

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA**  
**I CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**REGINALDO PANGARTTE**

**UTILIZAÇÃO DE POKA YOKE EM PROCESSO DE TESTES NA**  
**INDÚSTRIA ELETROELETRÔNICA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2014**

**REGINALDO PANGARTTE**

**SISTEMAS POKA YOKE PARA PROCESSO DE TESTE EM  
INDÚSTRIA ELETROELETRÔNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção do Departamento Acadêmico de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin

**PATO BRANCO**

**2014**

Dedico este trabalho à minha família em especial a minha esposa Ana Alice, pela paciência e compreensão nos momentos de ausência durante o desenvolvimento deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

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

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

Aos meus colegas de sala em especial aos colegas Cibeli e Cláudio com quem em todo o decorrer do curso tive o privilégio de realizar grande parte dos trabalhos em grupo.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, em especial para minha esposa Ana Alice, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

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

## RESUMO

PANGARTTE, Reginaldo. **Sistemas Poka Yoke para Processo de Teste em Indústria Eletroeletrônica**. 2014. 26 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Defesa em 2014.

Neste trabalho é abordado o conceito *Lean Manufacturing*, especialmente as ferramentas *Poka Yoke* e *Brainstorming*, veremos as variantes de *Poka Yoke*, que são os *Poka Yokes* de Controle e de Advertência e suas formas de utilização. Estes conceitos são usados para auxiliar no aperfeiçoamento de um dispositivo de teste utilizado na etapa de teste de uma indústria eletroeletrônica, o objetivo deste aperfeiçoamento é reduzir o número de defeitos em campo. As ferramentas *Poka Yoke* dão suporte para a decisão de como abordar o problema chegando com maior facilidade na solução ideal. Ao final os resultados são apresentados com base em indicadores usados na indústria em questão, confrontando os índices de antes e depois da implantação das modificações foi verificada melhorias significativas nos indicadores de qualidade e assistência técnica, validando assim as modificações realizadas no dispositivo de teste.

**Palavras-chave:** *Lean Manufacturing*. *Poka Yoke*. Indústria Eletroeletrônica. Processo de Teste. Jiga de Teste.

## ABSTRACT

PANGARTTE, Reginaldo. **Poka Yoke Systems for Testing Process in Electronic Industry**. 2014. 26 pages. Working Post Completion of course Undergraduate Production Engineering - Federal Technology University - Parana. Pato Branco, Defense in 2014.

This paper discussed the concept Lean Manufacturing, especially Poka Yoke and Brainstorming tools, we will see variants of Poka Yoke, that are Control Poka Yokes and Warning and their ways of use. These concepts are used to assist in developing a test device used in the test case of a electronics industry, The objective of this improvement is to reduce the number of defects in field. The Poka Yoke tools support for the decision of how to approach the problem coming more easily the ideal solution. At the end the results are presented based on indicators used in the industry concerned, comparing the rates before and after the implementation of the changes was observed significant improvements in quality and service indicators, thereby validating the changes made in the test device.

**Keywords:** *Lean Manufacturing. Poka Yoke.* Electronic Industry. Test Process. Jig Test.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2 O LEAN MANUFACTURING – SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP) E INDÚSTRIA ELETROELETRÔNICA</b>	<b>9</b>
2.1 <b>POKA YOKE</b>	10
2.2 <b>BRAINSTORMING</b>	12
2.3 <b>INDÚSTRIA DE MANUFATURA ELETROELETRÔNICA</b>	12
2.3.1 <i>PROCESSO DE MONTAGEM SMT (Surface Mounted Technology)</i>	13
2.3.2 <i>PROCESSO DE MONTAGEM THT (Through Hole Technology)</i> :	14
2.3.3 <i>Processo de Teste dos Produtos</i>	15
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>16</b>
<b>4 APLICAÇÃO E RESULTADOS</b>	<b>17</b>
4.1 <b>IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA</b>	17
4.1.1 <i>Sistema de Apontamento (Shop Floor Control) - Etapa de Teste</i>	18
4.1.2 <i>Dispositivo de Teste Utilizado</i>	20
4.2 <b>RESOLUÇÃO DO PROBLEMA</b>	21
4.3 <b>RESULTADOS</b>	22
FONTE: EMPRESA ALVO DO ESTUDO	23
FONTE: EMPRESA ALVO DO ESTUDO	24
<b>5 CONCLUSÃO</b>	<b>25</b>
<b>6 REFERÊNCIAS</b>	<b>26</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Para a manutenção da competitividade e garantia de sobrevivência, as indústrias de manufatura necessitam de uma gestão altamente eficaz, que seja capaz de romper com os velhos paradigmas e institua o comprometimento com a melhoria contínua, com a mudança e inovação organizacional (Milani et al, 2010).

Atualmente, está aumentando cada vez mais o número de empresa que estão buscando se espelhar no Sistema Toyota de Produção (*Lean Manufacturing*), isso por um motivo simples, a Toyota é uma das empresas que mais cresce na atualidade, superando a concorrência em qualidade, produtividade, redução de custos, confiabilidade e vendas.

Segundo Damião et al (2013) *Lean Manufacturing* tem como foco a melhoria dos processos e a redução dos desperdícios, buscando aumento da produtividade sem um alto investimento de implantação. Assim, o *Lean* procura ter uma abordagem prática e assertiva buscando aumento da produtividade através da melhoria de processos e redução do desperdício com o menor custo possível.

A filosofia *Lean*, pode ser usada em qualquer empresa de qualquer seguimento. O que definirá o sucesso ou fracasso da filosofia na empresa que adotá-la, é o comprometimento, ou seja, a preocupação constante em seguir e aplicar os conceitos *Lean* em toda cadeia produtiva.

