

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO  
CURSO DE MBE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS**

**CRISTIAN BONOTTO SILVA**

**UMA ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA MES EM UMA INDÚSTRIA  
DE MANUFATURA ELETRÔNICA**

**São Leopoldo**

**2015**

CRISTIAN BONOTTO SILVA

**UMA ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA MES EM UMA INDÚSTRIA  
DE MANUFATURA ELETRÔNICA**

Artigo apresentado como requisito parcial  
para obtenção do título de Especialista em  
Engenharia de Produção e Sistemas, pelo  
Curso de MBE Engenharia de Produção e  
Sistemas da Universidade do Vale do Rio  
dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Ms. Christopher Rosa Pohlmann

São Leopoldo

2015

## UMA ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA MES EM UMA INDÚSTRIA DE MANUFATURA ELETRÔNICA

Cristian Bonotto Silva\*

Christopher Rosa Pohlmann\*\*

**Resumo:** Com a evolução da tecnologia e os constantes investimentos realizados pelas indústrias em automação, buscando aumento da eficiência dos processos produtivos, uma lacuna é formada entre os sistemas ERP e as máquinas localizadas no chão de fábrica, a partir dos anos 2000 os sistemas MES vem ganhando espaço na tentativa de preencher esta lacuna. O objetivo deste artigo é apresentar os conceitos envolvidos no desenvolvimento de um sistema MES e analisar os benefícios trazidos por ele a indústria do ramo eletrônico. Com base no histórico da implantação e nos resultados apresentados, o estudo de caso apresentou diversas melhorias percebidas pela empresa, assim como demonstrou uma abordagem diferenciada para relatórios e indicadores gerados pelo sistema.

**Palavras-chave:** MES. Shop Floor Control. MESA Model. Rastreabilidade. TI. Manufatura Eletrônica. Indicadores de Desempenho. SMT. PTH. First Pass Yield.

---

\* Bacharel em Ciências da Computação pela Unilasalle. cristianbonotto@gmail.com

\*\* Prof. Ms. Christopher R. Pohlmann chrisrp@unisinós.br

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente vivencia-se o início da segunda era das máquinas, o que o motor a vapor fez a favor da força bruta, os computadores farão a favor da força mental (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2015). A tecnologia continua a evoluir exponencialmente impulsionada pela Lei de Moore, assim as empresas vêm se beneficiando do avanço das tecnologias para diminuir seus custos e aumentar sua competitividade.

Com a globalização, aumento da concorrência e redução das margens de lucro, as empresas estão sendo forçadas a buscar opções para reduzir perdas (BASSO; LAURINDO, 2013). Segundo Neves (2011), “a melhoria da qualidade e da produtividade têm levado as empresas a investirem, ao longo do tempo, na melhoria da gestão da produção”. Para superar as dificuldades deste cenário a manufatura deve se tornar uma vantagem competitiva (SUN; HONG, 2002 apud BASSO; LAURINDO, 2013).

Os sistemas de informações têm trazido uma nova forma de vantagem competitiva, valendo-se das novas e constantes tecnologias. Neste âmbito a informação passa a ser essencial no desenvolvimento das empresas (NEVES, 2011).

Robbins (2001) lembra que os cargos de média gerência estão diminuindo nas grandes organizações devido à informatização das informações, que permite aos níveis superiores da organização atingir níveis inferiores no organograma da empresa.

Laurindo et al (2002) destaca que com o passar dos anos a TI (Tecnologia da Informação) tem apoiado cada vez mais as áreas da manufatura, iniciando com atividades mais simples e atualmente abrangendo todas as etapas produtivas, de processos e desenvolvimento de produtos.

Nos últimos anos o setor industrial tem realizado diversos investimentos em automação, seja em hardware ou em software, buscando aumento da eficiência dos processos produtivos e diferenciação. Esses investimentos se dão na maior parte de forma pontual, com investimentos em máquinas específicas de acordo com o ramo de atividades da empresa e seus processos produtivos. Tais aquisições pontuais normalmente geram uma lacuna, que separa o sistema ERP (*Enterprise Resource*

*Planning*) da empresa das tecnologias adquiridas, por não existir comunicação entre eles (NEVES, 2011).

Em 1990, iniciou-se o conceito dos sistemas MES, ganhando mais força a partir dos anos 2000. Tais sistemas tem a missão de preencher a lacuna que existe entre o chão de fábrica e os sistemas ERPs na busca pela excelência operacional. Neste contexto, surgem os questionamentos a respeito dos benefícios que o MES pode trazer para as indústrias que enfrentam este problema e quais processos estão cobertos por ele.

Desta forma a pesquisa objetiva analisar os processos que estão compreendidos na implementação de um MES e identificar quais benefícios podem ser esperados neste processo.

Para realizar a referida análise foi realizado o mapeamento e avaliação de um caso de implementação do MES em uma indústria de manufatura do ramo eletrônico, entendendo suas particularidades e resultados.

Este artigo encontra-se estruturado conforme apresenta-se no Quadro 1.

Quadro 1 - Estrutura do Artigo

Capítulo 1	Apresenta a introdução, caracterizando o problema e os objetivos do trabalho.
Capítulo 2	Apresenta a revisão bibliográfica enfatizando a evolução e importância dos avanços tecnológicos do uso da TI nas empresas. Descreve a definição de MES e o modelo proposto pela MESA <i>International</i> e suas funcionalidades, assim como seus benefícios.
Capítulo 3	Descreve o método utilizado neste artigo, onde são apresentados os passos realizados durante a pesquisa, com o objetivo de analisar a implementação de um MES em uma indústria eletrônica avaliando os benefícios trazidos pelo sistema.
Capítulo 4	Mostra quais fatores são relevantes a uma indústria eletrônica, considerando as observações realizadas sobre o processo em relação as funcionalidades de um MES, baseado no MES <i>Model</i> .
Capítulo 5	Este capítulo introduz a empresa objeto do estudo de caso deste artigo e as características do seu processo produtivo.
Capítulo 6	Descreve o sistema MES desenvolvido na empresa COM e suas particularidades, detalhando a evolução do projeto e características do sistema.
Capítulo 7	Apresenta os dados coletados no estudo de caso, avaliando a aderência ao modelo MESA e a percepção de benefícios trazidos pelo sistema na ótica dos usuários.
Capítulo 8	Apresenta as conclusões da pesquisa e sugere futuros temas passíveis de estudos.

Fonte: Elaborado pelo autor

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta as definições e conceitos envolvidos na definição do MES, suas funcionalidades e benefícios.

### 2.1 O Uso da TI em Indústrias de Manufatura

Nos últimos tempos a tecnologia tem avançando rapidamente, o que vem beneficiando as empresas, seja reduzindo o custo e proporcionando que cada vez mais empresas tenham acesso a essas tecnologias, ou possibilitando que novos processos sejam automatizados em virtude das novas tecnologias. Segundo Brynjolfsson e McAfee (2015), sempre que for possível definir uma ou mais regras (algoritmos) para especificar uma determinada ação, o computador pode ser utilizado.

Neves (2011) afirma que existe uma evolução contínua da utilização de TIs apoiando a gestão das empresas. Esta evolução deve se manter contínua devido as crescentes demandas geradas pelo mercado e, conseqüentemente, pelas empresas, assim como o avanço da tecnologia.

No momento em que as empresas começam a possuir sistemas que permitem a aquisição dos dados em tempo real, com precisão e alta disponibilidade, tais dados devem ser processados para gerar informação e, conseqüentemente, conhecimento para o negócio da empresa. Alguns dados possuem custo de aquisição muito baixo, pois são inerentes ao processo de manufatura, por exemplo, quando são gerados por equipamentos automatizados instalados no chão de fábrica.

Rezende (2007) define dado como um conjunto de letras números ou dígitos, que sozinhos não possuem significado. Após os dados serem tratados e receberem um valor agregado passam a ser chamados de informação e, por fim, quando tal informação auxilia na tomada de decisão, seja de forma isolada ou combinada, passa a ser chamado de conhecimento.

Complementando os conceitos de Rezende (2007), Neves (2011) destaca que o real valor da informação está no seu uso e não em sua geração. O objetivo é fazer com que os dados transformados em informação agreguem valor ao negócio da empresa, ou seja, agreguem conhecimento.

Grandes empresas têm desenvolvido sobre os nomes de Manufatura Digital, Fábrica Digital ou Indústria 4.0, um novo conceito de fábrica, buscando desenvolver e

otimizar os processos de desenvolvimento e manufatura utilizando softwares inovadores de integração, simulação e gestão para alcançar uma vantagem competitiva.

Para Kuehn (2006), nas fábricas digitais, produtos, processos e recursos devem ser modelados, utilizando bases de dados reais. Com base nos dados, modelos virtuais e nos processos de simulação, o desenvolvimento dos produtos e do processo de manufatura são melhorados ainda no desenvolvimento.

Utilizando o conceito de manufatura digital, as montadoras de automóveis Toyota, Nissan e Fiat reduziram o tempo de desenvolvimento de um modelo pela metade. A Embraer reduziu o tempo de montagem do jato Legacy 500 em 25%, treinando previamente em um simulador virtual os operários envolvidos na operação. Em casos de dúvidas os operários podiam recorrer a vídeos que são disponibilizados em computadores e *tablets* na linha de produção com detalhes sobre as montagens (COSTA, STEFANO, 2014).

Na Alemanha, em 2012, foi criado o projeto Indústria 4.0 com foco nas fábricas inteligentes, segundo Henning Kagermann, diretor da Academia Alemã de Ciência e Engenharia, “Numa fábrica inteligente, trabalhadores, máquinas, produtos e matérias-primas se comunicam de forma tão natural quanto pessoas numa rede social”, o projeto prevê que em 20 anos boa parte das indústrias alemãs tenham adotado a Indústria 4.0 como padrão de produção (COSTA, STEFANO, 2014).

Seja em uma fábrica inteligente, composta por diversos robôs de alta tecnologia ou em indústrias de manufatura de menor porte que não possuem o mesmo nível de investimentos e automação, a informação é um bem muito importante. Robbins (2001) defende que com a existência de dados e informações indivíduos podem tomar decisões com maior eficiência, sem a necessidade de que as decisões passem por um grupo de indivíduos.

