

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**Análise da aplicação do Sistema *Andon* em  
Diferentes Ambientes de Montagem**

Autor: **Roberto Jorge Junior**

Orientador: **Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

# **Análise da aplicação do Sistema *Andon* em Diferentes Ambientes de Montagem**

Autor: **Roberto Jorge Junior**  
Orientador: **Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima**

Curso: Engenharia Mecânica  
Área de Concentração: Materiais e Fabricação

Dissertação de mestrado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 28 de julho de 2003  
S.P. - Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

J876a	<p>Jorge Junior, Roberto</p> <p>Análise da aplicação do sistema <i>Andon</i> em diferentes ambientes de montagem / Roberto Jorge Junior.--Campinas, SP: [s.n.], 2003.</p> <p>Orientador: Paulo Corrêa Lima.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.</p> <p>1. Administração fabril. 2. Automação. 3. Engenharia de produção. 4. Layout. 5. Controle de produção. I. Lima, Paulo Corrêa. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.</p>
-------	--

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

# **Análise da aplicação do Sistema *Andon* em Diferentes Ambientes de Montagem**

Autor: **Roberto Jorge Junior**  
Orientador: **Dr. Paulo Corrêa Lima**

---

**Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima, Presidente  
UNICAMP**

---

**Prof. Dr. Antônio Batocchio  
UNICAMP**

---

**Prof. Dr. Felipe A. Calarge  
UNIMEP**

Campinas, 28 de julho de 2003

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho a minha noiva Luciana e aos meus pais.

## **Agradecimentos**

Primeiramente a Deus, por me fazer acreditar e ter fé que mais esse desafio seria possível.

A minha noiva Luciana pelo carinho, amor e paciência e por ter me ajudado muito nas horas difíceis. Obrigado Lu, você está no meu coração!

Aos meus pais pela fé e paciência. Nunca me esquecerei do apoio de vocês.

Ao Prof. Paulo Lima pela orientação dentro e fora da Universidade. E por ter me ajudado a superar esse e outros desafios. Muito obrigado Paulo!

Aos meus companheiros de Taktica, pela profunda troca de experiência, especialmente Gustavo, Carlos, Cléber e Nilton.

Ao Cláudio Vecchiato da Ford Taubaté pelas contribuições. À Priscila Sampaio e Valmir da Visteon pela oportunidade cedida para visita a fábrica e ao José Bonifácio da WEG. Ao pessoal da Ford São Bernardo. Muito obrigado. Vocês contribuíram muito!

Aos meus colegas, amigos e familiares. E aos professores do DEF pelos importantes ensinamentos.

WHEN YOU HAVE A PROBLEM, STOP!.... LET'S GO TO SEE IT!

Toyota Kentucky

## Resumo

JORGE JR., Roberto, *Análise da aplicação do Sistema Andon em Diferentes Ambientes de Montagem*, Campinas,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 100p. Dissertação (Mestrado)

Este trabalho evidencia a importância em definir regras para guiar o processo de tomada de decisão num ambiente de trabalho através de um melhor método e um trabalho padrão organizado. Com estes requisitos é possível utilizar o Sistema *Andon* que tem por objetivo buscar a estabilidade do processo e detectar imediatamente problemas que geram distúrbios no fluxo produtivo, bem como ser uma ferramenta sistêmica que auxilia no processo de melhoria. São definidas as funcionalidades do Sistema *Andon* e avaliadas em quatro ambientes de montagem distintos. Baseado na metodologia desses requisitos de funcionalidades são sugeridas propostas de melhoria a esses ambientes para que o Sistema *Andon* de cada linha de montagem atenda as características desejadas, satisfaça os requisitos e seja mais bem utilizado.

### *Palavras-Chave*

*Andon, Takt Time, Jidoka, Pacemaker, Identificação e Solução Imediata de Problemas*



## **Abstract**

JORGE JR., Roberto, *Análise da aplicação do Sistema Andon em Diferentes Ambientes de Montagem*, Campinas,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 100p. Dissertação (Mestrado)

This work makes evident the importance to set rules to guide the decision process in the work environment through a better method and a standard work. With this requirements it is possible to use *andon* system which has a goal to get process stability and detect immediately problems that disturb the productive flow, as well as to be a systemic tool that assist in the improvement process. The *Andon* system function requirements are defined and they are evaluated into four different assembly environments. Based on methodology of this requirements, proposals are suggested at this assembly environments so that the *Andon* System can satisfy the requirements and can be better used in each assembly line.