Neste trabalho abordaremos os conceitos *Lean* para melhoria de processos em uma indústria eletroeletrônica. No Brasil, segundo Tavares (2001), em termos de qualidade, o segmento da eletrônica de consumo tem conseguido oferecer ao mercado interno produtos de qualidade semelhante à dos demais produtores internacionais, a preços, que segundo a ELETROS, associação que congrega os fabricantes de produtos de eletrônica de consumo, não são mais competitivos devido à carga tributária.

Com o objetivo de minimizar o impacto da carga tributária e aumentar a competitividade, a empresa alvo deste trabalho adota a metodologia *Lean* a mais de 3 anos e já obteve resultados positivos em diversas etapas de processo, tanto nas operações de manufatura (chão de fábrica) como nas operações administrativas. Basicamente os trabalhos de melhoria são realizados através de *Kaisen*. No evento *Kaisen* é montada uma equipe com membros de diversas áreas da fábrica, e

aplicam as ferramentas *Lean* com o objetivo de abordar e resolver problemas ou realizar melhorias em determinados processos fabris, sejam eles, processos operacionais ou administrativos. Este tipo de abordagem já trouxe diversos ganhos em diversas áreas da empresa, tais como, redução de volume de estoque, diminuição do tempo de setup de máquina, melhoria no tempo de resposta de orçamento, entre outros.

Este trabalho aborda problemas identificados na etapa de testes de produtos da indústria eletroeletrônica em questão, os quais serão vistos em detalhes no decorrer do deste trabalho, o objetivo é analisar e propor as melhorias necessárias para o processo de teste, reduzindo o índice de não conformidades dos produtos junto ao cliente.

## **2 O *LEAN MANUFACTURING* – SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP) E INDÚSTRIA ELETROELETRÔNICA**

Em 1937 a Toyota Motor Corporation foi fundada, ela foi considerada a primeira montadora japonesa. Após sua fundação, foi implantado o sistema “*just-in-time*” na sua produção e após criou-se o Sistema Toyota de Produção (STP), no qual o conceito primordial era produzir somente o que era necessário, no momento e nas quantidades certas. No STP, conhecido como *Lean manufacturing*, a economia era vista em termos de redução de força de trabalho e de custos ou redução do desperdício.

A redução da mão-de-obra na Toyota é uma atividade que envolve toda a empresa e tem como objetivo a redução de custo, considerando sempre o ideal de 100% de trabalho com valor agregado (Tomaszewski et al, 2013).

Um sistema *Lean*, quando implementado em organizações, só atinge seu inteiro desempenho quando as ferramentas propostas por ele são desenvolvidas em conjunto e sincronia, vindo assim, de fato, a reduzir as perdas e custos desnecessários nos processos produtivos (Iserhard et al, 2013).

A seguir é citado as principais ferramentas utilizadas pela metodologia *Lean*:

- *Andon*
- *Poka-Yoke*
- *Kanban*

- *Kaizen*
- 5S
- *Total Productive Maintenance* (TPM)
- *Value Stream Map* (VSM)
- Diagrama de Ishikawa (Causa e Efeito)
- *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)
- Cinco Por quês
- Ciclo PDCA

Como o foco deste trabalho é aprofundar-se nos métodos de controle de falhas através de *Poka Yoke*, não abordaremos as demais ferramentas expostas acima, porém é importante frisar que todas possuem grande relevância para que a metodologia *Lean* funcione de maneira adequada na organização que a adotar.

Outro ponto relevante para que o sistema *Lean* dê os frutos esperados, é o engajamento dos colaboradores da organização. Muitas empresas pecam neste quesito, por este motivo não vemos muitas “Toyotas” pelo mundo a fora. A grande maioria das empresas se empenham em desenvolver as ferramentas *Lean*, porém se esquecem do mais importante, que para as ferramentas funcionarem é necessário que as pessoas se envolvam neste processo. Este envolvimento precisa ser verdadeiro, este é o grande desafio, manter as pessoas motivadas e focadas no objetivo da metodologia.

## **2.1 POKA YOKE**

*Poka Yoke*, que significa *à prova de erros*, é um método de controle que visa eliminar erros nos processos produtivos, sejam estes gerados por pessoas ou máquinas. Os dispositivos *Poka Yoke* têm o objetivo de otimizar ou automatizar processos que necessitariam da atenção por parte do operador, e com isso, minimizar os erros no processo produtivo e conseqüentemente reduzindo o desperdício.

O *Poka Yoke* parte do pressuposto de que as pessoas não erram intencionalmente, mas sim devido a falhas no desenho do processo (Fialho et al, 2011). Por tanto, os sistemas processos devem ser desenhados de maneira a eliminar a probabilidade da ocorrência de erros.

Os sistemas *Poka Yoke* podem ser usados de duas formas para corrigir ou prevenir erros:

- Métodos de Advertência
- Métodos de Controle

No método de advertência inclui os dispositivos que geralmente não impedem que o processo produtivo continue funcionando na ocorrência de defeitos, isso por que não travam o processo, apenas sinalizam que um problema ocorreu, podemos considerar *Poka Yokes* de advertência dispositivos como alarmes e luzes sinalizadoras.

Os *Poka Yokes* tipo método de controle são dispositivos muito mais robustos quando comparado aos métodos de advertência, este método garante que o defeito monitorado não passe para a etapa seguinte do processo, ou seja, estes dispositivos segregam o produto defeituoso ou até mesmo paralisa o processo produtivo até que o defeito seja corrigido.

Devido a maior complexidade, os *Poka Yokes* de controle podem ser divididos em três tipos:

- Método de Contato – identificam defeitos através de contato entre o dispositivo de teste e o produto a ser testado.
- Método de Conjunto – neste método os dispositivos de teste determinam se um determinado número de tarefas previstas foram executadas.
- Método das Etapas – este método determina se operações estabelecidas por um procedimento estão sendo seguidas.