## **2.2 MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM (MES)**

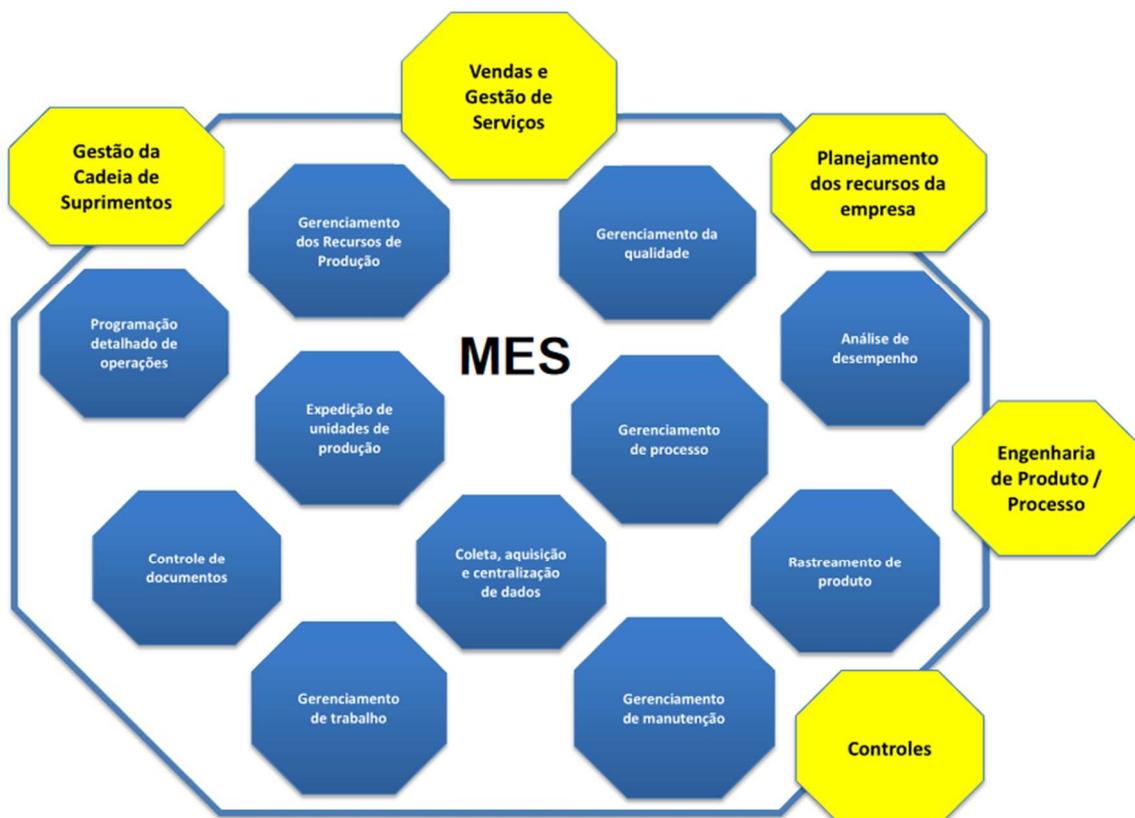
O primeiro conceito de MES (*Manufacturing Execution System*) foi criado em 1990 pela AMR Research como sendo “uma classe de sistemas de informação que reside na camada de *software* que fica entre os sistemas de automação no chão de fábrica e os sistemas corporativos da companhia (ERP)” (MAXMES, 2009). Em 1997 a MESA *International (Manufacturing Enterprise Solutions Association)* apresentou

sua definição de MES a partir do conceito da AMR, como o sistema que gerencia as informações das atividades de produção permitindo a otimização das atividades relacionadas, do início ao fim da produção, ou seja, da ordem de produção inicial ao produto acabado (MESA, 1997). Em 2004 a MESA adicionou uma extensão ao conceito MES tornando-o c-MES (*Collaborative MES*), onde as entidades internas e externas de uma corporação trabalham juntas para obter vantagens mútuas.

### 2.2.1 Processos de Manufatura Contemplados por um Sistema MES (MESA Model)

Com o objetivo de organizar e padronizar o desenvolvimento dos sistemas a MESA *International*, entidade sem fins lucrativos que integra empresas fornecedoras do sistema MES, definiu um modelo funcional de MES contendo 11 funcionalidades: Gerenciamento dos recursos de produção, Programação detalhada, Distribuição de unidades de produção, Controle de documentos, Coleta e aquisição e centralização de dados, Gerenciamento de trabalho, Gerenciamento da qualidade, Gerenciamento do processo, Gerenciamento da manutenção, Rastreamento do produto, Genealogia de Produtos (*tracking*) e Análise de desempenho, conforme apresenta-se na Figura 1.

Figura 1 - Funcionalidades MESA Model



Fonte: Adaptado de Mesa (1997)

O **Gerenciamento dos recursos de produção** fornece informações detalhadas ao sistema de PCP (Planejamento e Controle de Produção) sobre os recursos como máquinas, ferramentas, paradas programadas, setup e WIP (*work in process*).

A **Programação detalhado de operações** fornece informações sobre o que está acontecendo na área de manufatura em tempo real, disponibilizando informações para que outras camadas do sistema realizem suas tarefas, por exemplo, realimentando o plano de produção com uma nova sequência de operações.

A funcionalidade **Expedição de unidades de produção** é responsável pelo monitoramento e controle do fluxo das atividades na manufatura. A situação das ordens de produção é disponibilizada em tempo real para os demais módulos, contendo informações detalhadas sobre os processos.

O **Controle de documentos** controla os documentos pertinentes às etapas da manufatura, como instruções de montagem, desenhos e alterações de engenharia. “Todos os documentos importantes podem estar à mão a qualquer momento e podem ser arquivados ou descartados quando cumprida a sua função” (NEVES, 2011).

A **Coleta, aquisição e centralização de dados** compreende os meios de aquisição de dados pelo sistema, como leitores de códigos de barras, câmeras e sensores. Os dados podem ser adquiridos manualmente, como em uma etapa de inspeção visual ou automaticamente oriundo de qualquer equipamento disponível na manufatura. Os dados coletados são armazenados no banco de dados e passam a integrar o sistema como um todo, abastecendo indicadores, relatórios e monitores de gestão a vista.

O **Gerenciamento de trabalho** gerencia o material humano necessário para a confecção das tarefas envolvidas na manufatura dos produtos, controla permissões e responsabilidades específicas a cada etapa do processo produtivo, assim como as horas previstas e trabalhadas pelas pessoas.

O **Gerenciamento da qualidade** permite o gerenciamento dos dados de qualidade em tempo real, podendo inclusive forçar uma interrupção no processo produtivo caso o nível da qualidade esteja abaixo do esperado. O MES pode disponibilizar indicadores com análises em tempo real, indicando onde é necessário atuar primeiro e indicar possíveis soluções. Em linhas de produção automatizadas o

sistema pode realimentar etapas anteriores a fim de melhorar a qualidade do produto.

O **Gerenciamento de processo** permite o monitoramento online das ordens de produção e gerencia o consumo de matéria prima e insumos a cada etapa executada. Inclui alertas de qualidade e desvios de processo, possibilita o acompanhamento e a tomada de decisão no momento em que os problemas acontecem, sem a necessidade de aguardar o final do dia para consolidar os dados. É um dos mais importantes elementos do MES.

O **Gerenciamento de manutenção** gerencia as paradas de produção causadas pela manutenção, sendo elas programadas ou não programadas, fornecendo dados para a análises de desempenhos, disponibilidade, MTBF (*Mean Time Between Failures*) e MTTR (*Mean Time To Repair*). Os equipamentos podem fornecer automaticamente os dados relativos às paradas, que serão analisados alimentando o plano de manutenção e tratamento das causas raízes.

No **Rastreamento de produto (*tracking*)** todas as etapas do processo de manufatura devem ser rastreáveis. Todos os apontamentos de produção e *logs* dos sistemas e subsistemas devem estar disponíveis para compor o histórico do produto ou processo, por exemplo, disponibilizando informações referentes à matéria-prima utilizada no produto, quais máquinas foram utilizadas e pessoas envolvidas no processo, tudo isso de forma recursiva, caso os produtos sejam subprodutos de outros processos. Também deve existir o rastreamento online, informando onde o produto está no momento da pesquisa, quais etapas já foram concluídas e quais estão pendentes.

Por fim, na **Análise de desempenho**, dentre os resultados mais esperados da implantação de um sistema MES, apresenta os indicadores de desempenho, que permitem análises e comparações entre os processos e produtos de forma mais rápida e confiável. Tais indicadores estão presentes em diversos níveis hierárquicos, gerando informações consolidadas a gerência e ao mesmo tempo informações detalhadas aos técnicos, especialistas e encarregados do chão de fábrica.

Todos os 11 elementos ou funcionalidades citados pela MESA, que se fundem para criar um sistema MES, podem em algum momento se misturar durante a análise, tornando difícil distinguir qual funcionalidade está dentro de qual elemento, mas o importante é que o sistema MES desenvolvido contemple a maior parte das

etapas de acordo com a necessidade da empresa e processos que estão motivando a utilização do sistema.

### **2.3 Benefícios da Implementação de um Sistema MES em Indústrias de Manufatura**

Usando dados atualizados e precisos, o MES é responsável por integrar o chão de fábrica aos demais sistemas da empresa, provendo informações rápidas e confiáveis para a gestão da empresa, influenciando os processos diretamente no dia a dia da manufatura (MESA, 1997).

Segundo Brynjolfsson e McAfee (2015), a digitalização aumenta o entendimento, ao tornar quantidades enormes de dados prontamente acessíveis, os dados são a força vital da ciência. Os resultados podem não ser imediatos, pois a empresa e seus funcionários necessitam de um tempo para se organizar, e usufruir dos benefícios. Além disso, é esperada certa resistência de alguns funcionários por medo das profundas mudanças que a implementação de um MES pode gerar.

Com base nas funcionalidades definidas pela MESA, é possível esperar benefícios da implementação do sistema em todas as áreas da manufatura de forma combinada. As principais vantagens estão relacionadas à confiabilidade, qualidade, flexibilidade e rastreabilidade, somando estas vantagens ao controle online que o sistema proporciona o MES torna-se uma vantagem competitiva para a manufatura, são aspirados melhores resultados na produtividade, qualidade, tempo de atravessamento das ordens de produção e no desempenho das atividades em geral.

Engenheiros analistas e técnicos que se encontram no chão de fábrica passam a ter acesso a dados e informações importantes, disponibilizadas em tempo real. O sistema pode fornecer alertas e análises indicando onde é necessário atuar primeiro, inclusive sugerindo ações para correção de problemas com base no histórico dos dados, reduzindo o tempo de análise.

A área de PCP é uma das áreas mais beneficiadas quando o sistema é utilizado, pois passa a ter informações confiáveis em tempo real das principais operações da manufatura, o que permite realimentar o planejamento aumentando a assertividade a cada iteração. O sistema por meio dos roteiros de produção fornece informações personalizadas para cada produto e ordem de produção, guiando os operadores nos processos produtivos.

A qualidade dos produtos e processos é diretamente beneficiada ao receber uma grande quantidade de dados que são disponibilizados pelo MES, o sistema registra o histórico do processo de produção dos produtos, máquinas utilizadas, componentes e insumos utilizados nos produtos passam a ser rastreáveis. Caso um problema seja evidenciado em um produto, seja em campo ou em testes dentro da empresa, o sistema disponibiliza informações para a investigação do problema e possibilita a identificação de outros produtos que possam apresentar o mesmo defeito, sendo ele causado pelo processo ou matéria-prima, realimentando os processos.

Por fim, a alta direção dispõe de indicadores precisos de qualidade e desempenho para definir a estratégia da empresa e tomar decisões de forma rápida. Segundo Laurindo (2008), muitas empresas possuem dificuldade em obter as informações que necessitam a partir dos sistemas existentes, já nos MES as informações estão disponíveis a quem necessitar.

### **3 METODOLOGIA**

Este capítulo apresenta o método aplicado à pesquisa empírica deste artigo e procedimentos aplicados à pesquisa qualitativa e quantitativa, com a finalidade de analisar a implementação de um MES em uma indústria eletrônica, avaliando os benefícios proporcionados pela implantação do sistema.

A metodologia adotada neste artigo foi um estudo de caso único (YIN 2001) realizado por um pesquisador participante. Segundo Yin (2001) na pesquisa participante, os envolvidos são ao mesmo tempo objetos de estudo e pesquisadores, o pesquisador não é um observador passivo, assumindo funções dentro do estudo de caso, tomando decisões e trabalhando como membro da organização.

A empresa COM objeto de estudo de caso pertence ao ramo de telecomunicações, e é responsável tanto pelo desenvolvimento do produto quanto pela manufatura. Este trabalho visa identificar as melhorias observadas com a implementação do MES nos principais setores da manufatura, que são: SMT (*Surface Mount Technology*), PTH (*Pin Through Hole*), Teste, Montagem Mecânica e Embalagem.

