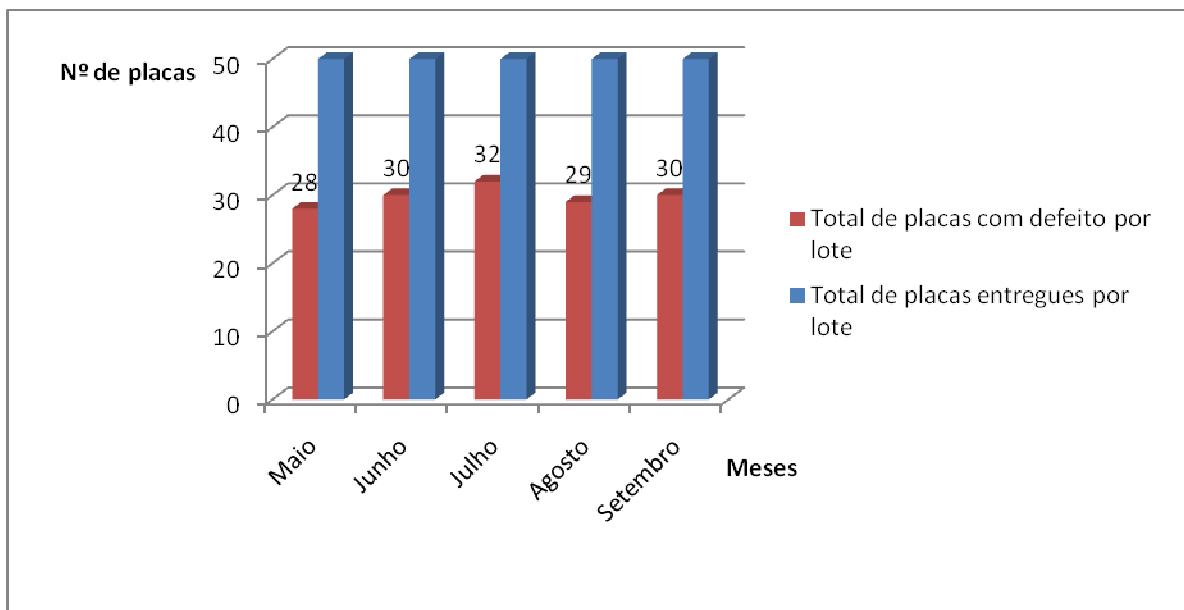
Abaixo, o Quadro 2, que foi elaborado a partir de dados extraídos dos relatórios de cada lote recebido. Este quadro representa a quantidade de placas defeituosas por lote, dos meses de Maio a Setembro de 2011.

	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
<b>Total de placas por lote</b>	50	50	50	50	50
<b>Total de placas com defeito por lote</b>	28	30	32	29	30

**Quadro 2 - Números de placas defeituosas por lote recebido**

Fonte: Autoria própria.

Analisando e reunindo as informações fornecidas pelas planilhas, foi gerado o gráfico apresentado na Figura 20, que representa na forma de indicador o número de placas defeituosas por lote recebido.



**Figura 20 - Indicador sobre o número de placas recebidas**

Fonte: Autoria própria

Acompanhando e examinando cada relatório de qualidade das placas avaliadas, foram identificados os tipos de falhas que ocorrem. Essas informações obtidas sobre o índice de cada tipo de falha são apresentadas no Quadro 3, e serão utilizadas na construção do gráfico de Pareto, que define o ponto de partida para a correção dos problemas.

Origem	Defeito	nº de ocorrências	Total
Fornecedor montagem de placas	Problemas de montagem (sem danos)	128	149
Fornecedor montagem de placas	Danos causados à componentes ou placas durante o processo de montagem	11	
Fornecedor fabricação de placas	Defeitos de fabricação em placas de circuito impresso	6	
Fornecedor componentes eletrônicos	Defeitos em componentes eletrônicos	4	

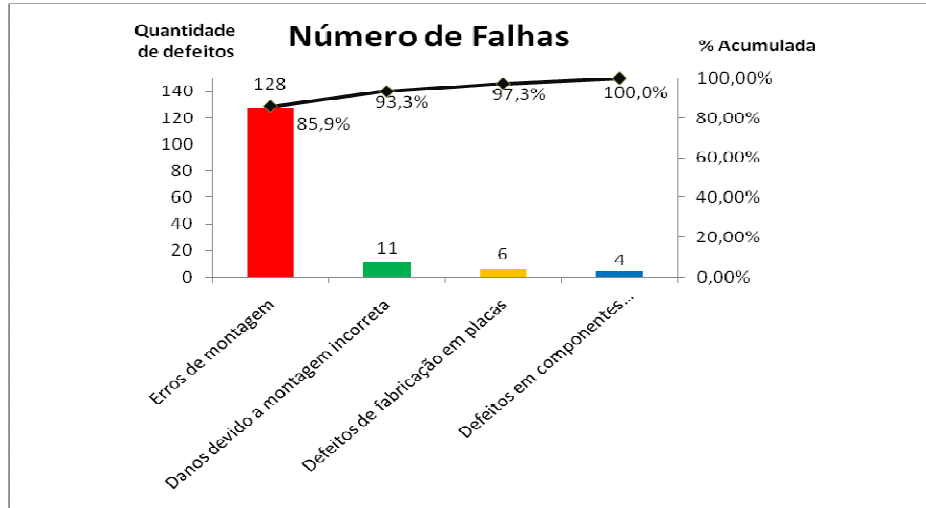
**Quadro 3 - Classificação dos tipos de defeitos encontrados**  
**Fonte: Autoria própria.**

No Quadro 4 são apresentados os dados classificados prontos para a construção do gráfico de Pareto.