## *Key Words*

Andon, Takt Time, Jidoka, Pacemaker, Identify and solve problems immediately

## Índice

Lista de Figuras .....	iii
Lista de Tabelas.....	v
Lista de Gráficos .....	vi
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>1</b>
Introdução.....	1
1.1    Objetivos do Trabalho:.....	3
1.2    Metodologia da Pesquisa:.....	3
1.3    Conteúdo do Trabalho:.....	3
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>5</b>
A Manufatura Enxuta E Os Principais Conceitos Lean: .....	5
2.1    Características do <i>Lean Manufacturing</i> : .....	7
2.2    Os Pilares do Sistema Toyota: .....	9
2.2.1.    O Pilar Just in Time:.....	9
2.2.2.    O Pilar JIDOKA ou Autonomia: .....	10
2.3    O Conceito de Trabalho Padrão: .....	15
2.4    Exemplo de Aplicação dos Conceitos da Manufatura Enxuta: .....	21
2.5    Considerações Finais:.....	25
<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>26</b>
Sistemas de Supervisão: .....	26
3.1.    Definição de Sistema de Supervisão: .....	27
3.2.    Características Técnicas de Instalação: .....	28
3.2.1.    Arquitetura: .....	28
3.2.2.    Protocolo de Comunicação: .....	30
3.2.3.    Estrutura do Sistema e Aquisição de Dados: .....	30
3.3.    Monitoramento em Células de Usinagem:.....	32
3.3.1.    Entendimento da situação adversa e necessidade de monitoramento: .....	32
3.3.2.    O Sistema: .....	33
3.3.3.    Viabilidade Econômica: .....	36
3.3.4.    Características do Sistema:.....	36
3.4.    Definição e descrição do Sistema <i>Andon</i> : .....	37
3.4.1.    Arquitetura, Estrutura e Comunicação:.....	40
3.4.2.    Características e Dados a serem monitorados pelo Sistema Andon: .....	41
3.4.3.    Um Exemplo de Aplicação do <i>Andon</i> na Estamparia da Ford: .....	44
3.4.4.    O Sistema <i>Andon</i> nas Linhas da Toyota: .....	46
3.4.5.    Funcionalidades do <i>Andon</i> : .....	51
3.5.    Considerações Finais sobre a Importância do <i>Andon</i> num Sistema de Produção Lean:.....	57
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>59</b>
Aplicação do Sistema <i>Andon</i> num Ambiente <i>Lean</i> :.....	59
4.1.    Linha de Montagem de Avanço Contínuo – Toyota Kentucky .....	59

4.2.	Ambientes de Montagem Visitados .....	61
4.2.1.	Linha de Montagem de Avanço Contínuo e Constante: .....	61
4.2.2.	Linha de Montagem de Giro Automático e transferência ao final de cada ciclo: .....	68
4.2.3.	Linha de Montagem Palletizada com transferência do produto via código de liberação do <i>pallet</i> : .....	73
4.2.4.	Linha de Montagem Manual com Transferência manual do produto: .....	79
4.3.	Linha de Montagem Toyota e Ambientes de Montagem Analisados .....	82
4.4.	Propostas .....	84
4.4.1.	Recomendações para a Linha de Montagem de Veículos: .....	85
4.4.2.	Recomendações para a Linha de Montagem de Giro Automático: .....	87
4.4.3.	Recomendações para a Linha de Montagem Palletizada: .....	88
4.4.4.	Recomendações para a Linha de Montagem Manual: .....	90
4.5.	Comentários e Considerações Finais: .....	91
<b>Capítulo 5</b>	.....	<b>93</b>
	Conclusão e Recomendações: .....	93
	Referências Bibliográficas .....	95
	Bibliografia Consultada.....	99