### 3.1 Método de Trabalho

O Quadro 2 apresenta as etapas seguidas para a realização da pesquisa.

Quadro 2 - Metodologia

Etapa	Descrição	Seção
1 - Referencial teórico	Apresentação dos conceitos que envolvem o sistema MES e os benefícios que dele se esperam	2.1 O uso da TI em indústrias de manufatura
		2.2 MES
		2.3 Benefícios esperados da implementação de um MES em indústrias de manufatura
2 - Metodologia	Metodologia utilizada para o trabalho e coleta das informações	3.1 Método de trabalho
		3.2 Coleta de dados
3- Estudo de caso	Apresentação do estudo de caso	5 Apresentação do estudo de caso
		6 Processos de manufatura contemplados pela Implementação do MES
		6.2 Estrutura do Sistema
		7 Apresentação dos dados coletados
4- Conclusão	Conclusão do Caso	8 Conclusões

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2 Coleta de Dados

A coleta de dados divide-se em duas partes, qualitativa, a partir de entrevistas aos principais envolvidos nas operações da área da manufatura da empresa, com base nas 11 funcionalidades propostas pela MESA e quantitativa, coletando dados diretamente no banco de dados, relatórios e indicadores do sistema. Os dados da pesquisa foram coletados de Janeiro de 2014 a Outubro de 2015. Foram criados dois questionários com objetivos distintos:

- Questionário 1 (APÊNDICE A): Doze colaboradores membros da equipe do projeto do sistema, analisaram a aderência do MES desenvolvido em comparação com as funcionalidades propostas pela MESA.
- Questionário 2 (APÊNDICE B): Dezoito funcionários da empresa COM de diferentes áreas como as Engenharias de Qualidade (2 pessoas), Engenharia de Processos (6 pessoas), Gestores da Manufatura (2 pessoas) e Facilitadores da Produção (8 pessoas), responderam ao questionário, informando o seu nível de percepção a respeito das melhorias proporcionadas pelo sistema as atividades do dia a dia.

#### **4. ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA MES EM UMA INDÚSTRIA DE MANUFATURA ELETRÔNICA**

Em uma indústria eletrônica, que conta com equipamentos capazes de montar milhares de componentes por hora, e que depende em sua maioria de matéria-prima importada com altos *lead times* de reposição, é de suma importância possuir controle total sobre as operações produtivas. O que uma máquina pode montar em poucos segundos uma pessoa pode levar horas para corrigir, caso seja montado incorretamente. Sem falar que nem sempre é possível reproduzir uma operação sem danificar o produto.

Neste contexto, a implementação de um MES pode contribuir diretamente com o resultado da empresa, automatizando funcionalidades pertinentes a rastreabilidade e conformidades dos produtos e processos.

##### **4.1 Benefícios Esperados com a Implementação de um MES em uma Indústria de Manufatura Eletrônica**

Os benefícios esperados foram organizados considerando as 11 funcionalidades da MESA, considerando as observações realizados pelo pesquisador sobre o processo produtivo em uma indústria eletrônica. Os pontos citados, somados as estratégias das organizações auxiliam na busca por padrões mundiais de manufatura, entendendo o presente e o passado para melhorar o futuro,

reduzindo o tempo de lançamento de produtos ao mercado com mais qualidade e menor custo.

Dentre os benefícios que a implementação de um MES pode trazer para uma indústria eletrônica encontram-se: (1) Controle de fluxo produtivo, (2) Apontamento de produção, (3) Rastreabilidade, (4) Paradas de produção, (5) Controle de Insumos, (6) Controle ESD (*Electrostatic Discharge*), (7) *Setup*, (8) Controle de Humidade, (9) Perdas de Componentes no Processo, (10) Gestão Visual, (11) Indicadores e (12) Calibração de Instrumentos.

O **Controle de fluxo produtivo** é necessário para garantir que as etapas de montagem sejam realizadas de acordo com o projeto do processo, se uma etapa for realizada sem respeitar a etapa precedente, pode não ser possível voltar no processo, desperdiçando matéria-prima, insumos e tempo. É comum nas indústrias eletrônicas existir linhas de montagem com diferentes configurações, assim é necessário controlar quais produtos devem ser montados preferencialmente em qual linha e quais produtos possuem restrições de montagem em determinada linha. Também é importante ter controle sobre as pessoas habilitadas para executar as operações, seja em operações manuais ou utilizando processos automatizados.

Analisando o **Apontamento de produção** o MES obsoleta o uso de papel e apontamentos por batelada (retroativo) nas indústrias eletrônicas, permitindo o apontamento por indivíduo (produto ou subproduto), é possível utilizar diversas tecnologias para realizar o apontamento da produção como: *scanners* de código de barras, câmeras, sensores, portais RFID (*Radio Frequency Identification*) ou utilizando interfaces com outras entidades. Para facilitar a integração de sistemas distintos é possível utilizar a arquitetura de programação SOA (*Service Oriented Architecture*). Essa arquitetura provê um conjunto de conceitos para a integração de sistemas, na prática o SOA permite desenvolver uma solução utilizando diferentes serviços e produtos (MAXMES, 2009).

Requisito dos principais clientes, a **Rastreabilidade** dos produtos e processos da manufatura eletrônica é obtida com maior facilidade a partir dos registros de produção gerados pelo MES, cruzando dados referentes à matéria-prima, máquinas, pessoas e localizações físicas.

Considerando as **Paradas de produção**, linhas, máquinas ou pessoas paradas sem que estas paradas estejam programadas devem ser apontadas no sistema, quando possível o sistema deve coletar a parada automaticamente,

evitando erros de lançamento. Estes dados são importantes para o PCP gerar os indicadores de desempenho e realimentar o plano de produção.

No contexto do **Controle de Insumos** destaca-se que alguns insumos necessitam de cuidados especiais, por exemplo, algumas pastas de solda, utilizadas no processo SMT devem ser armazenadas em baixas temperaturas e necessitam de um tempo em temperatura ambiente para que possam ser utilizadas, o MES pode fazer este controle automaticamente.

No **Controle ESD (*Electrostatic Discharge*)** destaca-se que equipamentos eletrônicos são suscetíveis a falhas quando expostos a descargas eletrostáticas, muitas vezes os produtos não apresentam defeitos no momento da descarga, mas reduzem a vida útil podendo apresentar problemas em campo, a contribuição do MES neste ponto está no controle de equipamentos de proteção ESD por parte dos operadores, alguns sistemas liberam a entrada na fábrica apenas se o funcionário testar os equipamentos de proteção.

O **Setup** é importante em dois pontos distintos, necessita de velocidade e organização, para reduzir o tempo de recursos parados, mas também precisa ser realizado com muita precisão, por exemplo, caso um componente seja inserido na posição incorreta da uma P&P (*Pick and Place*), máquina responsável por inserir os componentes SMD (*Surface Mount Device*) nas placas, todos os produtos serão montados incorretamente. Alguns fabricantes de máquinas para linhas SMT (*Surface Mount Technology*) disponibilizam sistemas que auxiliam os operadores no momento da montagem do *setup*, impedindo a montagem caso algum componente seja inserido na posição incorreta. O sistema MES pode receber e interpretar as informações dos sistemas auxiliares, ou controlar diretamente a operação para garantir a qualidade do produto no *setup*.

O **Controle de Humidade** é fundamental considerando que determinados componentes eletrônicos são sensíveis a humidade, caso não sejam armazenados corretamente ou fiquem no estoque por um longo período estes componentes não podem ser utilizados a não ser que passem por um processo de desumidificação. O MES pode controlar o uso destes componentes, tempo de exposição e rastrear as operações.

Nas **Perdas de Componentes no Processo** destaca-se que em processos automatizados de montagem é inerente em alguns casos, a perda de componentes, que ocorre durante a montagem, algumas máquinas disponibilizam relatórios com

tais perdas que podem ser importados pelo MES e comparados com os demais dados referentes ao estoque do componente no processo, aumentando a acuracidade dos estoques.

No contexto da **Gestão Visual** o MES pode disponibilizar diversas informações para os operadores e gestores, por exemplo, o operador pode ter em sua tela de trabalho informações sobre produto e processos como meta do posto, próxima etapa, níveis de qualidade, WIP (*Work In Process*) e alertas em geral. Também é comum nas indústrias a existência de monitores em pontos estratégicos com informações sobre indicadores de produtividade, qualidade, dentre outros.

Um dos maiores benefícios do sistema MES está na capacidade de gerar **Indicadores on-line**, manipulando uma grande quantidade de dados para gerar informação e auxiliar na tomada de decisão. O MES auxilia na aquisição de dados confiáveis em tempo real, que muitas vezes não estão disponíveis no sistema ERP.

O sistema deve controlar a **Calibração dos Instrumentos**, indicando o momento de realizar a calibração e impedindo que equipamentos não calibrados sejam utilizados na manufatura dos produtos.

## 5 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Fundada no final da década de 80, a empresa COM como é chamada neste artigo, devido a questões de sigilo, iniciou suas atividades com foco no desenvolvimento de produtos e soluções tecnológicas na área de telecomunicações. Sua equipe de pesquisadores e desenvolvedores possui mais de 300 colaboradores, é a maior equipe de desenvolvimento da América Latina entre os fabricantes de produtos para telecomunicações.

Em 2013 a empresa decidiu investir na construção de uma moderna fábrica para manufaturar seus produtos. Atualmente, a COM opera com as mais modernas linhas de montagem SMT e conta com equipamentos de última geração para a inspeção e controle de montagem, assim como um sistema automatizado de testes.

O caso estudado teve início em 2012, quando a nova área fabril estava em construção, o projeto de implementação do sistema MES foi aberto para preencher a lacuna existente entre a manufatura e o seu ERP e atender a crescente necessidade de informações e controles que eram demandadas com o crescimento da organização.

O sistema foi desenvolvido pela equipe de TI da empresa e especificado por uma equipe multidisciplinar formada por integrantes das principais áreas industriais e de apoio. O foco inicial do sistema foi atender as principais funcionalidades desejadas em um sistema MES, priorizando o controle de processo, qualidade e rastreabilidade.

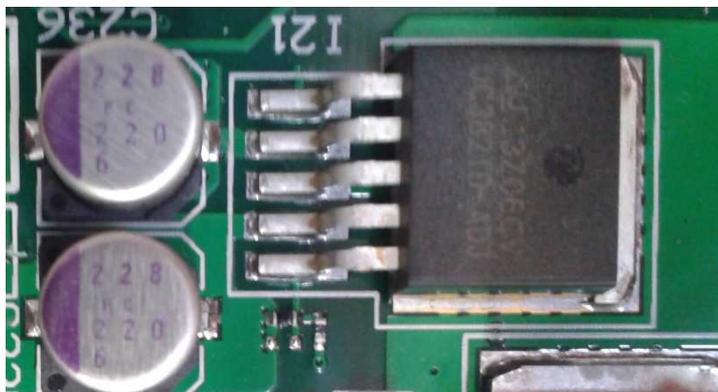
## 5.1 Processos Contemplados Pela Implementação do Sistema MES

O processo base de manufatura da COM é formado por cinco áreas de fabricação, SMT, PTH, Testes, Montagem e Embalagem. A COM atua nos extremos dos modelos de produção, produzindo produtos complexos de baixo volume, alto volume e baixo custo, assim como produtos e soluções específicas para determinados clientes. Cada produto ou subconjunto possui tecnologias e etapas de montagem distintas, de acordo com o projeto do processo.