Tipo de defeito	nº de ocorrências	Porcentagem individual (%)	Porcentagem acumulada (%)
Problemas de montagem (sem danos)	128	$128/149=85,9\%$	85,9%
Danos causados a componentes ou placas durante o processo de montagem	11	$11/149=7,4\%$	$85,9+7,4=93,3\%$
Defeitos de fabricação em placas de circuito impresso	6	$6/149=4\%$	$93,3+4=97,3\%$
Defeitos em componentes eletrônicos	4	$4/149=2,7\%$	$97,3+2,7=100\%$
	149	100%	

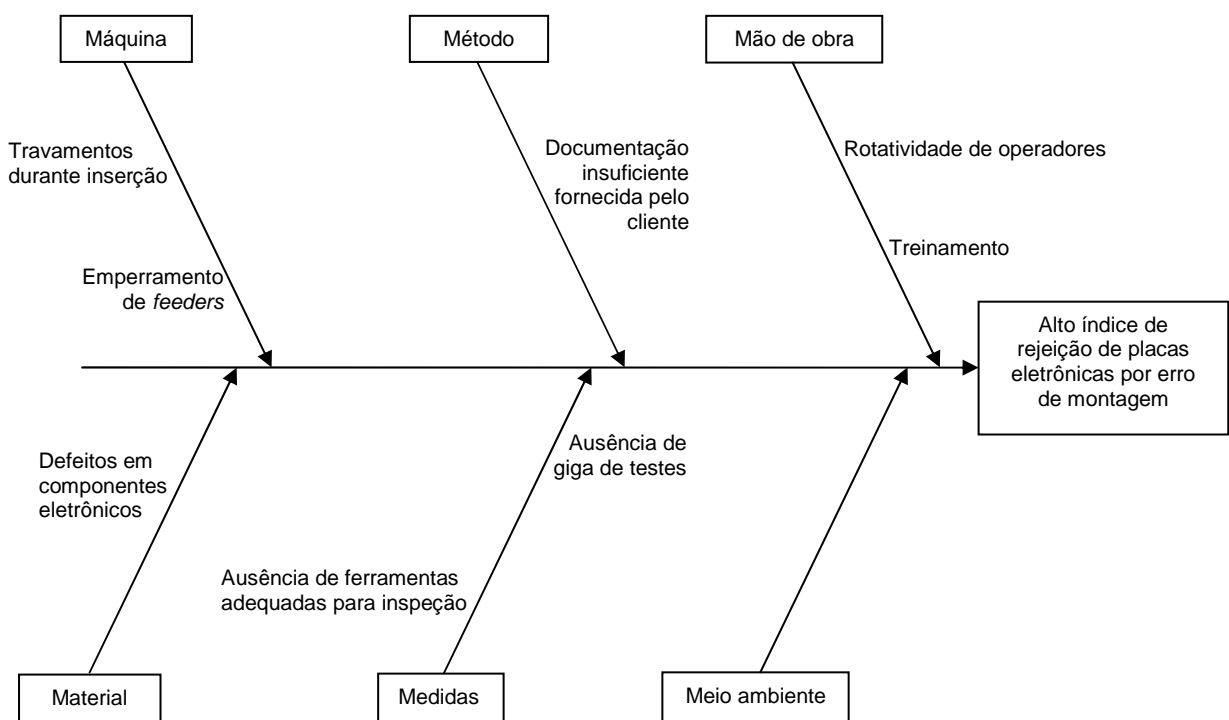
**Quadro 4 - Dados gerados para a construção do gráfico de Pareto**  
**Fonte: Autoria própria.**

Abaixo, na Figura 21, o gráfico de Pareto gerado. É evidente que a causa “erros de montagem” é a causa potencial do problema, portanto, é prioridade desenvolver soluções para a eliminação desta causa.



**Figura 21 - Gráfico de Pareto gerado a partir das informações coletadas**  
**Fonte: Autoria própria.**

Após a identificação da causa potencial do problema, é necessário verificar a associação desta causa com outras sub-causas, relacionadas com os processos envolvidos. Para isto, foi realizada uma reunião com os colaboradores envolvidos com o processo e construído um Diagrama de Ishikawa, associado ao conceito dos 6M, que sugere que sejam analisados os itens: materiais, métodos, mão-de-obra, máquinas, meio ambiente e medidas. O diagrama elaborado é apresentado na Figura 22.



**Figura 22 - Diagrama de Ishikawa construído, utilizando o conceito dos 6M**  
**Fonte: Autoria própria.**

Analisando o diagrama construído, é possível observar que mais novas causas do problema foram detectadas. Essas novas causas são:

#### Mão de obra

- Treinamento;
- Alta rotatividade de operadores.

#### Método

- Documentação insuficiente fornecida pelo cliente.

#### Medidas

- Ausência de giga de testes;
- Ausência de ferramentas adequadas para inspeção de placas.

#### Máquina

- Travamentos da máquina durante a etapa de inserção;
- Emperramento de *feeders* (alimentadores), causando a não inserção do componente localizado no *feeder* emperrado.

#### Material

- Defeitos em componentes eletrônicos.

Analisando as causas relacionadas à mão de obra, observamos que a falta de treinamento e a alta rotatividade da mão de obra de operadores, compromete a qualidade do produto final. Os operadores devem ser capacitados para a correção de problemas. Portanto, é necessária a elaboração e realização de treinamentos periódicos sobre os processos e um bom diálogo com o setor de qualidade.

A rotatividade de operadores entre diversas tarefas e setores da linha de montagem deve ser reduzida, aumentando o entrosamento do operador com as atividades e seus detalhes, reduzindo o seu potencial de erros.

As causas relacionadas ao método, como a documentação para industrialização é um fator muito importante, pois é ela que servirá como base para o fornecedor executar o processo. Quanto mais completa for a documentação, menores são as chances do fornecedor cometer erros no processo, e se erros ocorrerem, ele também saberá como agir, seguindo o padrão estabelecido pelo cliente.

A ausência de uma gama de testes deve ser verificada junto ao cliente, que deve fornecer uma ferramenta eficiente para testar os seus produtos, assim como instruir o operador quanto à utilização da ferramenta. Também é importante a utilização de ferramentas adequadas para inspeção de placas, sendo de responsabilidade do fornecedor a aquisição de novos equipamentos que viabilizem a identificação visual de erros de montagem e danos nas placas de circuito impresso. O fornecedor deve também realizar treinamentos, que possibilitem que os operadores utilizem destes recursos para a obtenção de melhores resultados.

Os problemas relacionados com o ramo máquina do Diagrama de Ishikawa são de grande dificuldade de serem sanados, pois envolvem a necessidade de um plano de manutenção das máquinas de montagem de placas através da contratação dos serviços de um corpo técnico especializado, com um programa de manutenção preventiva definido (pré-estabelecido).

As placas de circuito impresso com problemas decorrentes de defeitos em componentes eletrônicos estiveram dentro dos valores tolerados, constantes nos procedimentos de avaliação do processo, portanto, as causas relativas a materiais foram consideradas irrelevantes.

Na próxima página, é representado no Quadro 5 o plano de ações elaborado, com a utilização da ferramenta 5W2H.