A escolha pelo método de *Poka Yoke* depende essencialmente do processo que se deseja controlar e quanto a empresa pretende gastar. Não é regra, mas geralmente o uso de *Poka Yoke* de controle é mais caro se comparado ao *Poka Yoke* de advertência, isso porque métodos de controle geralmente são dispositivos que envolvem automação, controle através de sistemas informatizados, sistemas de visão computacional, entre outros.

Para defeitos que ocorrem com muita frequência e/ou que geram grande impacto financeiro e de qualidade para a empresa, é fortemente indicado a utilização do *Poka Yoke* de controle, já se a frequência de defeitos for baixa e o mesmo não impactar de maneira sensível nos custos da operação e qualidade do produto, é mais recomendado o *Poka Yoke* de Advertência (Shingo, Shigeo, 1996).

## **2.2 BRAINSTORMING**

Criada nos anos 40, pelo publicitário Alex Osborn, a expressão significa "Tempestade cerebral" ou "Tempestade de ideias". Um dos principais intuítos é a solução de problemas, utilizando a imaginação e a criatividade, em que os participantes, de forma livre, produzirão ideias para solucionar algum problema específico. Para que a técnica dê certo, é necessário a liberdade, o prazer e a vontade de pensar e, principalmente, um objetivo determinado (Roldan et Al, 2009).

## **2.3 INDÚSTRIA DE MANUFATURA ELETROELETRÔNICA**

A indústria de manufatura eletroeletrônica é responsável pela integração de produtos e/ou componentes eletrônicos com o objetivo de criar um produto eletroeletrônico funcional que atenda as especificações de uma determinada função. Pode-se citar o exemplo de uma placa mãe de computador, esta possuem uma placa de circuito impresso (PCI) onde são montados os componentes eletrônicos, tais como capacitores, indutores, resistores, semi-condutores, e outros, que no final do processo de manufatura formarão a placa mãe.

A indústria eletroeletrônica possui 3 etapas principais na sua cadeia produtiva:

- Processo de montagem SMT (*Surface Mounted Technology*).
- Processo de montagem THT (*Through Hole Technology*).
- Processo de teste de Produtos.

Dependendo da tecnologia adotada no projeto de um produto, ele pode ser montado somente no processo SMT ou somente no processo THT. Há também casos de produtos com baixa complexidade que não exigem teste, porém o processo de montagem empregado em 99% dos produtos consiste em realizar as etapas SMT, THT e Teste, respectivamente nesta ordem. Na Figura 1 é apresentado o fluxo básico da operação de montagem eletroeletrônica.

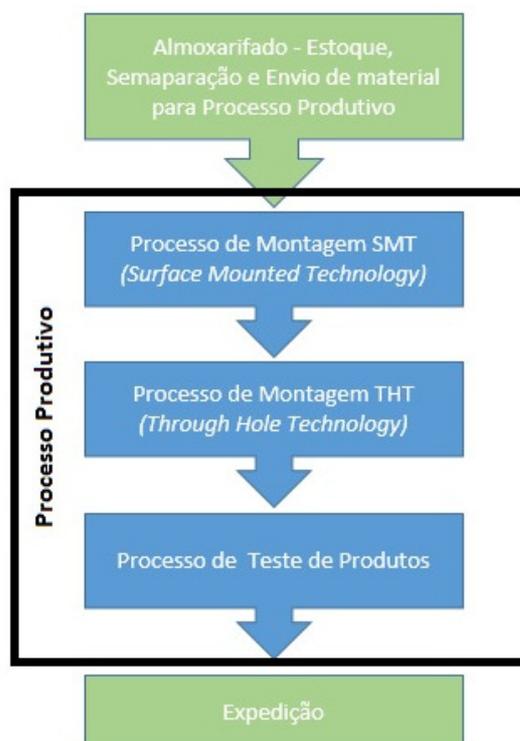


Figura 1: Fluxo básico da montagem eletroeletrônica

Fonte: Criado pelo autor deste trabalho.

Na sequência são descritas cada etapa, porém com maior foco no processo de testes, alvo deste estudo.

### 2.3.1 PROCESSO DE MONTAGEM SMT (Surface Mounted Technology)

O Processo de montagem SMT *Surface Mounted Tecnolog* ou em português Tecnologia de montagem superficial, consiste de componentes eletrônicos que são montados na superfície da PCI (placa de circuito impresso), este processo é tipicamente realizado por máquina.

É importante registrar que para um componente ser montado na PCI através da SMT, ele precisa ser concebido para isso, ou seja, ele precisa ser um componente SMD - *Surface Mounting Device*, ou em português componente de montagem em superfície. A Figura 2 ilustra os componentes SMD.

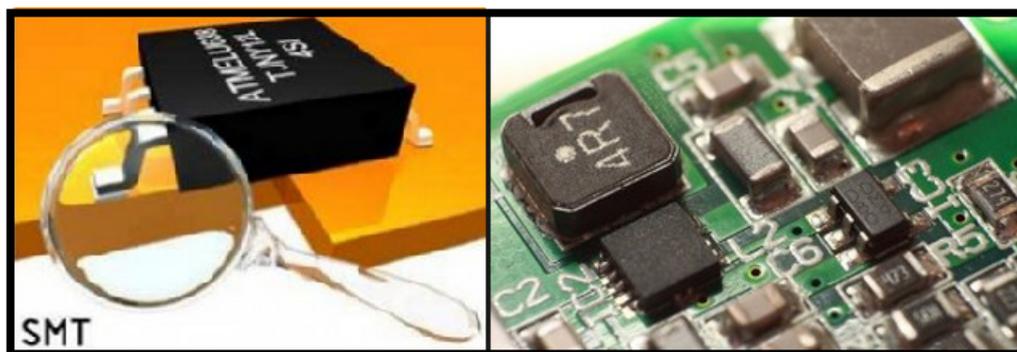


Figura 2: Ilustração Componentes SMD

Fonte: Google Imagens

### 2.3.2 PROCESSO DE MONTAGEM THT (Through Hole Technology):

O Processo de montagem THT - *through hole technology* ou em português Tecnologia de montagem por orifício, consiste de componentes eletrônicos que são montados através da PCI (placa de circuito impresso), apesar de haver forma de montar este tipo de componente automaticamente, este processo é comumente realizado por pessoas.