### 5.1.2 SMT (*Surface Mount Technology*)

O processo de montagem SMT é responsável pela montagem dos componentes SMD (*Surface Mount Device*) conforme apresenta-se na Figura 2, que são componentes montados na superfície da PCI (Placa de Circuito Impresso), sendo a etapa responsável pela montagem da maioria dos componentes que compõem os produtos da COM e, também, onde estão situadas as máquinas com maior tecnologia no chão de fábrica, com capacidade de montar até 400.000 componentes por hora.

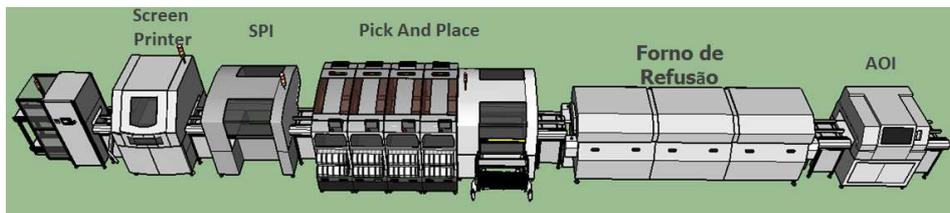
Figura 2 - Componentes SMD



Fonte: Elaborado pelo autor

A empresa possui quatro linhas automatizadas de montagem, as linhas iniciam com a aplicação da pasta de solda pela *screen printer*. Logo após a aplicação da pasta de solda é inspecionada pela SPI (*Solder Paste Inspection*), em sequência as P&P (*Pick and Place*) inserem os componentes na superfície da PCI sobre a solda em pasta, a PCI passa pelo Forno de Refusão onde os componentes são soldados a placa e então inspecionados pela AOI (*Automatic Optical Inspection*) conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Linha de montagem SMT

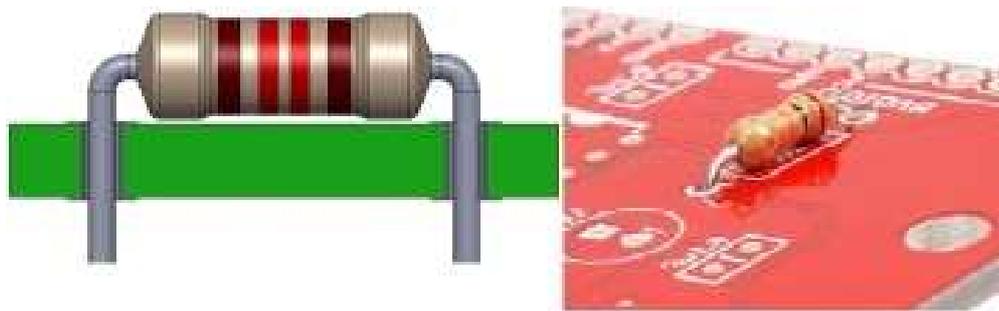


Fonte: Elaborado pelo autor

### 5.1.3 PTH (*Pin Through Hole*)

O processo de montagem PTH é composto de três etapas, inserção dos componentes, processo de solda por onda e revisão de solda. Os componentes PTH caracterizam-se por atravessar a PCI conforme apresentado na Figura 4.

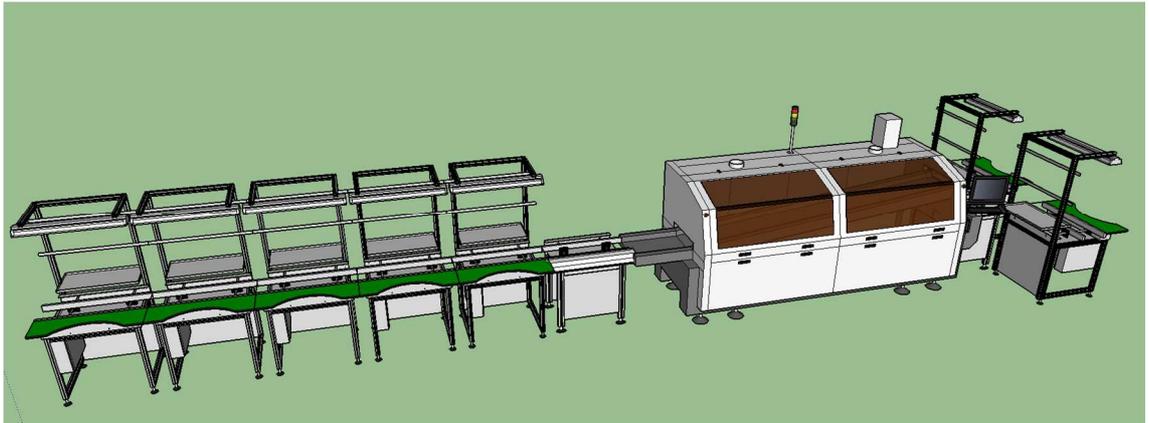
Figura 4 - Componentes PTH



Fonte: Adaptado de Learn Sparkfun (2015) e PCB 3D (2015)

A COM possui duas linhas PTH automatizadas equipadas com equipamentos de ponta, a Figura 5 ilustra uma linha PTH contendo os postos de inserção, máquina de solda onda e os postos de revisão.

Figura 5 - Linha PTH

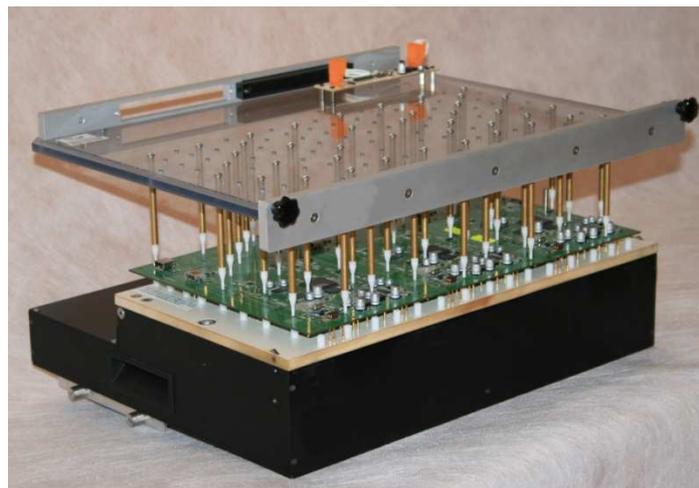


Fonte: Elaborado pelo autor

#### 5.1.4 Testes

Todos os testes utilizados nos produtos da COM são desenvolvidos pela própria empresa, assegurando qualidade ao produto. Os testes são executados em diversas etapas do processo produtivo, todas as placas são testadas individualmente e após a montagem, quando mais de uma placa é agregada para formar um produto são realizados novos testes para garantir a qualidade do sistema como um todo. A Figura 6 ilustra o teste de uma placa utilizando um dispositivo de cama de agulhas.

Figura 6 - Sistema de testes



Fonte: Equip Test (2015)

### 5.1.5 Montagem

Na área de montagem, placas, painéis gabinetes e parafusos se unem para formar os produtos da empresa (Figura 7). Os processos de montagens são manuais, executado por operadores com o auxílio de ferramentas e instruções de montagem.

Figura 7 - Produtos COM



Fonte: Adaptado de COM

### 5.1.6 Embalagem

No processo de embalagem da empresa os produtos são embalados em caixas individuais e caixas coletivas de acordo com a especificação do produto. Cada pedido de venda pode possuir uma especificação diferente de acordo com cada cliente, normalmente os produtos são colocados em *pallets* e expedidos ao seu destino.

## 6 PROCESSOS DE MANUFATURA CONTEMPLADOS PELA IMPLEMENTAÇÃO DO MES

O sistema foi desenvolvido para contemplar as especificidades de cada setor, sem gerar sistemas específicos para cada área da manufatura, assim todas as áreas foram atendidas com o mesmo nível de serviço.

O Quadro 3 demonstra as funcionalidades que foram planejadas de acordo com as onze funcionalidades do modelo MESA.

Quadro 3 - Funcionalidades MESA

Funcionalidades Planejadas	Funcionalidade Implementada
Gerenciamento dos recursos de produção	Sim
Programação detalhado de operações	Sim
Expedição de unidades de produção	Sim
Controle de documentos	Não
Coleta, aquisição e centralização de dados	Sim
Gerenciamento de trabalho	Sim
Gerenciamento da qualidade	Sim
Gerenciamento de processo	Sim
Gerenciamento de manutenção	Não
Rastreamento de produto ( <i>tracking</i> )	Sim
Análise de desempenho	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor

### 6.1 Evolução da Implementação

O projeto teve início no final de 2012 com a escolha da equipe de especificação e desenvolvimento, foi formada uma equipe multifuncional que pesquisou as soluções existentes no mercado, visitou outras indústrias eletrônicas e de outros ramos. Após um mapeamento detalhado, definiu o conceito do sistema e suas principais funcionalidades.

Identificados durante o mapeamento como pontos que proporcionariam maiores benefícios para a empresa, as funcionalidades ligadas a conformidade, qualidade e rastreabilidade foram priorizadas no projeto, gerando uma solução personalizada que atenda as necessidades da empresa.

Em 2013 as primeiras versões do sistema foram lançadas, iniciando pelos processos de cadastros, que foram divididos em cadastro de postos (etapas produtivas que seriam apontadas na produção) e cadastro de fluxos produtivos (roteiro que um produto deve passar pela manufatura).

Em 2014 a introdução de um novo produto permitiu que o sistema fosse aplicado a uma linha dedicada em um ambiente controlado. Apesar de o produto ter um processo mais simples que os demais produtos da empresa, a quantidade produzida era muito maior, o que permitiu testar o sistema com elevadas taxas de processamento.

A fase final de implementação do sistema ocorreu em Janeiro de 2015, data em que todos os produtos da empresa passaram a ser produzidos utilizando o

sistema. No momento as equipes de desenvolvimento ainda estão trabalhando em relatórios e indicadores visando extrair cada vez mais informações do sistema.

## 6.2 Estrutura do Sistema

Visando segmentar as distintas etapas de desenvolvimento em fases, de acordo com o mapeamento e priorização do projeto, o sistema foi dividido em três etapas, cadastro de postos, cadastro de fluxos produtivos e apontamento de produção, que são elucidados a seguir.

### 6.2.1 Cadastro de Postos

O cadastro de postos foi estruturado seguindo uma estrutura de Posto Pai e Posto Filho, por exemplo, para a área PTH foi criado o Posto Pai 'PTH' e os postos filhos 'Inserção', 'Solda Onda' e 'Revisão de Solda', conforme demonstrado na Figura 8.

Figura 8 - Tela de cadastro de postos

Posto	Ativo?	Permite Baixa?	Permite Parada?	Posto de Setup?
[-] SMT	Sim	Sim	Sim	Não
[-] PTH	Sim	Sim	Sim	Não
PTH - Pré Inserção	Sim	Não	Não	Não
PTH - Inserção	Sim	Não	Sim	Sim
PTH - Solda Manual	Sim	Não	Sim	Sim
PTH - Revisão de Solda	Sim	Sim	Sim	Não
PTH - Solda Onda	Sim	Não	Não	Não
[-] Revisão/Complementação	Sim	Sim	Sim	Não
[-] Teste de Fábrica	Sim	Não	Não	Não
[-] Montagem Final	Sim	Não	Não	Não
[-] CTA	Sim	Não	Não	Não
[-] Embalagem	Sim	Sim	Não	Não
[-] Analise de Falha	Sim	Não	Não	Não
[-] Raio-X	Sim	Não	Não	Não
[-] Inspeção Amostral de Produto	Sim	Não	Não	Não
[-] Pre Estoque	Sim	Não	Não	Não
[-] Pesquisa	Sim	Não	Sim	Não
[-] Integração	Sim	Não	Sim	Não

Fonte: Elaborado pelo autor

No cadastro de postos são definidas as características que diferenciam os postos, mas são comuns aos produtos que por ele passam. O Quadro 4 contém algumas funcionalidades que podem ser configuradas no cadastro de postos.