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>	<b>Ação</b>	<b>Responsável</b>	<b>Quando</b>
Alto índice de rejeição de placas eletrônicas por erro de montagem	1 – Alta rotatividade dos operadores em diferentes atividades	1.1 – Reduzir a rotatividade entre atividades de outros clientes	Supervisor de produção - fornecedor	Imediato
	2 – Falta de treinamento dos envolvidos	2.1 – Realizar treinamentos constantes de temas envolvidos com o processo	Setor de Qualidade - fornecedor	2 semanas
	3 – Falta de ferramentas adequadas para a inspeção de placas	3.1 – Realizar pesquisa e aquisição de novos equipamentos	Supervisor de produção - fornecedor	3 semanas
	4 – Ausência de giga de testes	4.1 – Projetar giga de testes	Engenharia - cliente	4 semanas
	5 – Documentação insuficiente fornecida pelo cliente	5.1 – Elaborar o complemento da documentação.	Engenharia - cliente	2 semanas
	6 – Travamentos durante a inserção de componentes	6.1 – Manutenção e calibração da máquina de inserção	Supervisor de produção - fornecedor	3 semanas
	7 – Emperramento de feeders (alimentadores)	7.1 – Manutenção e calibração da máquina de inserção	Supervisor de produção - fornecedor	3 semanas

**Quadro 5 - Plano de ações elaborado**

**Fonte: Autoria própria.**

### **3.2.2 Etapa (D) – Implementação do Plano de Ações**

Durante a implementação do Plano de ações, a maioria das soluções propostas surtiram o efeito esperado, apesar de uma delas ser colocada em prática parcialmente (aquisição de ferramentas para inspeção de placas). Nesta etapa diversos colaboradores envolvidos com o processo doaram suas idéias para tentar contribuir e também foi percebido o esforço coletivo da equipe para evitar problemas que comprometessem os prazos definidos.

O Quadro 6, apresentado a seguir, foi elaborado para o acompanhamento do status de cada ação executada. Quando o status de todas as ações estiver igual ou acima do nível “3” significa que a Etapa (D) do ciclo PDCA está finalizada.

Problema	Causa	Ação	Como	Responsável	Quando	Custo	Status
<b>Alto índice de rejeição de placas eletrônicas por erro de montagem</b>	1 – Alta rotatividade dos operadores em diferentes atividades	1.1 – Reduzir a rotatividade de operadores entre atividades de outros clientes	1.1 – Definir equipe temporária, realizando o rodízio de funcionários de forma mais cautelosa	Supervisor de produção - fornecedor	Imediato	S/ custos	3
	2 – Falta de treinamento dos envolvidos	2.1 – Realizar treinamentos periódicos com os funcionários	2.1 – Procurar realizar treinamentos constantes de temas envolvidos com o processo	Setor de Qualidade - fornecedor	2 semanas	S/ custos	3
	3 – Falta de ferramentas adequadas para a inspeção de placas	3.1 – Realizar pesquisa e aquisição de novos equipamentos	3.1 – Contactando diversos representantes e avaliando a necessidade de cada item	Supervisor de produção - fornecedor	4 semanas	Há custos	4
	4 – Ausência de giga de testes	4.1 – Projetar giga de testes	4.1 – Solicitar este recurso junto ao cliente, justificando a real necessidade de melhorar o procedimento de testes	Engenharia – cliente	4 semanas	S/ custos	3
	5 – Documentação insuficiente fornecida pelo cliente	5.1 – Solicitar documentação completa do produto a ser industrializado	5.1 – Justificar a necessidade da ferramenta para a otimização dos processos referentes à industrialização	Engenharia – cliente	3 semanas	S/ custos	3
	6 – Travamentos durante a inserção de componentes	6.1 – Manutenção e calibração da máquina de inserção	6.1/7.1– Contratação de um especialista para o reparo e calibração da máquina	Supervisor de produção - fornecedor	3 semanas	Há custos	3
	7 – Emperramento de <i>feeders</i> (alimentadores)	7.1 – Manutenção e calibração da máquina de inserção		Supervisor de produção - fornecedor	3 semanas	Há custos	3
<b>Status:</b> 0=Problema identificado, 1=Análise do problema, 2=Ação proposta, 3=Ação tomada, 4=Ação realizada parcialmente, 5=Ação eficaz, 6=Ação não eficaz.							

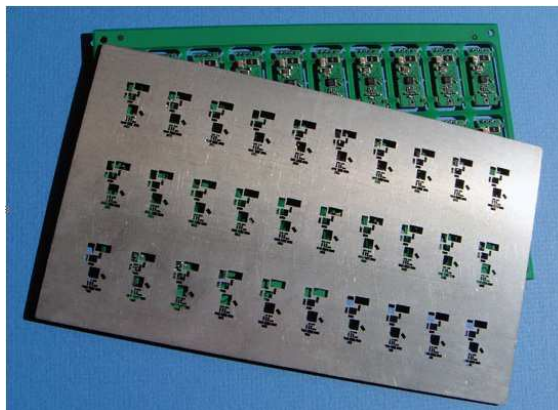
**Quadro 6 - Plano de ações desenvolvido**  
**Fonte: Autoria própria**

Observando o quadro anterior, vemos que os objetivos para suprir a falta de ferramentas adequadas para inspeção de placas foram parcialmente realizados. O fornecedor adquiriu um microscópio eletrônico idêntico ao modelo apresentado na Figura 23.



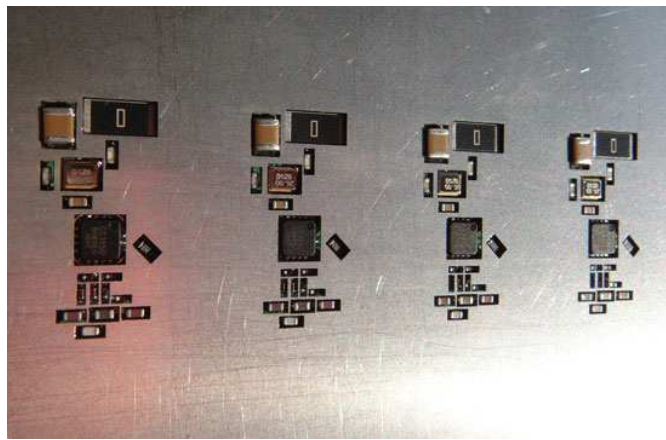
**Figura 23 - Microscópio utilizado para a inspeção de placas de circuito impresso**  
Fonte: *SMTinspection* (2012).

Ainda para auxiliar a inspeção de placas, planejava-se a confecção de um estêncil do tipo *template*, com o aspecto semelhante ao da Figura 24.