Para um componente ser montado na PCI através da THT, ele precisa ser concebido para isso, ou seja, ele precisa ser um componente PTH - *Pin Through Hole*, ou em português terminal inserido no furo. A Figura 3 ilustra os componentes PTH.

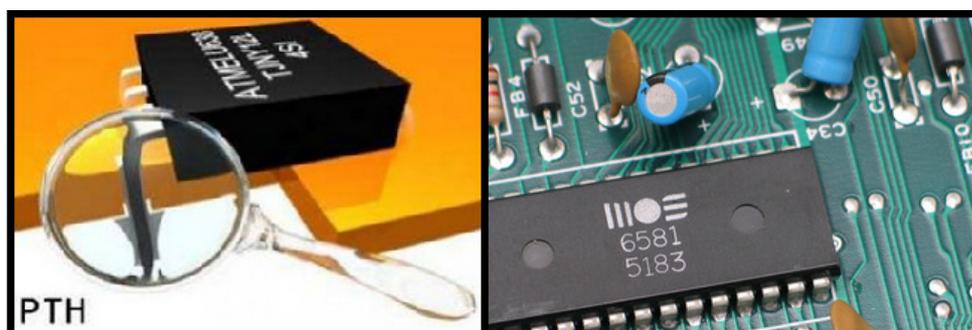


Figura 3: Ilustração Componente PTH

Fonte: Google Imagens

### 2.3.3 Processo de Teste dos Produtos

Diferente, por exemplo, de outras indústrias de manufatura, onde é possível atestar se o produto foi produzido ou manipulado de forma correta, apenas inspecionando ou através de simples medições, na indústria eletroeletrônica isso não é possível. Não há como afirmar que um produto, após passar por todo o processo de montagem, está realmente funcionando conforme as especificações sem que sejam realizados testes elétricos de funcionalidade.

O teste elétrico existe para garantir que o produto acabado está obedecendo todas as especificações para a qual ele foi concebido, e caso o mesmo não esteja obedecendo tais parâmetros, não pode ser enviado para o cliente sem antes ser reparado.

O processo de teste é muito singular, tendo para cada modelo de produto um dispositivo específico para testá-lo. Estes dispositivos podem ser classificados em três características básicas:

- Dispositivos de testes através cabos;
- Dispositivos de Teste através de cama de agulhas ou cama de pregos;
- Dispositivos Mistos que mesclam cabos e cama de agulhas.

Os dispositivos de teste compostos por cabos de conexão são os mais frágeis e susceptíveis a gerar paradas inesperadas na linha de produção. Nestes dispositivos a conexão da placa em teste ao testador (dispositivo de teste) é feita através de cabos de ligação. Devido ao volume de produção estes cabos costumam romper com facilidade gerando paradas da linha de produção e conseqüentemente prejuízo à empresa.

Os dispositivos de teste compostos por cama de agulha são os dispositivos mais robustos e mais amigáveis ao operador. Sua manutenção consiste basicamente de troca de agulhas conforme se dá o desgaste. Nestes dispositivos as agulhas se conectam diretamente a placas em teste através de pontos de teste. O ponto negativo destes dispositivos é relacionado ao custo de fabricação, que costuma ser levado quando comparado aos dispositivos de cabos, porém a baixa interação operacional e minimização do tempo de conexão da placa ao testador costumam justificar o investimento. Os dispositivos de teste mistos possuem partes

do teste através de cabos e partes através agulhas, abaixo vemos na figura 4 uma comparação entre dispositivos de testes com cabos e dispositivos de teste com agulhas