## **Lista de Figuras**

<b>FIGURA 2.1: OS SETE DESPERDÍCIOS.....</b>	<b>6</b>
<b>FIGURA 2.2: OS PILARES DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>FIGURA 2.3: O SISTEMA KANBAN .....</b>	<b>9</b>
<b>FIGURA 2.4: O CONCEITO DE AUTONOMAÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 2.5: O JIDOKA SUPORTANDO O JIT .....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 2.6: ESTUDO DO MÉTODO E DE TEMPO .....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA 2.7: RELAÇÃO ENTRE NÍVEIS HIERÁRQUICOS .....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 2.8: LAY OUT DA CÉLULA DE USINAGEM.....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 3.1: PROBLEMAS GERADOS POR APONTAMENTOS MANUAIS.....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 3.2: ARQUITETURA DO SISTEMA DE SUPERVISÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>FIGURA 3.3: ESTRUTURA GERENCIAL DE UM SISTEMA DE SUPERVISÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>FIGURA 3.4: ESTRUTURA DE AQUISIÇÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 3.5: LAYOUT DA LINHA E ARQUITETURA DO SISTEMA .....</b>	<b>34</b>
<b>FIGURA 3.7: OPERAÇÕES DO ANDON.....</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 3.8: SISTEMA DE CONTROLE HIERÁRQUICO DESCENTRALIZADO.....</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA 3.9: RÁPIDA COMUNICAÇÃO DE ANORMALIDADES .....</b>	<b>43</b>
<b>FIGURA 3.10: PAINÉIS ANDON.....</b>	<b>43</b>
<b>FIGURA 3.11: BOTOEIRA DE ACIONAMENTO DA LINHA DE ESTAMPARIA DA FORD .....</b>	<b>44</b>
<b>FIGURA 3.12: FLUXOGRAMA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS.....</b>	<b>45</b>
<b>FIGURA 3.13: PONTOS DE DEMARCAÇÕES NOS POSTOS DE TRABALHO .....</b>	<b>48</b>
<b>FIGURA 3.14: O EXERCÍCIO DOS CINCO PORQUÊS .....</b>	<b>49</b>
<b>FIGURA 3.15: AS PUXADAS DO ANDON NA TOYOTA KENTUCKY .....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 3.16: O CUSTO DOS DEFEITOS.....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 4.1: DEMARCAÇÕES NA LINHA .....</b>	<b>62</b>

<b>FIGURA 4.2:</b> DETALHES DO PAINEL ANDON .....	64
<b>FIGURA 4.3:</b> O PAINEL ANDON .....	64
<b>FIGURA 4.4:</b> TABULEIRO DOS POSTOS DE TRABALHO .....	65
<b>FIGURA 4.5:</b> O SISTEMA COMPLETO .....	65
<b>FIGURA 4.6:</b> FOTO DO “BALEIRO” .....	68
<b>FIGURA 4.7:</b> LAYOut ESQUEMÁTICO DO BALEIRO .....	69
<b>FIGURA 4.8:</b> ESTRUTURA DO SISTEMA SUPERVISÓRIO .....	74
<b>FIGURA 4.9:</b> LAYOUT DA LINHA PALLETIZADA.....	75
<b>FIGURA 4.10:</b> O CICLO DE MELHORIA DO ANDON – ADAPTAÇÃO DO PDCA .....	85
<b>FIGURA 4.11:</b> O CICLO DO ANDON NA LINHA DE MONTAGEM DE VEÍCULOS .....	86
<b>FIGURA 4.12:</b> PROPOSTA PARA O CICLO DO ANDON NA LINHA DE MONTAGEM DE VEÍCULOS.....	87
<b>FIGURA 4.13:</b> O CICLO DO ANDON NA LINHA DE GIRO AUTOMÁTICO .....	87
<b>FIGURA 4.14:</b> PROPOSTA PARA O CICLO DO ANDON NA LINHA DE GIRO AUTOMÁTICO.....	88
<b>FIGURA 4.15:</b> O CICLO DO ANDON NA LINHA DE MONTAGEM PALLETIZADA .....	89
<b>FIGURA 4.16:</b> PROPOSTA PARA O CICLO DO ANDON NA LINHA PALLETIZADA .....	89
<b>FIGURA 4.17:</b> O CICLO DO ANDON NA LINHA DE MONTAGEM MANUAL .....	90
<b>FIGURA 4.18:</b> PROPOSTA PARA O CICLO DO ANDON NA LINHA DE MONTAGEM MANUAL .....	91