Quadro 4 - Configuração de Postos

Baixa de matéria-prima	Indica o posto filho que serve como gatilho para efetuar as baixas dos componentes utilizados no setor, normalmente é o último posto filho do setor.
Permite parada	Habilita a funcionalidade de paradas de produção, se esta opção foi aplicável ao posto, a lista de paradas em produção deve ser preenchida, assim apenas paradas pertinentes a etapa produtiva serão disponibilizados aos usuários.
Posto de inspeção	Habilita a funcionalidade de Inspeção Amostral de Produtos (IAP).
Posto de <i>setup</i>	Se esta opção for marcada o posto obrigatoriamente exigirá que a matéria-prima utilizada no posto seja lançada no sistema, permitindo a rastreabilidade da matéria-prima.
Informa falhas	Esta opção é utilizada para caracterizar os postos de inspeção na linha de produção, se esta opção for aplicável ao posto, a lista de categoria de falhas deve ser preenchida, permitindo aos usuários incluir apenas falhas pertinentes a etapa produtiva.
Corrige falhas	Esta opção permite que o usuário do posto corrija as falhas cadastradas para o produto.
Analisa falhas	Opção que habilita ao usuário corrigir falhas incluídas pelo sistema de testes.
Linhas de produção	É possível configurar quais linhas de produção existem no posto.
Posto de embalagem	Habilita funções específicas de embalagem.
Usuários	Cadastro dos usuários habilitados a utilizar o posto.

Fonte: Elaborado pelo Autor

### 6.2.2 Cadastro de Fluxos Produtivos

No cadastro de fluxo produtivo é detalhado o caminho que o equipamento deve percorrer dentro da fábrica. Este cadastro contempla as características dos produtos nos postos. A Figura 9 apresenta o fluxo produtivo de um MODEM produzido na empresa COM.

Figura 9 - Tela de cadastro de fluxos produtivos

Código: 600.1000.02 Material: MODEM ROTeador ADSL

Validade: Data inicial: 22/09/2015 Data final:

Observação:

Legendas Postos: Obrigatório (Inativo), Não Obrigatório (Teste), Exceção (Automático), Inspeção (Amostral)

Importar Etapas Linhas Montagens

Etapa	Posto	Obrigatório?	Exceção?	Vincula?	Tipo Etiqueta	Qtde. Embalagem	Qtde. Recursos	Meta Produção (pc/h)	Gargalo?	E	S	Ativo?	Teste?	Automático?	Inspeção?
1	SMT - AOI OFF BOT	Não	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NENHUMA	0	1	460	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	SMT - Revisão BOT	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NENHUMA	0	1	460	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	SMT - Revisão TOP	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NENHUMA	0	1	320	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	PTH - Inserção	Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	NENHUMA	0	1	320	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	PTH - Revisão de Solda	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NENHUMA	0	1	320	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	TF - Teste 01 (ADSL)	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NENHUMA	0	2	160	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	CPL - ADSL	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Anatel	0	2	160	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	TF - Teste Final (ADSL)	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NENHUMA	0	2	160	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	MF - Embalagem Individual	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Emb. Individual	0	3	160	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	EMB - Embalagem Final (A...	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Embalagem Coletiva	10	1	160	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	AIAP - IAP	Não	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NENHUMA	0	1	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	RWK - RWK	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NENHUMA	0	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	AF - Off Line	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NENHUMA	0	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	IAP - Teste	Amostral	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	NENHUMA	0	1	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Linhas de Montagem

Linha Montagem	Qtde. Recursos	Meta Produção (pc/h)	Gargalo?	Linha Preferencial?
Inserção PTH - L4	5	320	<input type="checkbox"/>	Sim
Inserção PTH - L3	0	0	<input type="checkbox"/>	Não
Inserção PTH - L2	0	0	<input type="checkbox"/>	Não
Inserção PTH - L1	0	0	<input type="checkbox"/>	Não

Fechar Log

Fonte: Elaborado pelo autor

Além da ordem de montagem o cadastro de fluxo inclui algumas informações e configurações conforme descritas no Quadro 5.

Quadro 5 - Configurações do Cadastro de Fluxo

Meta	Permite o cadastro da quantidade de unidades que deve ser produzida do produto por hora pelo posto.
Recurso	Quantidade de recursos (pessoas) necessários para atingir a meta.
Etiqueta	Funcionalidade que permite a escolha prévia do tipo de etiqueta que será impressa quando o produto for apontado no posto. Ao preencher este campo o controle de impressão é ativado no sistema.
Quantidade de embalagem	Indica a quantidade que deve ser incluída em uma embalagem coletiva.
Tipo de posto	Disponibiliza as opções: Obrigatório, Não Obrigatório e Exceção.
Linha preferencial	Indica que a linha de montagem é preferencial em relação as outras.
Gargalo	Indica que o posto é gargalo.

Fonte: Elaborado pelo autor

Cada produto possui um fluxo produtivo padrão cadastrado, assim como suas subpartes. Sempre que uma nova ordem de produção é iniciada na produção é gerada uma cópia do fluxo padrão que passa a pertencer a ordem de produção, o que permite a rastreabilidade de processo. Pois, caso o fluxo padrão seja alterado em algum momento o fluxo da ordem de produção permanecerá.

### 6.2.3 Apontamento

O ambiente de apontamento de produção foi desenvolvido para que os operadores tenham acesso as principais informações do sistema sem a necessidade de sair da tela de apontamento. O método de aquisição de dados foi escolhido de acordo com a característica dos produtos da empresa e seus processos.

Os operadores, ao se registrarem no sistema tem acesso apenas aos postos em que estão treinados e cadastrados, quando o posto é selecionado o sistema carrega as funcionalidades parametrizadas para o mesmo.

Após o *login* no posto o sistema permite o apontamento de produção utilizando leitores de código de barras, o operador não precisa selecionar o produto ou a ordem de produção em que está trabalhando, pois o código de barras já traz estas e outras informações. Ao efetuar a leitura do código de barras o sistema disponibiliza diversas informações aos usuários, como, meta, etapas do fluxo produtivo, histórico do produto e o histórico dos últimos trinta apontamentos do posto, utilizando um código de cores para facilitar a visualização, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Tela de Apontamento

Apontamento

Nro. Série / MAC do produto: 0054830003105587

0054830003105587  
Próxima etapa: Teste 01

Nro. da OP: 70287028 Lote: 1 Nro. de Série: 3105587 Qtd. da OP: 26296

Produto Final: 600.1000.02 - MODEM ROTEADOR ADSL

Sub-produto: PCI - MODEM ROTEADOR ADSL

PCI: 204.1000.02 - MODEM ROTEADOR ADSL

**Informações do Posto**  
Usuário: CRISTIAN.SILVA  
Posto: PTH - Revisão de Solda  
Linha: Solda Onda 02  
Data: 28/09/2015 08:15  
Status da Linha:  
**Linha OK**

**Peças Por Hora**  
Tempo Restante: 44:08 Meta: 320 Realizado: 40

Status na Etapa	Status	Nro. de Série	Cód. Produto	Descrição	OP	Lote	Data/Hora	E/S	Usuário	Observação	Material Vinculado	Nro.
Sem falhas	Sem falhas	3105587	600.1000.02	Modem roteador ADSL	OP	7028	1 28/09/2015 09:15:17	S	CRISTIAN.SILVA			
Sem falhas	Sem falhas	3108621	600.1000.02	Modem roteador ADSL	OP	7028	1 28/09/2015 09:14:54	S	CRISTIAN.SILVA			
Sem falhas	Sem falhas	3108623	600.1000.02	Modem roteador ADSL	OP	7028	1 28/09/2015 09:14:29	S	CRISTIAN.SILVA			
Sem falhas	Sem falhas	3105600	600.1000.02	Modem roteador ADSL	OP	7028	1 28/09/2015 09:14:10	S	CRISTIAN.SILVA			
Sem falhas	Sem falhas	3105599	600.1000.02	Modem roteador ADSL	OP	7028	1 28/09/2015 09:13:54	S	CRISTIAN.SILVA			
Sem falhas	Sem falhas	3106540	600.1000.02	Modem roteador ADSL	OP	7028	1 28/09/2015 09:13:36	S	CRISTIAN.SILVA			
Sem falhas	Sem falhas	3106532	600.1000.02	Modem roteador ADSL	OP	7028	1 28/09/2015 09:13:10	S	CRISTIAN.SILVA			
Sem falhas	Sem falhas	3106531	600.1000.02	Modem roteador ADSL	OP	7028	1 28/09/2015 09:12:45	S	CRISTIAN.SILVA			
Sem falhas	Sem falhas	3108639	600.1000.02	Modem roteador ADSL	OP	7028	1 28/09/2015 09:12:32	S	CRISTIAN.SILVA			
Sem falhas	Sem falhas	3108980	600.1000.02	Modem roteador ADSL	OP	7028	1 28/09/2015 09:12:13	S	CRISTIAN.SILVA			
Sem falhas	Sem falhas	3105603	600.1000.02	Modem roteador ADSL	OP	7028	1 28/09/2015 09:11:55	S	CRISTIAN.SILVA			
Sem falhas	Sem falhas	3105604	600.1000.02	Modem roteador ADSL	OP	7028	1 28/09/2015 09:11:44	S	CRISTIAN.SILVA			
Sem falhas	Sem falhas	3105375	600.1000.02	Modem roteador ADSL	OP	7028	1 28/09/2015 09:11:30	S	CRISTIAN.SILVA			
Sem falhas	Sem falhas	3108426	600.1000.02	Modem roteador ADSL	OP	7028	1 28/09/2015 09:11:11	S	CRISTIAN.SILVA			

Fonte: Elaborado pelo autor

O sistema faz diversas validações antes de permitir o apontamento, caso alguma validação não ocorra a contento o sistema informa o operador sobre o problema. Cada interação com o sistema gera um *log*, os *logs* gerados pelas validações podem ser utilizados para melhorar os processos, telas de apontamento e reforçar treinamentos sobre o uso do sistema.