**Figura 24 - Estêncil tipo template.**  
Fonte: *Lstec* (2012).

Para a utilização do estêncil *template*, é só posicioná-lo e encaixá-lo sobre a placa já montada e finalizada conforme a Figura 25, e observar a falta ou montagem incorreta de algum componente eletrônico. Esta inovação não pôde ser implementada devido a novas alterações de hardware que irão ocorrer na placa de circuito impresso, alterando a disposição física dos componentes eletrônicos sob a placa em sua próxima revisão. Com esta alteração do circuito, a ferramenta perderia sua utilidade em um curto prazo de tempo.



**Figura 25 - Forma de utilização de um estêncil do tipo template**  
Fonte: Lstec (2012).

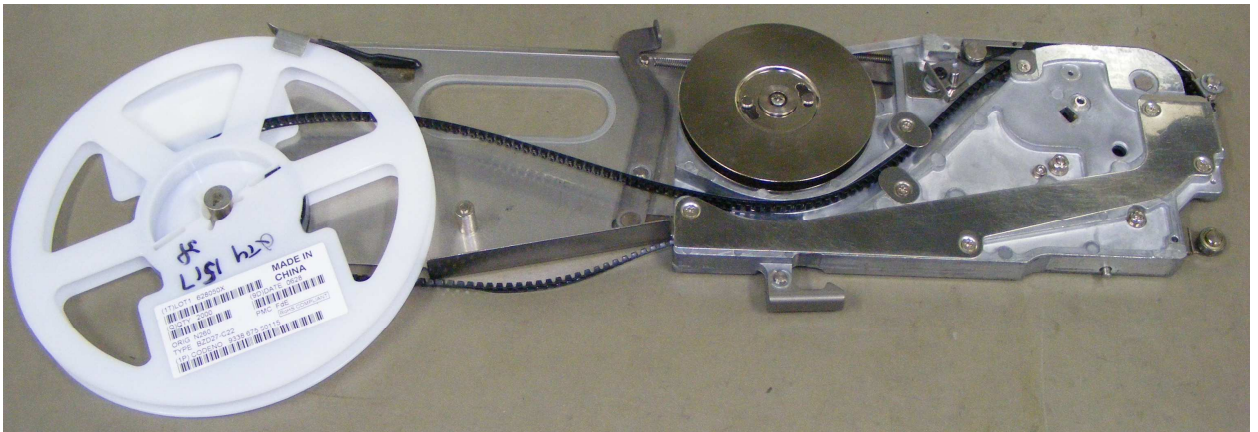
Já os problemas relacionados ao emperramento dos *feeders* e travamentos durante a inserção de componentes foram diagnosticados através da manutenção periódica realizada na máquina. O *feeder* ou alimentador funciona como um suporte para os rolos de componentes eletrônicos. Um exemplo de rolo de componentes eletrônicos pode ser observado na Figura 26.



**Figura 26 - Rolo de componentes eletrônicos SMD**  
Fonte: Autoria própria.

O *feeder* é composto basicamente por um eixo onde é fixado o rolo de componentes eletrônicos e por um motor de passo, que atua juntamente com a máquina de inserção, de acordo com a demanda do componente montado ao *feeder*. Na Figura 27 é observado um *feeder* com um rolo de componentes SMD fixado a ele.

Todos os reparos e ações preventivas consideradas necessárias foram realizados na máquina. Os problemas continuaram ocorrendo, porém, com incidência menor, e quando ocorriam, ficou mais fácil de solucioná-los, realizando os procedimentos recomendados pelos técnicos de manutenção. A máquina de inserção apresenta um desgaste eletromecânico acentuado, devido ao seu tempo de operação. A aquisição de novas máquinas para montagem de placas, assim como a ampliação do parque fabril já são planos em andamento, porém, em longo prazo.



**Figura 27 - Feeder para rolo de componentes SMD**  
**Fonte: Autoria própria.**

### **3.2.3 Etapa (C) – Verificação da eficácia das ações realizadas**

Nesta etapa, foi verificado se o conjunto de todas as ações corretivas causou o efeito esperado, comparando a situação antes e depois da implementação do plano de ações.

No gráfico apresentado na Figura 28, construído a partir das informações dos relatórios de qualidade preenchidos até hoje, é possível observar a redução do índice de placas com problemas de montagem a partir do mês de Outubro do ano de 2011.



**Figura 28 - Número mensal de incidência de placas com defeitos**  
**Fonte: Autoria própria.**

Em Outubro de 2011 foi inicializada a montagem de placas de circuito impresso com a utilização dos novos recursos e algumas revisões do processo. Foi constatada a eficácia das ações que foram aplicadas ao processo. Dessa forma, as ações tiveram o seu status alterado para o nível 5 no Quadro 7 que apresenta o plano de ações realizado.

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>	<b>Ação</b>	<b>Como</b>	<b>Responsável</b>	<b>Quando</b>	<b>Custo</b>	<b>Status</b>
<b>Alto índice de rejeição de placas eletrônicas por erro de montagem</b>	1 – Alta rotatividade dos operadores em diferentes atividades	1.1 – Reduzir a rotatividade de operadores entre atividades de outros clientes	1.1 – Definir equipe temporária, realizando o rodízio de funcionários de forma mais cautelosa	Supervisor de produção - fornecedor	Imediato	S/ custos	5
	2 – Falta de treinamento dos envolvidos	2.1 – Realizar treinamentos periódicos com os funcionários	2.1 – Procurar realizar treinamentos constantes de temas envolvidos com o processo	Setor de Qualidade - fornecedor	2 semanas	S/ custos	5
	3 – Falta de ferramentas adequadas para a inspeção de placas	3.1 – Realizar pesquisa e aquisição de novos equipamentos	3.1 – Contactando diversos representantes e avaliando a necessidade de cada item	Supervisor de produção - fornecedor	4 semanas	Confidencial	4
	4 – Ausência de giga de testes	4.1 – Projetar giga de testes	4.1 – Solicitar este recurso junto ao cliente, justificando a real necessidade de melhorar o procedimento de testes	Engenharia - cliente	4 semanas	S/ custos	5
	5 – Documentação insuficiente fornecida pelo cliente	5.1 – Solicitar documentação completa do produto a ser industrializado	5.1 – Justificar a necessidade da ferramenta para a otimização dos processos referentes à industrialização	Engenharia - cliente	3 semanas	S/ custos	5
	5 – Travamentos durante a inserção de componentes	5.1 – Manutenção e calibração da máquina de inserção	5.1/6.1– Contratação de um especialista para o reparo e calibração da máquina	Supervisor de produção - fornecedor	3 semanas	Confidencial	5
	6 – Emperramento de feeders (alimentadores)	6.1 – Manutenção e calibração da máquina de inserção		Supervisor de produção - fornecedor	3 semanas	Confidencial	5
<b>Status:</b> 0=Problema identificado, 1=Análise do problema, 2=Ação proposta, 3=Ação tomada, 4=Ação realizada parcialmente, 5=Ação eficaz, 6=Ação não eficaz.							