## Lista de Tabelas

TABELA 2.1: GRAU DE AUTOMAÇÃO.....	10
TABELA 3.1: NÍVEIS HIERÁRQUICOS DO SISTEMA DE SUPERVISÃO .....	41
TABELA 3.2: AS FUNCIONALIDADES DO ANDON .....	56
TABELA 4.1: ANÁLISE DAS FUNCIONALIDADES DO ANDON PARA A LINHA DA TOYOTA .....	60
TABELA 4.2: ANÁLISE DAS FUNCIONALIDADES DO ANDON PARA A LINHA DE AVANÇO CONTÍNUO.....	67
TABELA 4.3: DADOS DE OPERAÇÃO E PARADA DA LINHA – GIRO AUTOMÁTICO .....	71
TABELA 4.4: ANÁLISE DAS FUNCIONALIDADES DO ANDON PARA A LINHA DE GIRO AUTOMÁTICO .....	72
TABELA 4.5: ANÁLISE DAS FUNCIONALIDADES DO ANDON PARA A LINHA PALLETIZADA .....	77
TABELA 4.6: ANÁLISE DAS FUNCIONALIDADES DO ANDON PARA A LINHA MANUAL .....	81

## **Lista de Gráficos**

GRÁFICO 2.1: ANÁLISE DE TRABALHO PADRÃO .....	23
GRÁFICO 4.1: GRAU DE FUNCIONALIDADE DO SISTEMA ANDON .....	83

## **Nomenclatura**

JIT = Just in Time

TPS = Toyota Production System

NUMMI = New United Motor Manufacturing Inc.

GM = General Motors

NUMA = Núcleo de Manufatura Avançada

CLP = Controlador Lógico Programável

RS = Recommended Standard

SCADA = Supervisory Control and Data Acquisition

FPS = Ford Production System

PCB = Process Control Board

WIP = Work in Process

MTTR = Mean Time to Repair

MSDD = Manufacturing System Design Decomposition

IHM's = Interface Homem Máquina



## Capítulo 1

### Introdução

No livro *A Máquina que mudou o Mundo*, Womack et al (1992) relatam que desde o início do século XX, a indústria automotiva tem sido uma das atividades mais importantes na geração de renda, investimentos e geração de empregos no contexto econômico mundial. Evidenciam o modelo denominado Fordismo que Henry Ford descreveu no início do século, um modelo de produção que visava a produção em massa e caracterizava-se pelo grande volume de unidades produzidas, utilização de mão-de-obra pouco qualificada e onde as empresas eram responsáveis pela execução de grande parte das etapas de elaboração do produto. Também relatam que, foi um modelo que contribuiu para o aumento de produtividade da indústria automotiva devido ao aumento da escala de produção e a conseqüente redução dos custos produtivos, além de após a Segunda Guerra Mundial difundir-se dos Estados Unidos para outros países, ampliando o alcance desta indústria e abrindo espaço para inserção de novas tecnologias.

No entanto após a Segunda Guerra Mundial, o mundo oriental estava arrasado econômico-socialmente. Especificamente o Japão, após avaliar suas indústrias de manufatura, verificou que para se reerguer e buscar a competitividade, seu grande objetivo seria aumentar a produtividade e lucratividade, reduzindo os custos produtivos e para isso, os engenheiros da Toyota, Eiji Toyoda, Nagoya e Taiichi Ohno, visitaram a fábrica Rouge da Ford em Detroit, com o objetivo de estudar as características daquela empresa. E chegaram à conclusão que um sistema de produção em massa como o da Ford, jamais funcionaria no Japão, devido às características de baixa demanda por veículos e contexto econômico adverso daquele mercado. Toyoda ainda

afirmou após o final da Segunda Guerra Mundial: “Precisamos alcançar a América em três anos. Caso contrário, a Indústria Automobilística no Japão não sobreviverá”.

Assim projetando a fábrica, Taiichi Ohno entendeu que seria necessário ter o foco estratégico voltado para os clientes e não somente para os processos e produtos e chegou à conclusão de que seria melhor trabalhar com máquinas menores, menores tempos de troca entre um modelo e outro e, portanto produzir lotes menores. Isto eliminaria os imensos estoques de produtos acabados além de melhorar consideravelmente os problemas de qualidade, pois produzir poucas peças antes do processo subsequente, permite que os erros do processo apareçam quase que instantaneamente.