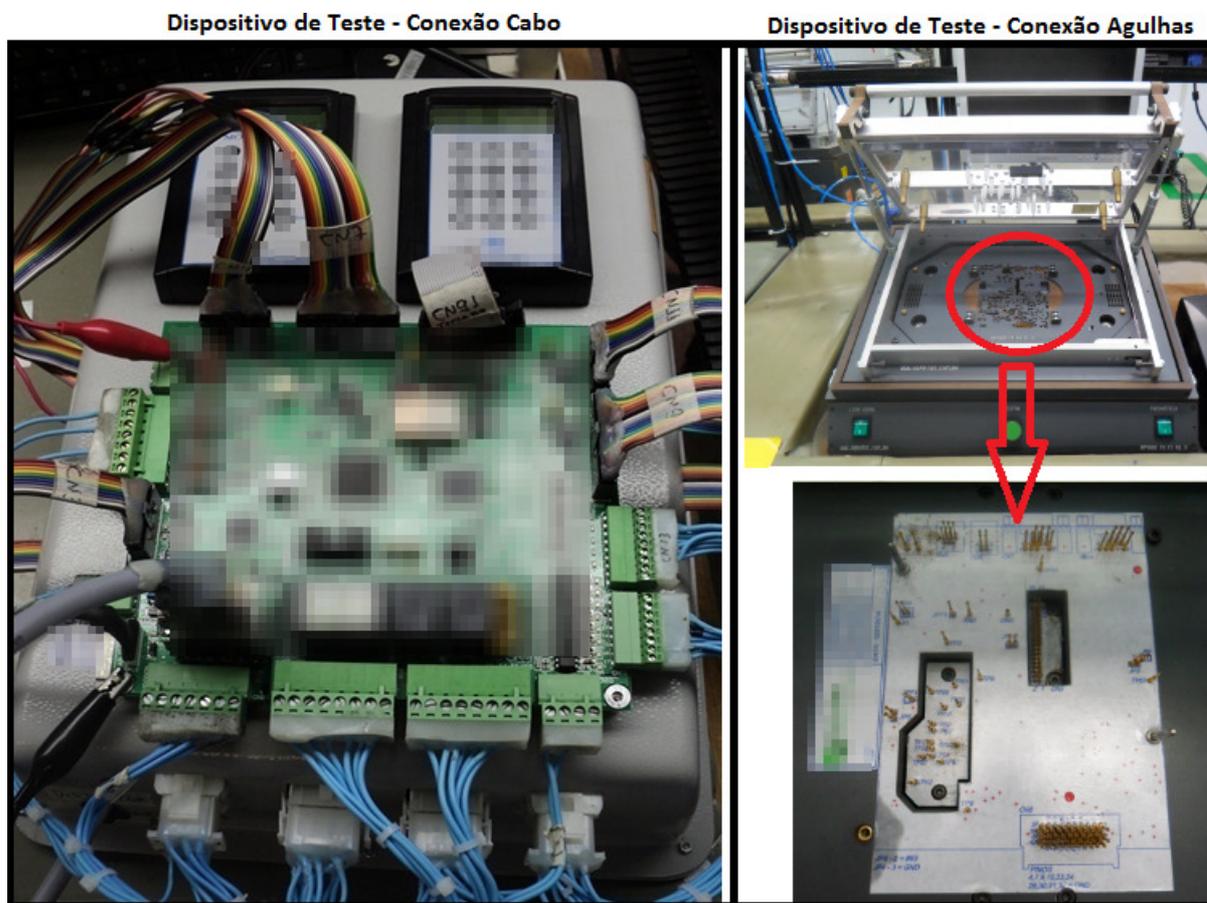


Figura 4: Testadores com conexão através de cabos e através de agulhas  
Fonte: Empresa Alvo do Estudo

### 3 METODOLOGIA

Neste trabalho é abordado a ferramenta *Poka Yoke* para aumentar os níveis de qualidade num produto montado por uma empresa eletroeletrônica do sudoeste do Paraná. Esta empresa possuía altos índices de falhas em um produto devido a fragilidade do processo de teste do mesmo. Os sistemas de teste de validação de produto não eram confiáveis e geravam incertezas quanto à qualidade funcional.

Nesta empresa, mais especificamente na área de testes, foram identificadas deficiências em um modelo de testador, o qual não possui robustez e permite, de várias maneiras, que produtos sejam enviados para o cliente com defeito ou mesmo,

devido a falhas no processo, passarem pela etapa de teste sem que o mesmo fosse realizado. Tais deficiências foram identificadas através de *brainstorming* realizado entre os departamentos de Garantia da Qualidade e Engenharia de Testes.

Assim, para identificar as causas que geram a não detecção das falhas e/ou o envio de placas sem a realização dos devidos testes para o cliente, *Poka Yokes* de controle foram avaliados para sanar a questão, evitando falhas no processo de teste.

Como já mencionado no capítulo anterior, os dispositivos de teste possuem basicamente três classificações: dispositivos de conexão via cabeamento; dispositivos de conexão via agulhas; e dispositivos de conexão mistos que agregam as duas tecnologias. Na sequência será avaliado pelo departamento de Engenharia de Testes da empresa em questão, o problema dos dispositivos usados originalmente e suas limitações de não atender totalmente os requisitos de qualidade (falhas no *Poka Yoke*). Será abordada também qual tecnologia de dispositivo de teste é melhor adaptada para buscar a resolução dos problemas e após a implementação das melhorias, será avaliado os resultados obtidos.

Outro ponto relevante a ser abordado, é o processo de apontamento – *shop floor control* na etapa de teste, serão abordadas quais as fragilidades do processo existente e quais as melhorias realizadas. Em suma, serão analisadas as fragilidades dos dispositivos de testes e do sistema de apontamento e com base na ferramenta *Poka Yoke*, serão realizadas as melhorias necessárias para a elevação nos níveis de qualidade junto ao cliente, reduzindo consequentemente os custos com assistência técnica e aumentando a insatisfação do mesmo.

## **4 APLICAÇÃO E RESULTADOS**

### **4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA**

Conforme já descrito anteriormente de forma sucinta, este trabalho tem o objetivo de descrever como foi abordado e tratado o problema de excesso de rejeição em campo de um produto montado por uma empresa de manufatura eletroeletrônica do sudoeste do Paraná, o problema foi identificado através de trabalho conjunto entre os departamentos de Garantia da Qualidade e Engenharia

de Teste. Este trabalho foi realizado em duas etapas, a primeira foi através de análise do problema, esta análise foi realizada através dos indicadores de *customer yield* e retorno de campo, ambos os indicadores serão explicados mais à frente, com base nos dados mostrados pelos indicadores, foi realizado *brainstorming* entre os departamentos de Garantia da Qualidade e Engenharia de Teste para identificar os possíveis problemas e quais seriam as soluções mais apropriadas para resolvê-los.

Após as análises, foram identificados problemas nos sistemas de apontamentos - *shop floor control* e no dispositivo de teste utilizado, ambos os problemas serão abordados de maneira mais abrangente na sequência, com isso, se iniciou a segunda etapa do trabalho, utilizar a ferramenta *Poka Yoke* para definir qual seria a melhor forma de abordar os problemas, resolvendo-os com o menor custo possível.

Devido a criticidade do problema (falha do produto em campo), foi optado por trabalhar em métodos de *Poka Yoke* de controle, ou seja, o objetivo era garantir a máxima redução dos problemas em campo, após tomada a decisão de como atacar o problema, o departamento de Engenharia de Teste realizou as melhorias necessária, na sequência, será abordado de maneira mais abrangente os problemas identificados e como foram resolvidos, assim como os resultados obtidos

#### **4.1.1 Sistema de Apontamento (*Shop Floor Control*) - Etapa de Teste**

A coleta automática de dados do chão de fábrica permite maior precisão e controle dos dados por meio de sistemas de monitoramento e supervisão, assim se tornando uma forma de aumentar a competitividade das empresas (Mardegan et al, 2002).