**Quadro 7 - Plano de ações executado**  
**Fonte: Autoria própria.**

A giga de testes fornecida é idêntica à apresentada na Figura 29. A sua utilização aliada à documentação da placa fornecida pelo cliente foram as ações mais expressivas que contribuíram para a redução de placas com defeito. O fornecimento destas duas novas ferramentas foi realizado mediante um termo de confidencialidade industrial, que foi aceito e assinado pelo fornecedor.



**Figura 29 - Giga de testes desenvolvida para testes em placas**  
Fonte: Autoria própria.

Anteriormente, os testes em placas resumiam-se apenas a medições de curtos entre as fontes, medição de curtos entre cada fonte e a referência, e posteriormente ligar a placa e medir o valor da tensão de cada fonte do circuito. Com a utilização da giga são realizados todos os testes exigidos e podem ser diagnosticados vários tipos de problemas relacionados ao mau funcionamento da placa. Há a possibilidade de ser gerado um relatório com todos os resultados, em um formato para o arquivamento. A interface do programa que atua com a giga de testes possui uma interface simples e amigável e pode ser observada na Figura 30. A execução de testes mais completos permitiu uma maior autonomia ao fornecedor, possibilitando que o mesmo absorvesse o processo de retrabalho de placas, reduzindo o índice de placas defeituosas entregues ao cliente.

**Figura 30 - Software para utilização com a giga de testes**  
**Fonte: Autoria própria.**

A documentação da placa foi um complemento à utilização de uma giga de testes, visto que os defeitos diagnosticados através da giga eram reparados com a utilização dos esquemas elétricos e diagramas fornecidos. Também como parte da documentação, foi realizado um treinamento sobre o funcionamento de cada bloco dos circuitos que compõe a placa montada. Isto permitiu uma melhor compreensão dos manuais fornecidos e esclareceu dúvidas a respeito dos processos de retrabalho.

### **3.2.4 Etapa (A) – Padronização da solução**

Após a aplicação das ações corretivas e constatação da eficácia dessas ações sobre o processo alvo, será necessário padronizar cada etapa deste processo, através da elaboração, atualização de documentos e treinamentos para que as novas práticas sejam divulgadas, até que sejam absorvidas por todos os envolvidos.

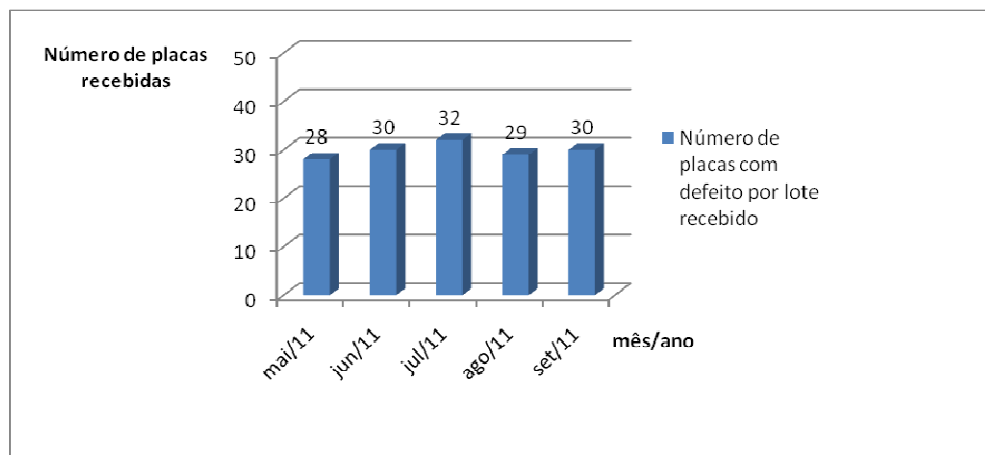
A forma de padronização foi mantida, que é a Instrução de Trabalho. Cada Instrução de Trabalho fica impressa e disponível para eventuais esclarecimentos ao operador sobre sua atividade a ser executada.

Cada novo operador contratado deve ser devidamente treinado, de acordo com as atividades a serem exercidas.

Tornou-se necessário um acompanhamento mensal do item de controle por parte do setor de qualidade.

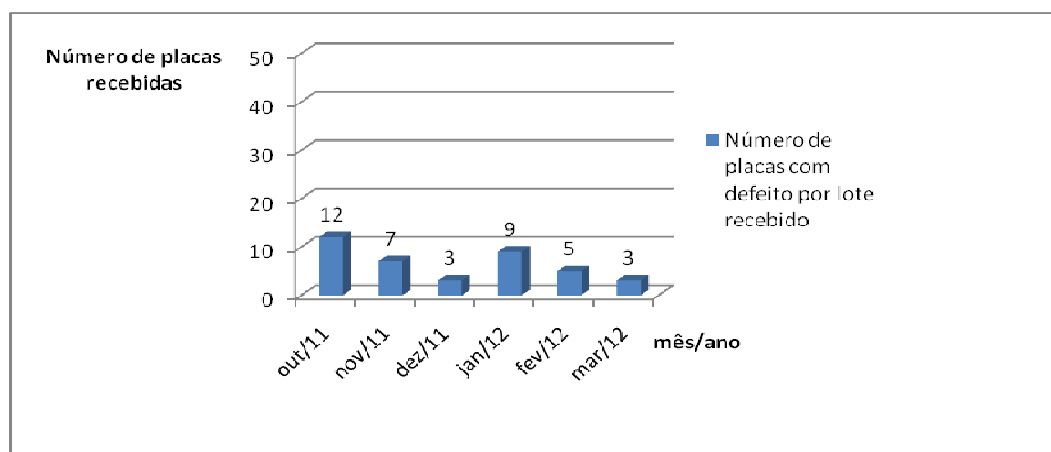
## 4 RESULTADOS OBTIDOS

O gráfico representado na Figura 31 mostra a quantidade de placas de circuito impresso que apresentaram problemas de montagem. Os números observados são anteriores ao estudo deste caso, ou seja, em um período anterior à aplicação das ferramentas da qualidade e do ciclo PDCA.