## 6.3 Relatórios e Indicadores

O sistema por meio de um portal na intranet disponibiliza uma série de relatórios e indicadores *on-line* e *off-line* para suprir de informações os gestores da manufatura. Como exemplo serão descritos neste artigo dois indicadores gerados pelo sistema, o *Firt Pass Yield (FPY)* e *Work In Process (WIP)*

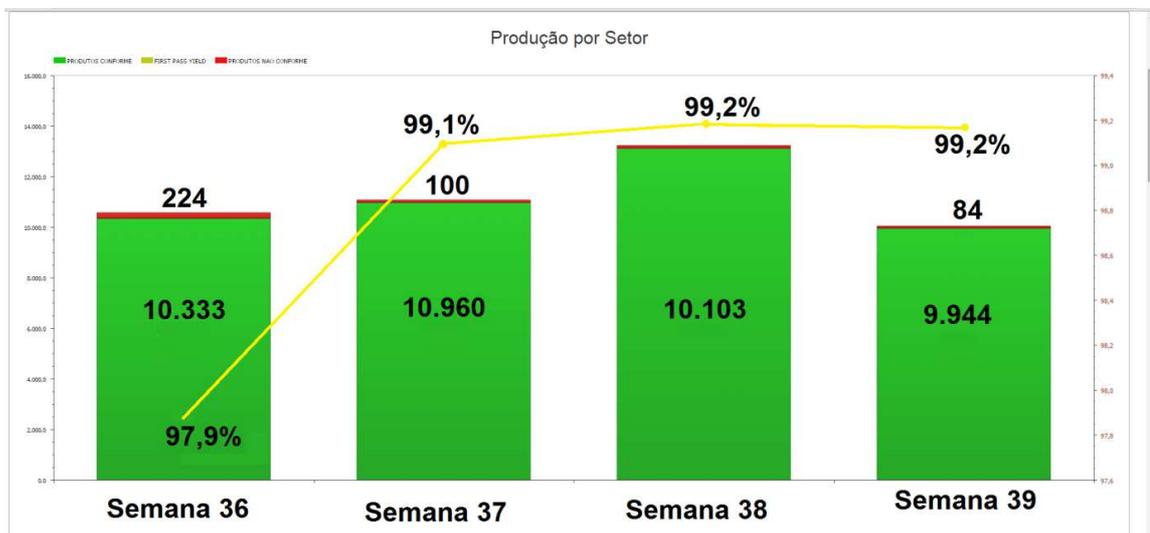
### 6.3.1 Firt Pass Yield (FPY)

Este relatório é uma ferramenta inteligente que foi desenvolvida para permitir o monitoramento e análise dos índices de qualidade de forma extremamente rápida e *on-line*, sem a necessidade de levantamento e manipulação dos dados por parte dos usuários. O FPY representa o índice de rendimento de primeira passagem dos produtos pelas etapas produtivas (FPY= produtos ok/quantidade total), ou seja,

apenas produtos que não apresentem nenhum tipo de falha são considerados como produto ok. Além de apresentar o índice de qualidade do setor, ou dos setores ele fornece algumas análises prontas para auxiliar a tomada de decisão das áreas. O relatório está dividido em 4 níveis: FPY Nível 1, FPY Nível 2, FPY Nível 3 e FPY Nível 4.

No FPY Nível 1 é possível especificar quais dados o indicador deve apresentar, são disponibilizadas diversas opções de filtros que podem especificar ou generalizar os dados a serem consultados. É possível escolher um produto que está sendo montado em uma determinada etapa produtiva e acompanhar o indicador *on-line*, assim como é possível apresentar os dados gerais de um mês para análise gerencial da manufatura. Dentre as opções de filtro do Nível 1 estão: Área, Periodicidade (horário, diário, semanal e mensal), Data Inicial e Data Final, Produto, Ordem de Produção, Família de Produtos e Linha de Montagem. A Figura 11 apresenta o indicador referente as semanas 36 a 39 da área SMT, as barras são divididas em verde (produtos ok) e Vermelho (produtos com ao menos uma falha, nok), e a linha amarela representa o FPY ao longo das semanas de produção.

Figura 11 - PFY Nível 1



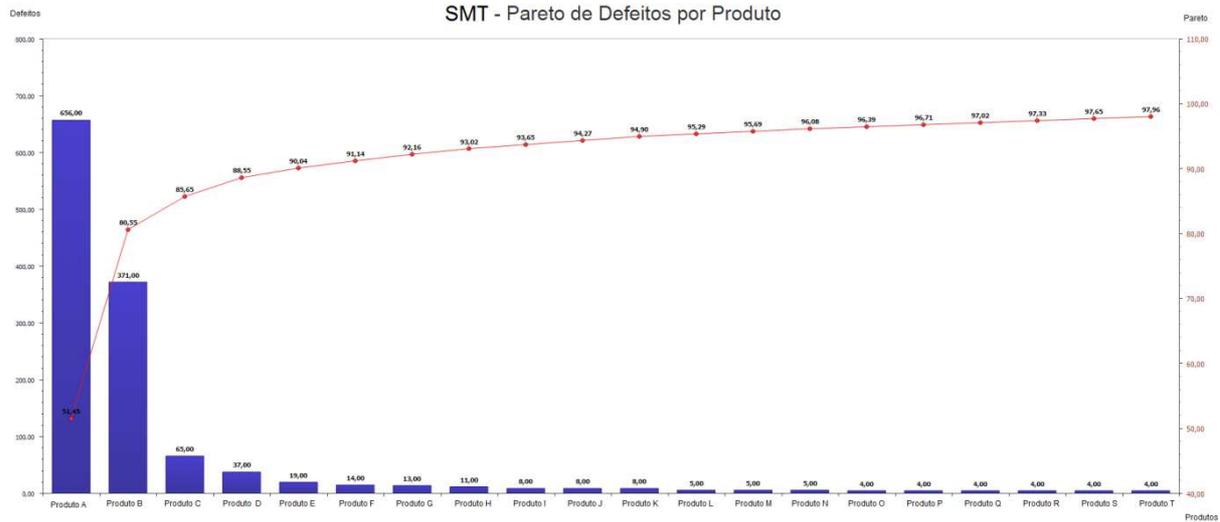
Fonte: Elaborado pelo autor

No FPY Nível 2 deve-se escolher qual a opção de estratificação dos defeitos do Nível 1 o relatório deve seguir, existem 4 opções:

- Produto-> Defeito-> Localização
- Defeito-> Produto-> Localização
- Componente-> Produto-> Defeito
- Componente-> Produto-> Localização

O relatório apresenta um diagrama de Pareto de acordo com a opção de estratificação selecionada, conforme apresentado na Figura 12, onde foi selecionada a opção Produto-> Defeito-> Localização, o relatório apresentou os 20 produtos com maior quantidade de defeitos registrados, classificados de forma decrescente.

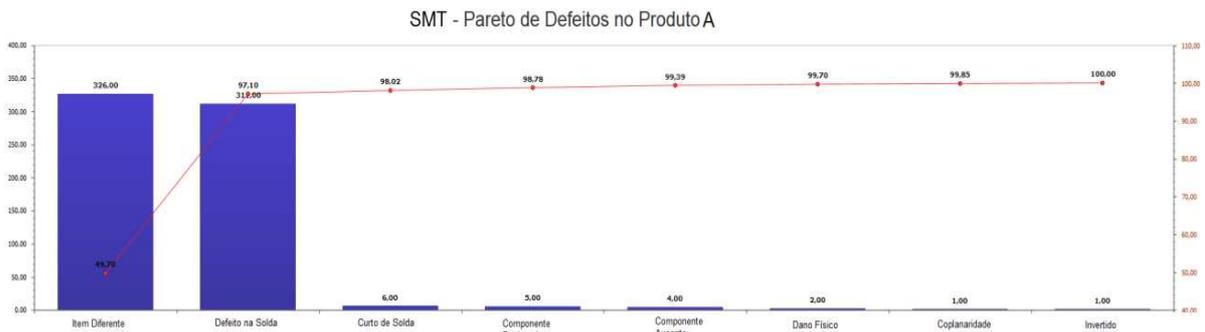
Figura 12 - FPY Nível 2



Fonte: Elaborado pelo autor

No FPY Nível 3 o relatório permite a escolha (clcando na barra com o mouse) de uma das barras para a estratificação (de acordo com a opção selecionada no nível 2), ou seja, se for selecionado o 'Produto A' no nível 2 o relatório apresentará mais um diagrama de Pareto filtrando e classificando os defeitos do produto. Por exemplo, a Figura 13 demonstra os defeitos registrados para o Produto 'A'.

Figura 13 - FPY Nível 3

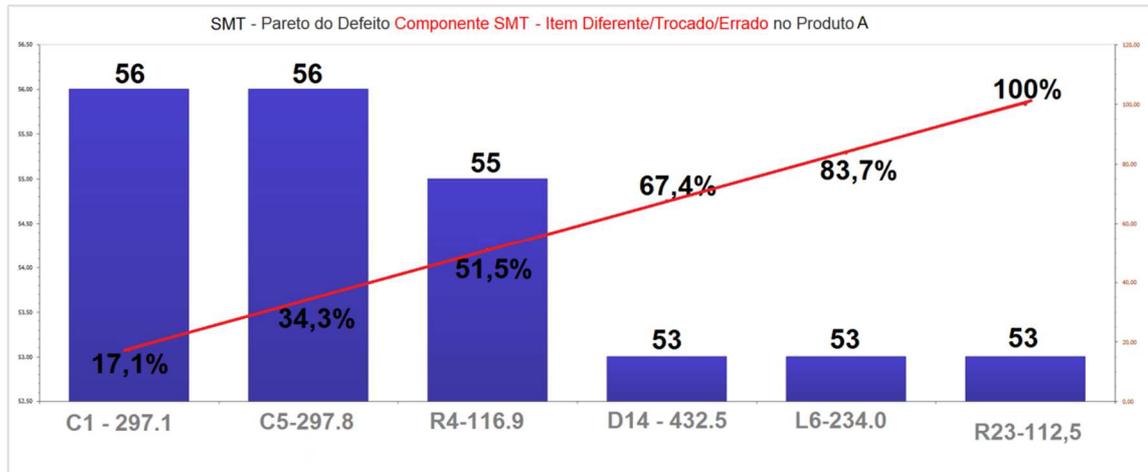


Fonte: Elaborada pelo autor

No FPY Nível 4 o relatório permite a escolha (clcando na barra com o mouse) de qualquer barra do Nível 3 para mais uma estratificação, no exemplo da Figura 14, como foi escolhida a opção Produto-> Defeito-> Localização no Nível 2, o último nível corresponde as localizações e códigos dos componentes (ex. Resistor R1 Cód

123) montados nas placas na área SMT com tipologia de defeitos correspondentes a escolha no Nível 3.

Figura 14 - FPY Nível 4



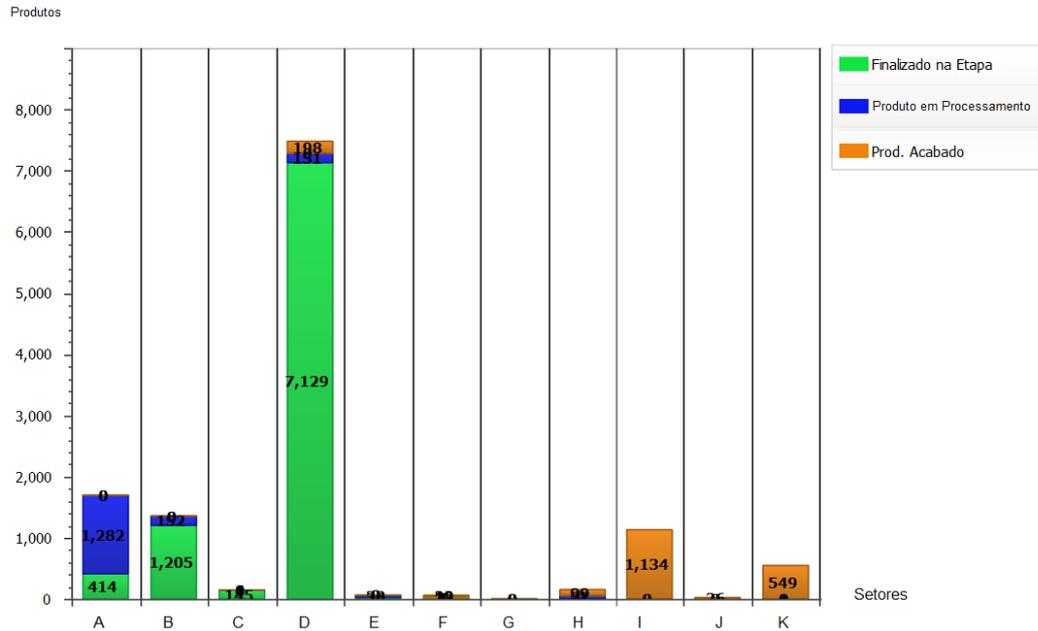
Fonte: Elaborado pelo autor

Este indicador é capaz de atender demandas pontuais, para produtos ou processos específicos ou globais, apresentando informações gerenciais sobre o nível de qualidade da manufatura. Se for selecionado o período de 30 dias de todos os setores e produtos, o sistema chega a pesquisar mais de 1 milhão de registros para formar o indicador, e com o MES estas informações são geradas em segundos ou no máximo alguns minutos.