O sistema de coleta de informações do chão de fábrica é chamado de sistema de apontamento ou *shop floor control* (em português - controle de chão de fábrica) na indústria alvo deste estudo, sendo este um sistema de controle de chão de fábrica, o mesmo pode ser considerado um *Poka Yoke* de controle. Sua função é controlar as etapas do processo produtivo garantido que o produto que está sendo produzido não pule etapas do processo ou seja enviado para a próxima etapa sem que a operação seja finalizada completamente e com êxito na etapa atual.

Na empresa em questão, o sistema de apontamento consiste de um *software* que identifica, controla e informar o status de cada produto através de uma etiqueta de código de barras presente em cada peça/produto. O *software* é programado com um roteiro que define quais etapas o produto deve passar durante seu processo produtivo e bloqueia a peça/produto que apresentar desvio de caminho. Na Figura 5 segue o fluxo básico de funcionamento do sistema de apontamento.

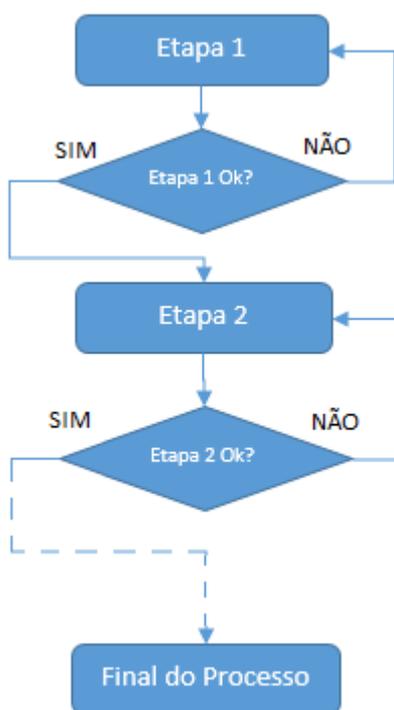


Figura 5: Fluxo Básico do Shop Floor Control da Empresa Alvo do Estudo

Fonte: Criado pelo autor deste trabalho.

Ao analisar o funcionamento do sistema de apontamento na etapa de teste, como um *poka yoke* de controle, foi identificado o motivo (causa raiz) de produtos chegarem no cliente com falhas e/ou sem a realização do teste. Verificou-se que apesar do sistema de apontamentos garantir que produtos não passassem para a próxima etapa sem antes terem seu processo totalmente finalizados na etapa anterior, quem informa o sistema se o produto passou ou não pela etapa é o operador do dispositivo de testes. Em etapas de processos que envolvem apenas montagens de componentes, isso não chega a ser um problema já que o operador da próxima etapa pode identificar visualmente se determinado componente foi ou não inserido no produto.

O teste por sua vez, não permite que filtros visuais sejam aplicados, ou seja, se um produto não for testado, ou for testado de maneira incorreta, não há como ser identificado de maneira visual pela etapa posterior. Isso ocorre devido à natureza da operação, no teste, o produto é submetido a análises elétricas, tais como verificação de parâmetros de corrente e tensão elétricas, níveis digitais de sinal, respostas de comandos, entre outros, tais verificações só podem ser observadas enquanto o produto estiver em teste, após o produto ser desligado, não há como saber se ele passou ou não por esta etapa.

Como é o operador quem informa ao sistema se o produto foi ou não aprovado no teste, muitas vezes por erros de interpretação dos resultados, ou mesmo por falhas no fluxo da operação, o operador acaba indicando para o sistema que o produto foi aprovado, quando na verdade ele apresentou defeito ou até mesmo não foi testado.

#### **4.1.2 Dispositivo de Teste Utilizado**

Analisando especificamente o dispositivo de teste empregado na empresa, foi possível identificar outro motivo pelo qual o produto era enviado ao cliente com falhas. Foi identificado que o testador era do tipo “dispositivos de testes através cabos”.

Através de acompanhamento do processo de teste pelo departamento de Engenharia de Teste, observou-se que o operador muitas vezes se confundia no momento de fazer a conexão do testador com a peça a ser testada, isso ocorria devido à grande quantidade de cabos presentes no dispositivo de teste que necessitavam ser conectados na peça a ser testada, o equívoco por parte do operador, fazia com que ele esquecesse de conectar cabos ou mesmo invertesse o local de conexão, gerando erros durante o processo de teste.

Tomando como passe o conceito de *Poka Yoke* de Controle, mais especificamente o “Método de Conjunto”, no qual o dispositivo deve determinar se certo número de tarefas previstas são executadas, observou-se que apesar do dispositivo de teste possuir um roteiro de tarefas a serem executadas, este era complexo e exigia muita interação do operador, o que gerava erros de interpretação de informação e conseqüentemente falhas.

## 4.2 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

A eliminação de produtos defeituosos no sistema Toyota de Produção é combatida com a interrupção do processamento em casos de anormalidades detectadas (Silva et al, 2010), ou seja, para buscar a resolução dos problemas apresentados neste trabalho, foram tomadas ações para garantir que peças defeituosas não passassem pelo processo de teste.

Com base nos problemas levantados, as ações tomadas foram a criação de uma nova metodologia para o dispositivo de teste que consiste na eliminação dos cabos presentes no testador e em seu lugar a utilização de agulhas de teste.

Também seria desenvolvido um *software* que realizasse o controle automático das etapas de teste que antes o operador realizava de forma manual, este novo software também deveria, no final da operação, informar automaticamente para o sistema de apontamento qual foi o resultado do teste (peça aprovada ou reprovada).

Com relação à melhoria na construção do mecanismo de testes, foi desenvolvido um dispositivo de teste que realiza o contato com a peça em teste através de agulhas, com isso garantiu-se que não haveria mais esquecimentos ou inversões de conexões dos cabos. A Figura 6 ilustra os mecanismos na situação antes de depois da alteração.