**Figura 31 - Indicador inicial sobre a quantidade de placas defeituosas recebidas**  
**Fonte: Autoria própria.**

Após a aplicação de todas as ações corretivas que foram propostas durante a aplicação do ciclo PDCA, o número de placas com problemas de montagem sofreu uma significativa redução, isto pode ser observado a partir dos indicadores demonstrados do mês de Outubro e posteriores, como demonstra o próximo gráfico apresentado na Figura 32.



**Figura 32 - Indicador final sobre a quantidade de placas defeituosas recebidas**  
**Fonte: Autoria própria.**

Analisando os dados do gráfico apresentado na figura 31, observamos que nos meses de Maio a Setembro do ano de 2011, em média 60% da produção de placas entregues pelo fornecedor apresentavam problemas de funcionamento e montagem. Nos meses de Outubro de 2011 à Março de 2012 que são representados na Figura 32, ocorreu uma diminuição deste índice, com aproximadamente 13% das placas apresentando problemas. Essa redução média de 47% deste índice foi possível através da identificação da causa raiz do problema, aliada a uma eficiente utilização das ferramentas da qualidade, algo que só pôde ser realizado devido ao esforço e dedicação de todos os colaboradores.

## **5 CONCLUSÕES**

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões deste trabalho, assim como as recomendações para trabalhos futuros.

### **5.1 ASPECTOS TÉCNICOS E PROFISSIONAIS**

A proposta deste trabalho impulsionou a procura e pesquisa de diversas formas para obter melhoria da qualidade de processos. Isto, tanto por parte do cliente quanto por parte do fornecedor. O fornecedor realizou investimentos para a compra de novas ferramentas e treinamentos para seus funcionários. No decorrer do trabalho, não ocorreram grandes dificuldades técnicas, visto que a fonte de informações e casos semelhantes são inúmeros e a aplicabilidade das ferramentas da qualidade é bem intuitiva. Foram aplicadas as ferramentas condizentes com cada situação confrontada e contávamos também com a orientação dos professores para o desenvolvimento do projeto. Após a observação dos resultados finais do processo de montagem de placas sendo realizado com as novas soluções implementadas, ficou claro a importância do setor de Qualidade. Ficou também evidente que deverão ser contratados novos colaboradores para exercer funções relacionadas com a Qualidade, mas de uma forma mais ampla, interagindo com os demais setores da empresa.

O relacionamento com o fornecedor foi aprimorado, criando um grandioso vínculo de parceria. O relacionamento interpessoal entre os gestores e funcionários ficou mais aberto e mais funcional. Uma das dificuldades foi conseguir tornar o treinamento e a comunicação como ferramenta para atingir bons resultados, pois havia uma grande demanda do setor de montagem e os intervalos de tempo para a troca de idéias era escasso. Isto foi contornado através da definição de pequenas reuniões, para uma rápida troca de informações e atualização dos indicadores de desempenho entre os representantes de cada setor. Outra grande dificuldade foi

iniciar a documentação, através de relatórios e instruções de trabalho, pois iniciar tal tarefa sem qualquer alicerce torna-se algo bastante desgastante.

Além dos benefícios financeiros e de relacionamento entre fornecedor e cliente, ocorreu também a redução do tempo gasto em retrabalhos e do índice de placas retrabalhadas, aumentando a capacidade produtiva do fornecedor. Por fim, o resultado final foi bastante animador, proporcionado reconhecimento, responsabilidade e aumento da autoestima de todos os colaboradores envolvidos.

## **5.2 TRABALHOS FUTUROS**

Como proposta para trabalhos futuros, propõe-se a aplicação do ciclo PDCA e das ferramentas da qualidade para a eliminação de falhas e melhoria contínua de processos produtivos não envolvidos neste estudo, como a linha de montagem de chicotes elétricos e de montagem de produtos.

Manter e investir na qualidade dos demais setores da empresa a fim de conquistar a certificação ISO 9001, tornando a empresa mais competitiva.

## REFERÊNCIAS

ALIBABA. **Comércio eletrônico para pequenas empresas**. Disponível em: <<http://www.alibaba.com/>>. Acesso em: 18 mai. 2012.

BAUER, Fernando C., JÚNIOR, Fernando M.V. **Produção e gestão agroindustrial**. Volume 2. Campo Grande: Editora Uniderp, 2008.

BERNARDI, Alberto C. de C. et al. Análise e melhoria do processo de avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais de tecnologias da Embrapa Pecuária Sudeste. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, p. 297-316, 2010. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/gp/v17n2/a07v17n2.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2011.

CAMPOS, Vicente F. **Controle de qualidade total no estilo japonês**. São Paulo: Editora INDG Tecs, 2004.

CAMPOS, Vicente F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: Editora INDG Tecs, 2004.

CANO, Ismael S. **Gerenciamento estratégico e políticas de execução melhoria dos processos**. 2006. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – curso superior Bacharelado em Administração de Empresas. Faculdade Carlos Drummond de Andrade, São Paulo, 2006. Disponível em: < [http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&cd=2&ved=0CCAQFjAB&url=http%3A%2F%2Fadministradores.com.br%2Finforme-se%2Fproducao-academica%2Fgerenciamento-estrategico-e-politicas-de-execucao-melhoria-dos-processos%2F165%2Fdownload%2F&ei=vFNtTuGmIPTC0AH\\_16GABQ&usq=AFQjCNG5qTaLtjPbZm6Kv38ZNv93eWIVSg](http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&cd=2&ved=0CCAQFjAB&url=http%3A%2F%2Fadministradores.com.br%2Finforme-se%2Fproducao-academica%2Fgerenciamento-estrategico-e-politicas-de-execucao-melhoria-dos-processos%2F165%2Fdownload%2F&ei=vFNtTuGmIPTC0AH_16GABQ&usq=AFQjCNG5qTaLtjPbZm6Kv38ZNv93eWIVSg)>. Acesso em: 22 ago. 2011.

CARVALHO Marly M., PALADINI Edson P. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2005.

COOKSON, Electronics. **Soluções para solda**. Disponível em: <<http://cooksonelectronics.cn/main.asp>>. Acesso em: 30 ago. 2012.

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

ERSA, Corporation. **Equipamentos de produção eletrônica.** Disponível em: <<http://www.ersa.com/>>. Acesso em: 01 jul. 2012.

I-PULSE, Corporation. **Fabricação e venda de maquinários para a produção de placas de circuito impresso.** Disponível em: <<http://www.ipulse.co.jp/english/index.html>>. Acesso em: 12 jul. 2012.