### 6.3.2 Work In Process (WIP)

O indicador de *Work In Process* (WIP) fornece informações sobre a quantidade de produtos e subprodutos nas áreas da manufatura, o indicador é instantâneo e tira uma foto da produção no momento que é atualizado. Na figura 15 pode-se verificar as quantidades de produtos em cada setor, distinguindo os produtos em processamento dos finalizados na etapa e os produtos acabados.

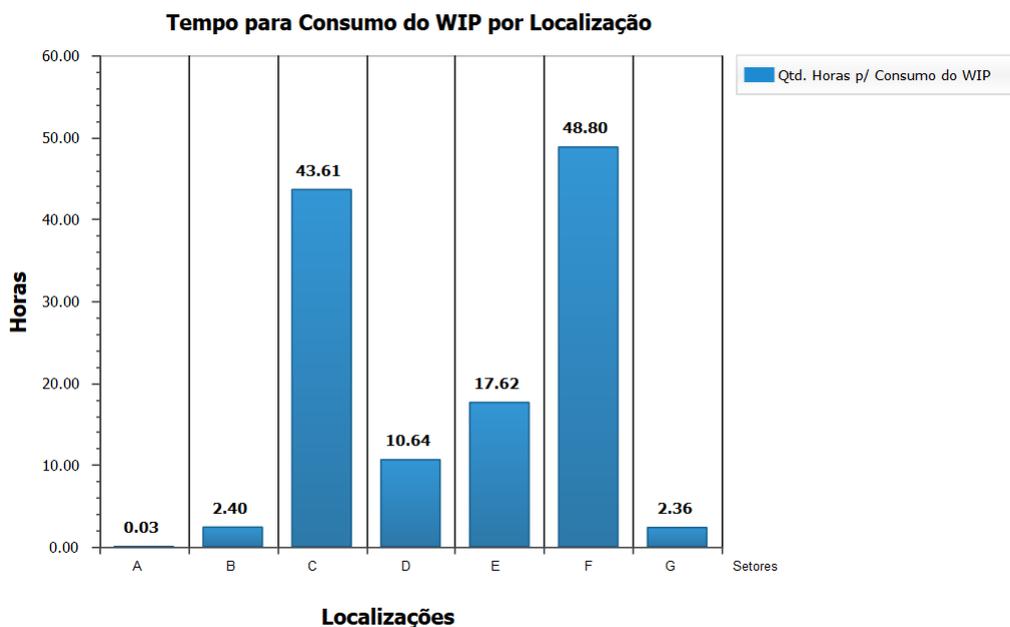
Figura 15 - WIP dos setores A a K



Fonte: Elaborado pelo autor

Além de informar e detalhar as quantidades que se encontram em cada setor, o sistema calcula a quantidade de trabalho que as unidades finalizadas representam em suas próximas etapas, de acordo com o fluxo produtivo cadastrado, conforme apresentado na Figura 16. Estas informações podem ser utilizadas pelo PCP, Manutenção e outros interessados para tomar decisões rápidas na manufatura, minimizando os impactos.

Figura 16 - Tempo para consumo do WIP



Fonte: Elaborado pelo autor

## 7. APRESENTAÇÃO DOS DADOS COLETADOS

Este capítulo apresenta o resultado dos dados coletados conforme descrito na seção 3.2.

### 7.1 Benefícios da implementação do MES

O Quadro 6 foi utilizado para avaliar o projeto comparando as onze funcionalidades do modelo MESA com o sistema desenvolvido. Os *sponsors* e equipe do projeto avaliaram cada item dando a seguinte pontuação, 0 - Não Atende, 1 - Atende Parcialmente, 2 - Atende e 3 - Atende Plenamente.

Quadro 6 - Avaliação do projeto

Funcionalidades (Mesa Model)	Média	Observações
Gerenciamento dos Recursos de produção	1,8	Falta comunicar com algumas máquinas da manufatura.
Programação detalhado de operações	1,8	A empresa não implementou a funcionalidade de sequenciamento da produção e alguns indicadores dependem disto.
Expedição de unidades de produção	2,3	Alguns dados estão disponíveis mas ainda não possuem tratamento.
Controle de documentos	0,9	Funcionalidade não implementada.
Coleta, aquisição e centralização de dados	2,5	Falta comunicar com algumas máquinas da manufatura.
Gerenciamento de trabalho	1,7	Falta de interface com o sequenciamento de produção.
Gerenciamento da qualidade	2,1	-
Gerenciamento de processo	2,3	-
Gerenciamento de manutenção	1,5	O sistema controla apenas as paradas na produção.
Rastreamento de produto ( <i>tracking</i> )	2,6	-
Análise de desempenho	2,0	Faltam informações referentes as funcionalidades não desenvolvidas para gerar alguns indicadores.

Algumas funcionalidades não atendem os requisitos do modelo MESA porque não foram planejados no processo como as funcionalidades relativas ao controle de documentos e gerenciamento da manutenção, já outras funcionalidades não atendem completamente as expectativas pela falta de um módulo de

sequenciamento de produção, tal módulo não existe no sistema ERP e a empresa optou pelo desenvolvimento após a implementação inicial do MES.

Dezoito funcionários responderam a seguinte pergunta: Para os itens relacionados responda qual foi o seu nível de percepção de melhoria, sendo 0 – Nenhum, 1- Pouco, 2 – Médio e 3 – Grande. O Quadro 7 contém o resultado médio das respostas.

Quadro 7 - Percepção dos benefícios da implementação

<b>Itens</b>	<b>Percepção dos Benefícios</b>
Relatórios <i>Online</i>	2,7
Indicadores	2,6
Controle das atividades	2,1
Fluxo produtivo	2,7
Flexibilidade	1,9
Autonomia	2,0
Velocidade nas decisões	2,3
Confiabilidade dos dados	2,7
Qualidade	2,5
Produtividade	1,8
Apontamento	2,7
Rastreabilidade	2,7
Controle das paradas de produção	2,4
Setup	1,6
Gestão Visual	2,1
Redução de Retrabalhos	1,8

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme o resultado dos dados coletados, é possível observar que em pouco tempo de projeto os colaboradores já conseguem perceber os benefícios da implementação do sistema.

Outra questão importante, que não foi incluída no questionário, é a redução de tempo necessário para efetuar as análises por parte das engenharias e equipes

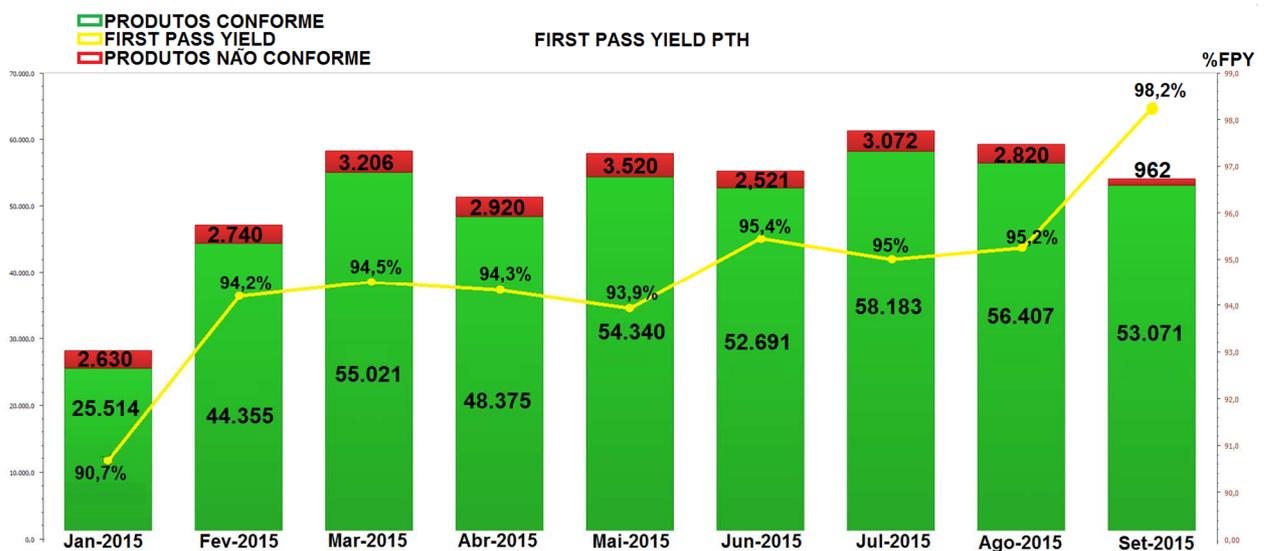
de apoio, além da vasta disponibilidade de dados confiáveis que o sistema disponibiliza, o próprio sistema fornece análises prontas em indicadores e relatórios interativos disponíveis na intranet.

A quantidade de dados analisados é muito grande, antes da implementação do sistema uma simples pesquisa sobre um determinado problema na produção levava horas e até dias, eram necessários levantamentos, planilhas e até acompanhamento do problema *in loco* para coletar os dados. Atualmente as análises e pesquisas são geradas em segundos ou minutos. Se efetuarmos uma pesquisa de todos os apontamentos do ano necessários para gerar o indicador de FPY de todos os setores o resultado será disponibilizado em pouco mais de 9 minutos, mesmo o sistema necessitando consultar mais de 5 milhões de registros no banco de dados.

No estudo, não foi possível evidenciar uma melhora nos indicadores da empresa estudada em comparação com o período anterior a implementação, pois os dados não eram contabilizados com as mesmas regras, além da baixa confiabilidade nos dados.

Na Figura 17 é evidenciada uma incremental melhora no FPY do PTH, além de uma tendência crescente, porém não é possível atribuir a melhora nos resultados a implementação do sistema, visto que muitas ações podem ter impactado na performance do indicador, mesmo o sistema contribuindo para que estas ações sejam realizadas com maior facilidade e velocidade.

Figura 17 - First Pass YIELD PTH



Fonte: Elaborado pelo autor

## **7.2 Identificação de pontos fortes e de melhorias na implementação do MES**

Apesar do sistema ERP da empresa ser próprio, o que diminui os problemas de integração, algumas máquinas do chão de fábrica não disponibilizam acesso aos dados, ou por limitação da própria máquina ou por restrições do fabricante. Alguns fabricantes exigem a compra de licenças para a aquisição dos dados, é importante negociar estas licenças no momento da compra do equipamento, pois em um segundo momento os valores podem ser bem altos.

Durante o projeto foram realizadas algumas visitas a outras fábricas de diferentes ramos de atuação, o que permitiu a equipe de especificação e desenvolvimento expandir os horizontes e buscar soluções inovadoras para os problemas. A busca pela experiência dos colaboradores com mais tempo na empresa também contribuiu para o desenvolvimento do sistema.

Após os primeiros momentos da implementação, para reduzir o impacto no dia a dia dos usuários e conquistar a confiança dos mesmos, algumas melhorias propostas pelos operadores eram analisadas e implementadas em pouco tempo, garantindo a continuidade das críticas e melhorias por parte dos usuários. E com isso evitando que o sistema ficasse desacreditado e melhorando a usabilidade do sistema de forma evolutiva.