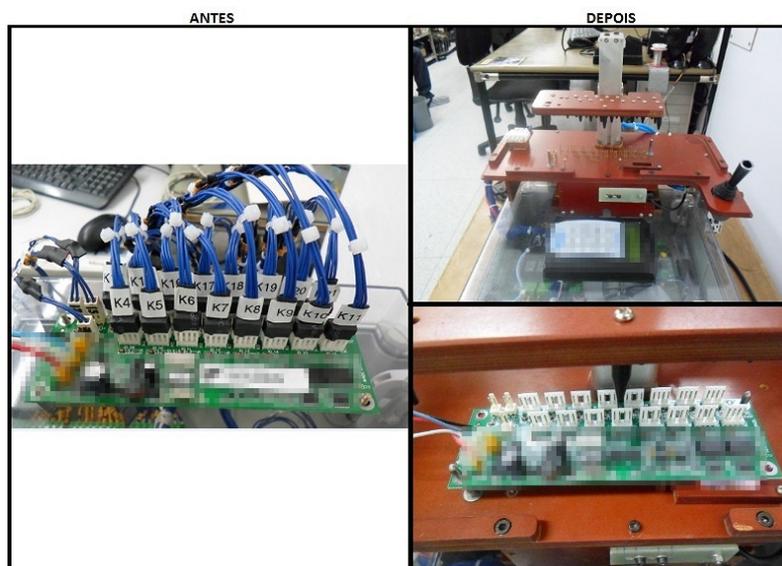


Figura 6: – Mecanismo de teste – antes e depois

Fonte: Empresa Alvo do Estudo

Com relação a *software*, foi criado um *software* que monitora e registra as etapas de teste. Com isso, o *software* garante que o produto em teste passou por todas as etapas. Outro ponto importante foi com relação à garantia de que só produtos com status aprovado na etapa de teste, fossem registrados como “ok” no sistema de apontamento. Para garantir esta premissa, foi acoplada na nova mecânica do testador uma câmera tipo *webcan*, ao final do teste, o *software* envia um comando para a câmera que por sua vez tira uma foto da etiqueta de código de barras colada no produto/peça (etiqueta de *serial number*). O *software* identifica esta etiqueta e informa automaticamente o sistema de apontamento (faz o apontamento automático do produto), se o produto foi ou não aprovado no teste. Em caso de aprovação, o sistema de apontamentos libera sistemicamente o produto para a próxima etapa do processo, que neste caso, é a etapa de embalagem e expedição. Se o produto for sinalizado como tendo defeito, o sistema de apontamento trava este produto e o envia para a área de reparo técnico.

### 4.3 RESULTADOS

Após a finalização do trabalho, começou-se a realizar as medições para verificar a eficácia das ações tomadas e conseqüentemente se houve ou não melhorias de qualidade percebida pelo cliente.

O acompanhamento foi realizado através de 2 indicadores de qualidade:

- Indicador *Customer Yield*.
- Indicador Retorno de Campo.

O indicador de *Customer Yield* mede o percentual de produtos reprovados no cliente em relação ao total faturado, ver Equação 1.

$$\text{Customer Yield} = 100 - ((N^{\circ} \text{ Falhas Cliente} / \text{Total Faturado}) * 100) \quad (1)$$

O indicador de Retorno de Campo, que mede o valor do material com defeito devolvido pelo cliente, mostra em valores monetários quantos produtos retornaram de campo com defeito, ver Equação 2.

**Retorno de Campo = Nº de Produtos que retornaram de campo \* Valor do produto (2)**

A pedido dos representantes da empresa estudada, preservando sigilo dos seus dados, os resultados apresentados na Tabela 1 foram multiplicados por uma constante, mantendo as proporcionalidades sem perder a capacidade de comparação.

Tabela 1 - Índices de comparação antes e depois das modificações

<b>Indicador</b>	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>	<b>Percentual de Ganho</b>
<i>Customer Yield</i>	87,41%	98,34%	10,93%
Retorno de Campo	R\$ 95.986,54	R\$ 13.411,98	86,03%

Fonte: Empresa Alvo do Estudo

Com base nos dados mostrados na Tabela 1, pode-se concluir que as ações tomadas para melhorar a qualidade do testador foram positivas. Teve-se uma redução no número de falhas no cliente (*Customer Yield* de 10,93%), isso significa que atualmente a cada 100 peças enviadas para o cliente, apenas 1,66 apresentam defeito. Antes da modificação do testador este número era de 12,59 peças a cada 100 peças enviadas.

O indicador de retorno de campo também mostra uma melhora considerável, onde houve uma redução de 86% no número de produtos que retornam para a Assistência Técnica devido a apresentarem problema em campo.

Após a implementação do novo testador, identificou-se outra melhoria inesperada. A eletrônica do dispositivo de teste é de propriedade do cliente, sendo este o único autorizado a fazer intervenções de manutenção. Percebeu-se que o indicador que mede o número de envios do testador para reparo no cliente melhorou.

Através de monitoramento feito pelo departamento de Engenharia de Testes, constatou-se que o indicador que mede o número de envios do dispositivo de teste para o cliente por motivo de avaria, foi reduzido a zero após implementação da nova mecânica. Assim foi eliminada a necessidade de envio do dispositivo de teste para manutenção no cliente por avaria da eletrônica do testador. Concluiu-se que o testador, anteriormente usado, era danificado devido a inversão dos cabos no momento da conexão, o que foi eliminado, uma vez que o novo dispositivo possui ligação elétrica entre o produto e o testador somente com agulhas.

Sendo assim, inclui-se mais um dado na avaliação de eficácia das ações tomadas:

- Indicador Envio de Dispositivo de Teste para Reparo no Cliente.

O indicador de envio de dispositivo apenas mede quantas vezes o dispositivo de teste foi enviado para manutenção no cliente, não exigindo uma fórmula matemática para expressá-lo. Na Tabela 2 constam os resultados destes índices.