INDIUM, Corporation. **Desenvolvimento e fabricação de materiais utilizados na indústria de montagem eletrônica.** Disponível em: <<http://www.indium.com/>>. Acesso em: 22 jul. 2012.

I-PULSE. **Fabricação e vendas de máquinas para produção de placas de circuito impresso e peças eletrônicas.** Disponível em: <<http://www.ipulse.co.jp/english/>>. Acesso em: 21 ago. 2012.

JURAN, Joseph M. **Controle de qualidade: componentes básicos da função qualidade.** São Paulo: Editora Mcgraw-Hill/Makron, 1991.

LINK, Albert. N. **Early stage impacts of the printed wiring board joint venture.** Assessed at Project End. 2005. Disponível em: <<http://www.atp.nist.gov/eao/pwbrpt.htm>>. Acesso em: 28 ago. 2011.

LSTEC. **Tecnologia para confecção de estêncil à laser.** Disponível em: <<http://www.lstec.co.za/index.php>>. Acesso em: 02 ago. 2012.

MATOS, Roselane B. de, MILAN, Marcos. Aplicação sistêmica do modo de análise de falhas e efeitos (FMEA) para o desenvolvimento de indicadores de desempenho de empresas de pequeno porte. **Revista Árvore**, Viçosa v. 33, n. 5, 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622009000500020&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622009000500020&script=sci_arttext)>. Acesso em: 29 ago. 2011.

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: 01 set. 2011.

MICROMO. **Soluções personalizadas para micromotores DC.** Disponível em: <<http://www.micromo.com/>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

ORIBE, Claudemir Y. **PDCA: origem, conceitos e variantes dessa idéia de 70 anos.** União Brasileira para a Qualidade, Artigos. 2009. Disponível em: <<http://www.ubq.org.br/conteudos/detalhes.aspx?IdConteudo=399>>. Acesso em: 23 ago. 2011.

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

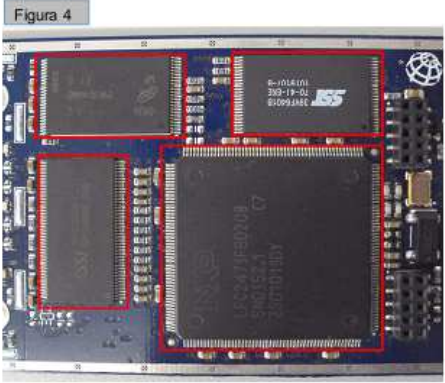
SMTINSPECTION. **Pesquisa e desenvolvimento e equipamentos de inspeção para o governo e indústria nacional.** Disponível em: <<http://www.smtinspection.com/>>. Acesso em: 21 mai. 2012.

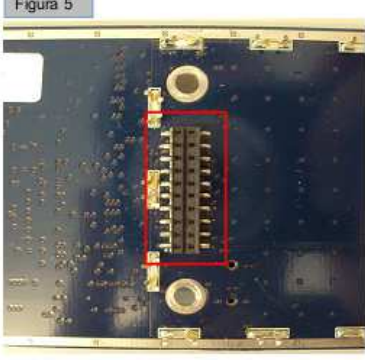
THOZO, A. **Aplicação das ferramentas da qualidade em uma indústria automotiva: estudo de caso para redução das falhas elétricas na linha de montagem do air bag do volante.** 2006. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Modalidade Automação de Processos Industriais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

WERKEMA, Maria C.C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Volume 2. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.


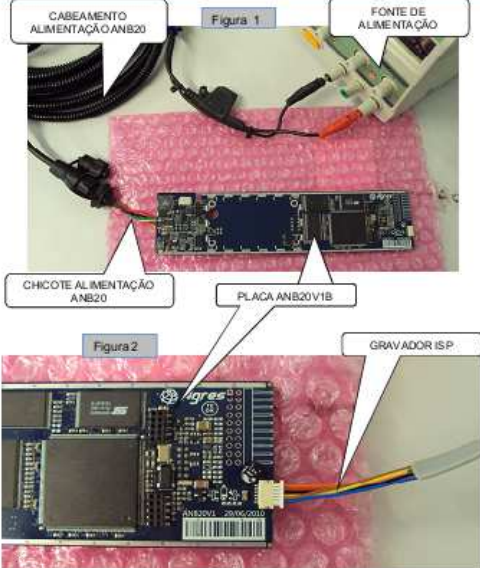
WILLIAMS, Richard L. **Como implementar a qualidade total na sua empresa.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 1995.


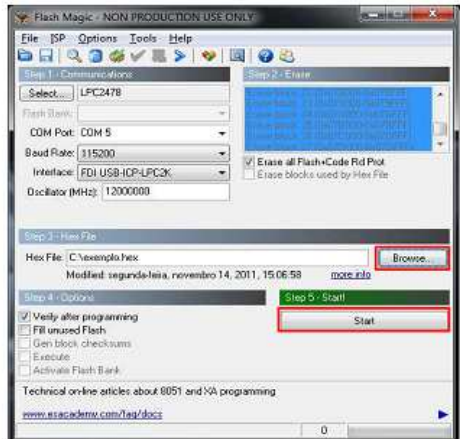


PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE INSPEÇÃO - INSTRUÇÕES DE TRABALHO							
Elabor.: Rafael Santos	CÓDIGO	POI - AGR4001010100015	Descrição:	MÓDULO ELETRÔNICO;PLACA BASE ANB20;ANB20V1B;AZUL			
	REVISÃO	1A					
Rafael Santos		Rafael Maranhão		OK			
Ilustração		Instrução		Item			
 <p>Figura 4</p>		<p>INSPEÇÃO VISUAL DA REGIÃO 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Observar a polarização dos componentes eletrônicos em destaque na Figura 4. Procurar também por eventuais curtos entre os pinos desses componentes. Se necessário poderá ser utilizado um microscópio como auxílio.</li> <li>- Finalizada a inspeção desta região sem qualquer problema aparente, inspecionar a próxima região.</li> <li>- Em caso de alguma anomalia na montagem, indicar com adesivo a posição com problema, finalizar a inspeção das regiões ainda não verificadas e proceder conforme PINC - AGR4001010100015.</li> </ul>		Código	Descrição	Qtd	Unid
				<b>Ferramental</b>			
				-	Microscópio	1	PC
				-	PINC - AGR4001010100015	-	-
				<b>Material de Consumo</b>			
				-	Adesivo de seta vermelha	1	CT

PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE INSPEÇÃO - INSTRUÇÕES DE TRABALHO							
Elabor.: Rafael Santos	CÓDIGO	POI - AGR4001010100015	Descrição:	MÓDULO ELETRÔNICO;PLACA BASE ANB20;ANB20V1B;AZUL			
	REVISÃO	1A					
Rafael Santos		Rafael Maranhão		OK			
Ilustração		Instrução		Item			
 <p>Figura 5</p>		<p>INSPEÇÃO VISUAL DA REGIÃO 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Observar a polarização do componente eletrônico em destaque na Figura 5. Procurar também por eventuais curtos entre os pinos desse componente. Se necessário poderá ser utilizado um microscópio como auxílio.</li> <li>- Finalizada a inspeção desta região sem qualquer problema aparente, colar adesivo de placa inspecionada, e encaminhar ao setor de testes.</li> <li>- Em caso de alguma anomalia na montagem, indicar com adesivo a posição com problema, finalizar a inspeção das regiões ainda não verificadas e proceder conforme PINC - AGR4001010100015.</li> </ul>		Código	Descrição	Qtd	Unid
				<b>Ferramental</b>			
				-	Microscópio	1	PC
				-	PINC - AGR4001010100015	-	-
				<b>Material de Consumo</b>			
				-	Adesivo de seta vermelha	1	CT
				-	Adesivo de placa inspecionada	1	CT

## APÊNDICE B - Procedimento operacional de serialização da placa ANB20V1B

PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE SERIALIZAÇÃO - INSTRUÇÕES DE TRABALHO																																									
		CÓDIGO REVISÃO POS - AGR4001010100015 1A	Descrição: MÓDULO ELETRÔNICO;PLACA BASE ANB20;ANB20V1B;AZUL																																						
Elabor.: Daniel Mattias	Verific.: Rafael Maranhão	Aprov.: OK																																							
Ilustração		Instrução		Item																																					
		<p><b>PROCEDIMENTOS INICIAIS</b></p> <p>Para a serialização é necessário um computador com o software de gravação já configurado através do procedimento P155 - AGR4001010100015. Também é necessário que cada placa que deverá ser serializada tenha sido aprovada nas etapas de inspeção visual P1NC - AGR4001010100015 e de testes elétricos POTE - AGR4001010100015. Sendo obedecidas estas regras anteriores, deve-se proceder conforme as atividades a seguir:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Energizar a placa com a tensão de 12 volts provenientes da fonte de alimentação externa. As conexões para a alimentação da placa devem ser realizadas conforme a Figura 1.</li> <li>2 - Conectar o gravador ISP na placa ANB20V1B, através do conector J conforme a Figura 2. A outra extremidade deve estar conectada à porta USB do computador.</li> <li>3 - Ter em mãos os arquivos de serialização atuais, sempre na sequência do lote gravado anteriormente.</li> </ol>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th>Descrição</th> <th>Qtd</th> <th>Unid</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4"><b>Ferramental</b></td> </tr> <tr> <td>--</td> <td>Fonte de bancada</td> <td>1</td> <td>PC</td> </tr> <tr> <td>--</td> <td>Cabramento alimentação ANB20</td> <td>1</td> <td>PC</td> </tr> <tr> <td>AGR4001030200015</td> <td>Chicote alimentação ANB20</td> <td>1</td> <td>PC</td> </tr> <tr> <td>--</td> <td>Gravador ISP</td> <td>1</td> <td>PC</td> </tr> <tr> <td>--</td> <td>Computador padrão IBM PC</td> <td>1</td> <td>PC</td> </tr> <tr> <td colspan="4"><b>Material de Consumo</b></td> </tr> <tr> <td>--</td> <td>Cargas para serialização</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>		Código	Descrição	Qtd	Unid	<b>Ferramental</b>				--	Fonte de bancada	1	PC	--	Cabramento alimentação ANB20	1	PC	AGR4001030200015	Chicote alimentação ANB20	1	PC	--	Gravador ISP	1	PC	--	Computador padrão IBM PC	1	PC	<b>Material de Consumo</b>				--	Cargas para serialização	-	-
Código	Descrição	Qtd	Unid																																						
<b>Ferramental</b>																																									
--	Fonte de bancada	1	PC																																						
--	Cabramento alimentação ANB20	1	PC																																						
AGR4001030200015	Chicote alimentação ANB20	1	PC																																						
--	Gravador ISP	1	PC																																						
--	Computador padrão IBM PC	1	PC																																						
<b>Material de Consumo</b>																																									
--	Cargas para serialização	-	-																																						

PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE SERIALIZAÇÃO - INSTRUÇÕES DE TRABALHO																													
		CÓDIGO REVISÃO POS - AGR4001010100015 1A	Descrição: MÓDULO ELETRÔNICO;PLACA BASE ANB20;ANB20V1B;AZUL																										
Elabor.: Daniel Mattias	Verific.: Rafael Maranhão	Aprov.: OK																											
Ilustração		Instrução		Item																									
		<p><b>SERIALIZAÇÃO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Com o programa de gravação aberto mostrado na figura 3, clicar em <i>browse</i> para escolher o arquivo de gravação da placa alvo;</li> <li>2 - Clicar em <i>start</i> para iniciar o processo de gravação da carga;</li> <li>3 - Quando aparecer na tela a palavra <i>finished</i> no canto inferior direito da tela, significa que a gravação foi concluída. Deve-se desconectar o cabo de gravação da placa e em seguida desenergizar a placa, retirando o cabo de alimentação da placa.</li> <li>4 - Deve-se identificar com uma etiqueta o número de série que foi gravado na placa e após a serialização do lote, o mesmo deve ser encaminhado ao setor de testes.</li> </ol> <p>Em caso de falha durante o processo de gravação, identificar a placa com o problema, e proceder conforme PRP - AGR4001010100015.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th>Descrição</th> <th>Qtd</th> <th>Unid</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4"><b>Ferramental</b></td> </tr> <tr> <td colspan="4"><b>Material de Consumo</b></td> </tr> <tr> <td>--</td> <td>Cargas para serialização</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>--</td> <td>Etiqueta de identificação</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>--</td> <td>Etiqueta de identificação para retrabalho</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>		Código	Descrição	Qtd	Unid	<b>Ferramental</b>				<b>Material de Consumo</b>				--	Cargas para serialização	-	-	--	Etiqueta de identificação	-	-	--	Etiqueta de identificação para retrabalho	-	-
Código	Descrição	Qtd	Unid																										
<b>Ferramental</b>																													
<b>Material de Consumo</b>																													
--	Cargas para serialização	-	-																										
--	Etiqueta de identificação	-	-																										
--	Etiqueta de identificação para retrabalho	-	-																										