## **8 CONCLUSÕES**

A partir do objetivo deste trabalho, que era analisar os benefícios que o uso da TI pode trazer para as empresas, tendo como base a implementação do sistema MES em uma indústria de manufatura eletrônica, foi possível perceber que, o uso das tecnologias no dia a dia das empresas de manufatura, permite aumentar o entendimento da operação e facilita a execução das atividades do cotidiano. Além das automações que estão cada vez mais presentes no chão de fábrica, permitindo a produção de equipamentos cada vez menores, com maior velocidade e repetibilidade, a aquisição de informações dos processos produtivos é de suma importância para auxiliar nas tomadas de decisões e manter o controle das operações de manufatura.

Atualmente, com a globalização e concorrência entre empresas ao redor do mundo, a existência das organizações depende da eficiência de suas operações,

gastando apenas o necessário, reduzindo desperdícios e buscando novos produtos e mercados. Os sistemas de informações são uma parte importante disto, pois permitem chegar a resultados satisfatórios com um esforço menor.

O estudo de caso da empresa COM apresentou diversos benefícios que foram obtidos com a implementação de um sistema MES. Apesar de algumas informações estarem limitadas neste trabalho devido a questões de confidencialidade, é notório o incremento do controle das atividades, confiabilidade das informações e flexibilidade, permitindo a empresa melhorar seus processos e tomar decisões mais rápidas e assertivas, o que resulta no aumentando do nível da gestão da produção.

Quando a manufatura passa a ser vista como uma vantagem competitiva na organização, a empresa pode focar em suas estratégias, buscando novos negócios e produtos, podendo oferecer diversificação e flexibilidade ao mercado.

Quando se fala em aquisição de dados e o tratamento dos mesmos, um campo muito grande de pesquisas se abre, novas tecnologias de aquisição de dados estão cada vez mais disponíveis, e quanto mais dados disponíveis mais conhecimento pode ser gerado a partir do entendimento destes dados.

Pode-se sugerir então uma pesquisa sobre os métodos de aquisição de dados aplicados a diferentes ambientes industriais, ou pesquisar a aplicação de tratamentos automatizados dos dados, na intenção de gerar conhecimento a partir de algoritmos, com ou sem a interação com as pessoas.

## **A REVIEW OF THE IMPLEMENTATION OF THE MES SYSTEM IN AN ELECTRONIC MANUFACTURING INDUSTRY**

**Abstract:** With the evolution of technology and the constant investments made by industries in automation, seeking production efficiency, a gap is formed between the ERP systems and the machines located on the factory floor. From the 2000 onwards the MES systems are gaining space in an attempt to fill this gap. The objective of this paper is to introduce the concepts involved in developing a MES system and analyze the benefits gained by it. Based on the history of implementation and the results, the case study presented several improvements perceived by the company as well as demonstrated a differentiated approach to reporting and indicators generated by the system.

**Key-words:** MES. Shop Floor Control. MESA Model. Traceability. IT. Electronics Manufacturing. Performance Indicators. SMT. PTH. First Pass Yield.

## REFERÊNCIAS

Basso, Renato Gioielli; Laurindo, Fernando José Barbin. Tpm In The Digital Era - The Evolution Of Tpm And The Use Of Information Technology. 10th International **Conference on Information Systems and Technology Management – CONTECSI** June, 12 to 14, 2013 - São Paulo, Brazil

BRYNJOLFSSON, Erik; MCAFEE. **A segunda era das máquinas: trabalho, progresso e prosperidade em uma época de tecnologias brilhantes**. Rio de Janeiro, RJ: Alta Books, 2015

COSTA, Melina; STEFANO, Fabiane. A fabrica do futuro. **Exame** 7 Sept. 2014  
DE CARLI, Paulo Cesar; DELAMARO, Maurício César; SALOMON, Valério Antonio Pamplona. Identificação e priorização dos fatores críticos de sucesso na implantação de fábrica digital. **Prod.**, São Paulo , v. 20, n. 4, Dec. 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132010000400005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132010000400005&lng=en&nrm=iso)>. acesso em Set. 2015.

EQUIP TEST. Disponível em < <http://equip-test.com/c/test-fixtures/>>. Acesso em set 2015.

KUEHN,WOLFGANG. Digital factory – integration of simulation enhancing the product and production process towards operative control and optimization. In: **I.J. of SIMULATION** Vol. 7 No 7, Germany 2006

LAURINDO et al. – Selecionando uma Aplicação de Tecnologia da Informação com Enfoque na Eficácia. In: **Gestão & Produção** São Paulo, SP.v.9, n.3, p.377-396, dez. 2002.

LAURINDO, Fernando José Barbin.**Tecnologia da informação: planejamento e gestão de estratégias**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2008

LEARN SPARKFUN. Disponível em <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/pcb-basics/terminology>>. Acesso em set 2015.

MAXMES. **Evolução do conceito de MES**. white paper #1, Julho, 2009. Disponível em: < [http://www.maxmes.com.br/wordpress/maxmes\\_white\\_paper\\_01.pdf](http://www.maxmes.com.br/wordpress/maxmes_white_paper_01.pdf)> acesso em Setembro de 2015.

MESA International. **Collaborative manufacturing explained**. Pittsburg, Jan, 2004.

MESA International. **MES explained: a high level vision**. White paper number 6. Pittsburg, set, 1997.

NEVES, José MANOEL Souza das **Contribuições da implantação da tecnologia de informação MES – Manufacturing Execution System –para a melhoria das dimensões competitivas da manufatura** – estudo de caso Novelis Brasil Ltda. / José Manoel Souza das Neves - Guaratinguetá : [s.n.], 2011.

PCB 3D, Disponível em <<http://www.pcb-3d.com/knowledge-base/pth-dimensions>>. Acesso em set 2015.

REZENDE, Denis Alcides. **Planejamento de sistemas de informação e informática: guia prático para planejar a tecnologia da informação integrada ao planejamento estratégico das organizações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

ROBBINS, Stephen P. **Administração: mudanças e perspectivas**. São Paulo: Saraiva, 2001.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos** 2.ed. -Porto Alegre : Bookman, 2001.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE ADERENCIA DO SISTEMA AO MESA MODEL

<p>De acordo com as 11 funcionalidades propostas pela MESA <i>International</i>, em comparação com o sistema desenvolvido e implantado na empresa, preencha a pesquisa abaixo respondendo: 0- Não Atende, 1-Atende Parcialmente, 2-Atende e 3-Atende Plenamente.</p>		
Funcionalidades (Mesa Model)	Pontos	Observações
Gerenciamento dos recursos de produção		
Programação detalhado de operações		
Expedição de unidades de produção		
Controle de documentos		
Coleta, aquisição e centralização de dados		
Gerenciamento de trabalho		
Gerenciamento da qualidade		
Gerenciamento de processo		
Gerenciamento de manutenção		
Rastreamento de produto ( <i>tracking</i> )		
Análise de desempenho		
<p><b>Gerenciamento dos recursos de produção:</b> Fornece informações detalhadas ao sistema de PCP sobre os recursos como máquinas, ferramentas, paradas programadas, <i>setup</i> e WIP (<i>work in process</i>).</p>		
<p><b>Programação detalhado de operações:</b> Fornece informações sobre o que está acontecendo na área de manufatura em tempo real, disponibilizando informações para que outras camadas do sistema realizem suas tarefas, por exemplo, realimentando o plano de produção com uma nova sequência de operações.</p>		
<p><b>Expedição de unidades de produção:</b> Esta funcionalidade é responsável pelo monitoramento e controle do fluxo das atividades na manufatura. A situação das ordens de produção é disponibilizada em tempo real para os demais módulos, contendo informações detalhadas sobre os processos.</p>		
<p><b>Controle de documentos:</b> Controle de documentos pertinentes às etapas da manufatura, como instruções de montagem, desenhos e alterações de engenharia. “Todos os documentos importantes podem estar à mão a qualquer momento e podem ser arquivados ou descartados quando cumprida a sua função.”</p>		
<p><b>Coleta, aquisição e centralização de dados:</b> São os meios de aquisição de dados pelo sistema, como leitores de códigos de barras, câmeras e sensores. Os dados podem ser adquiridos manualmente, como em uma etapa de inspeção visual ou automaticamente oriundo de qualquer equipamento disponível na manufatura. Os dados coletados são armazenados no banco de dados e passam a integrar o sistema como um todo, abastecendo indicadores, relatórios e monitores de gestão a vista.</p>		

<p><b>Gerenciamento de trabalho:</b> Gerencia o material humano necessário para a confecção das tarefas envolvidas na manufatura dos produtos, controla permissões e responsabilidades específicas a cada etapa do processo produtivo assim como as horas previstas e trabalhadas pelas pessoas.</p>
<p><b>Gerenciamento da qualidade:</b> Permite o gerenciamento dos dados de qualidade em tempo real, podendo inclusive forçar uma interrupção no processo produtivo caso o nível da qualidade esteja abaixo do esperado. O MES pode disponibilizar indicadores com análises em tempo real, indicando onde é necessário atuar primeiro e indicar possíveis soluções. Em linhas de produção automatizadas o sistema pode realimentar etapas anteriores a fim de melhorar a qualidade do produto.</p>
<p><b>Gerenciamento de processo:</b> Permite o monitoramento online das ordens de produção e gerencia o consumo de matéria-prima e insumos a cada etapa executada. Inclui de alertas de qualidade ou desvios de processo, possibilita o acompanhamento e a tomada de decisão no momento em que os problemas acontecem, sem a necessidade de aguardar o final do dia para consolidar os dados. É um dos mais importantes elementos do MES.</p>
<p><b>Gerenciamento de manutenção:</b> Gerencia as paradas de produção causadas pela manutenção, sendo elas programadas ou não programadas, fornecendo dados para a análises de desempenhos, disponibilidade, MTBF e MTTR. Os equipamentos podem fornecer automaticamente os dados relativos às paradas que serão analisados alimentando o plano de manutenção e tratamento das causas raízes.</p>
<p><b>Rastreamento de produto (<i>tracking</i>):</b> Todas as etapas do processo de manufatura devem ser rastreáveis. Todos os apontamentos de produção e <i>logs</i> dos sistemas e subsistemas devem estar disponíveis para compor o histórico do produto ou processo, por exemplo, disponibilizando informações referentes à matéria-prima utilizada no produto, quais máquinas foram utilizadas e pessoas envolvidas no processo, tudo isso de forma recursiva, caso os produtos sejam subprodutos de outros processos. Também deve existir o rastreamento <i>online</i>, informando onde o produto está no momento da pesquisa, quais etapas já foram concluídas e quais estão pendentes.</p>
<p><b>Análise de desempenho:</b> Dentre os resultados mais esperados da implantação de um sistema MES estão os indicadores de desempenho, que permitem análises e comparações entre os processos e produtos de forma mais rápida e confiável. Estes indicadores estão presentes em diversos níveis hierárquicos, gerando informações consolidadas a Gerência e ao mesmo tempo informações detalhadas aos técnicos, especialistas e encarregados do chão de fábrica.</p>

**APÊNDICE - B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DAS PERCEPÇÕES DE  
MELHORIAS DO PROJETO**

<p align="center">Para os itens relacionados responda qual foi o seu nível de percepção de melhoria com a implementação do sistema MES na empresa, sendo 0 – Nenhum, 1- Pouco, 2 – Médio e 3 – Grande</p>		
Itens	Percepção dos Benefícios	Observações
Relatórios <i>online</i>		
Indicadores		
Controle das atividades		
Fluxo produtivo		
Flexibilidade		
Autonomia		
Velocidade nas decisões		
Confiabilidade dos dados		
Qualidade		
Produtividade		
Apontamento		
Rastreabilidade		
Controle das paradas de produção		
Setup		
Gestão visual		
Redução de retrabalhos		