Tabela 2 – Índices de Envio do Testador para Reparo no Cliente

<b>Indicador</b>	<b>Antes (2013)</b>	<b>Depois (2014)</b>	<b>Percentual de Ganho</b>
Nº Manutenção do Testador (Média Mensal)	1	0	100%

Fonte: Empresa Alvo do Estudo

O número de envios do dispositivo de teste para o cliente por motivos de queima da eletrônica reduziu-se a zero no período avaliado que foi entre 2013 (antes) e 2014 (depois). Os resultados do trabalho mostram que a abordagem de métodos *Poka Yokes* em processos críticos podem trazer ganhos significativos em diversos aspectos. No caso em questão, além de melhorar os índices de qualidade no cliente e reduzir o número de retorno de campo, também foi possível eliminar a necessidade do envio do dispositivo de teste para manutenção corretiva no cliente, o que dá à empresa maior agilidade no atendimento aos prazos de entrega melhorando por sua vez a satisfação do cliente.

## 5 CONCLUSÃO

Como vimos no decorrer deste trabalho, o objetivo do mesmo era reduzir o número de defeitos em campo de um determinado produto montado por uma empresa de manufatura eletroeletrônica do sudoeste do Paraná, foi realizado um estudo baseado em conceitos de Poka Yoke, os quais deram o suporte necessário para a escolha da abordagem correta para solucionar o problema.

Com a realização deste estudo, consegue-se constatar a importância da abordagem da filosofia *Lean* para a resolução de problemas. Pode-se verificar através do uso de *Poka Yokes* a expressiva melhoria conquistada na etapa de teste apenas realizando ações para garantir a robustez e confiabilidade desta etapa do processo. Ganhos expressivos na qualidade do produto final, garantido a satisfação do cliente, assim como a redução dos índices de retorno de campo e necessidade de reparo do testador, garantiram uma maior lucratividade para a operação.

A ferramenta *Poka Yoke* foi de grande ajuda para a abordagem correta das ações e resolver os problemas detectados no processo de teste. Neste caso, a ferramenta *Poka Yoke* de Controle foi utilizada para definir as melhorias de *hardware* e *software* necessárias no dispositivo de teste. Pela criticidade da etapa, devido ao baixo nível de qualidade em campo, ações foram tomadas de maneira a minimizar a possibilidade de envio de material com defeito para o cliente, e, com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que o objetivo foi alcançado.

Os resultados obtidos reforçam as vantagens de adotar o Sistema Toyota de Produção, ganhos expressivos no processo foram alcançados apenas usando uma ferramenta *Lean*, o que nos leva a crer que a aplicação das demais ferramentas devem gerar ainda mais benefícios.

Como o *Lean Manufacturing* é uma filosofia que visa a melhoria contínua, não pode-se deixar de citar que apesar dos bons resultados, analisando os indicadores de *Customer Yield* e Retorno de Campo, ainda se tem um número considerável de falhas chegando no cliente, ou seja, novos trabalhos podem e devem ser realizados no processo de manufatura do produto em questão, no sentido de identificar e mitigar cada vez mais as falhas buscando a excelência das operações.

## 6 REFERÊNCIAS

DAMIÃO, M. B. C.; DENIPOTE, V. C.; RABECHINI, M. M.; ALBERTOS, T. S. **Lean manufacturing: uma discussão sobre sua adaptação em empresas dos ramos automobilístico e alimentício**. Salvador, BA, Brasil, 08 a 11 de outubro de 2013  
XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MILANI, U. L; Oliveira, R. D. **Princípios de produção enxuta: um estudo bibliográfico e empírico sobre as contribuições de sua implantação nas organizações**.

VII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão de Tecnologia - 2010

ISERHARD, Z. F; KIPPER, M. L; MACHADO, L. M. C; STORCH, A. L; NARA, B. O. E. **Utilização da abordagem Lean e da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor na identificação de desperdícios – um estudo de caso**. Salvador, BA, Brasil, 08 a 11 de outubro de 2013

XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TOMASZEWSKI, L.A; ROCHA, G.S; RODRIGUES, M; LACERDA, D.P; VEIT, D.R. **Comparando os Sistemas de Produção: Uma Perspectiva do Sistema Toyota de Produção x Sistema Hyndai de Produção**. Salvador, BA, Brasil, 08 a 11 de outubro de 2013

XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ROLDAN, B. W. L; DINIZ, C. G; NEVES, F. B; SIMÃO, C. D; OLIVEIRA, D. E; PIMENTA, A. C; ABREL, T. E; DIAS, N. M. M; HILTON, P. E. **Brainstorming em prol da produtividade: um estudo de caso em três empresas de Varginha – MG**. V,1, n,7, p,53-66, jan./ dez.2009

Iniciação Científica, Varginha - FACECA

FIALHO, N. C. R; TORRES JR, N; SILVA, A. V. M. C. **O uso de Poka-Yoke para a redução de falhas em serviços de saúde: um estudo de caso sobre o processo**

**de prescrição médica em uma clínica especializada na prevenção e no tratamento de doenças neoplásicas. 2011**

SIMPOI 2011

MARDEGAN, R; AZEVEDO, C. R; OLIVEIRA, G. F. J. **Os benefícios da coleta automática de dados do chão-de-fábrica para o processo de negócio gestão de demanda.** Curitiba, 23 a 25 de outubro de 2002.

XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção

SILVA, G. M; SANTOS, R. A. **Conceitos e práticas da automação em uma empresa eletrônica brasileira: um estudo de caso.** São Paulo, 12 a 15 de outubro de 2010.

XXX Encontro nacional de engenharia de produção

TAVARES, M. Leitão Walkyria. **A indústria eletrônica no Brasil e seu Impacto sobre a balança comercial.** Brasília, novembro de 2001

Shingo; Shiego. O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. Traduzido por: Eduardo Shaan. 2ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 1996.