O objetivo era aumentar a produtividade e igualar a indústria americana. Taiichi Ohno chegou de fato a conclusão de que haveria um outro sistema de manufatura que agregaria mais valor ao contexto industrial e a realidade do mercado do que a produção em massa. Estava por nascer um sistema de produção que deu origem ao Sistema Toyota. Assim esse novo sistema que ficou conhecido como Sistema Toyota de Produção tinha como características manufaturar com:

- mais rapidez,
- melhor qualidade (qualidade está implícita no Sistema Toyota e deve ser assegurada a cada etapa do processo, pelo próprio processo)
- menor custo, buscando identificar e eliminar os desperdícios provenientes dos processos oriundos do chão de fábrica que repercutiam em distúrbios no fluxo produtivo.

O conjunto desses fatores contribuiria para uma melhor performance da organização.

Spear (2002) afirma que a performance de uma organização está relacionada à capacidade de resolver problemas rapidamente e de buscar impedir que defeitos sejam gerados e complementa dizendo que a ocorrência de problemas já aparece em delegar responsabilidade, coordenar as atividades quando não se têm regras previamente definidas (Spear, 2002). Monden (1994) afirma que defeitos são sinônimos de problemas, que para serem eliminados, precisam ter suas causas (erros) combatidas e para isso faz-se necessário incorporar ao processo mecanismos ou sistemas capazes de detectar e procurar impedir que eles voltem a existir.

Assim sendo, para que se consiga trabalhar com detecção rápida de problemas bem como procurar minimizá-las faz-se necessária a utilização de um sistema, o qual será o foco deste trabalho.

### **1.1 Objetivos do Trabalho:**

Este trabalho tem como objetivos:

- ✓ Apresentar o Sistema Andon e suas características operacionais;
- ✓ Definir suas funcionalidades buscando a estabilidade do processo, rápida resolução de problemas e eliminação da reincidência de problemas;
- ✓ Avaliar quatro ambientes de montagem quanto às funcionalidades do Andon originário do Sistema Toyota;
- ✓ Enxergar o Andon como um Sistema que auxilia no Processo de Melhoria;
- ✓ Propor melhorias aos ambientes analisados de forma a buscar uma melhor utilização do Sistema.

### **1.2 Metodologia da Pesquisa:**

Este trabalho foi desenvolvido, após o entendimento do Sistema Andon proposto pela Toyota, definindo os requisitos de funcionalidades do Andon, visitando quatro diferentes empresas e analisando quatro linhas de montagem de diferentes características operacionais. Foram realizadas visitas pontuais de verificação se as linhas atendiam ou não aos requisitos de funcionalidades do Andon e posteriormente realizou-se propostas de implementações a cada linha de montagem para que os requisitos passassem a ser atendidos, evidenciando de forma qualitativa a importância da utilização desse sistema, como auxílio ao processo de melhoria.

### **1.3 Conteúdo do Trabalho:**

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O conteúdo de cada capítulo é apresentado a seguir:

O Capítulo 1 introduz o histórico do Surgimento do Sistema Toyota de Produção e relata a importância deste mundo globalizado com relação à competitividade e melhoria de performance da organização. Comenta-se que a performance da organização está diretamente relacionada à capacidade de resolução de problemas e a necessidade do trabalho organizado para que a ocorrência de problemas seja com menor frequência (Spear, 2002).

O Capítulo 2 apresenta os principais conceitos de manufatura enxuta com relação a automação e trabalho padronizado e isento de defeitos, focando na importância em definir regras que auxiliam o processo de aprendizado do trabalho e de identificação de problemas.

O Capítulo 3 conceitua um Sistema de Supervisão e o Sistema *Andon* apresentando suas operacionalidades baseado num exemplo de aplicação da Toyota bem como são definidas suas funcionalidades.

O Capítulo 4 analisa as funcionalidades do Andon em quatro diferentes ambientes de montagem bem como sugere propostas de melhoria do sistema em cada um desses ambientes.

O Capítulo 5 conclui o trabalho avaliando a eficácia do Sistema e evidenciando sua possibilidade de utilização nos diversos ambientes de montagem. São feitas algumas recomendações para futuras pesquisas.

## Capítulo 2

### A Manufatura Enxuta E Os Principais Conceitos Lean:

Agostinho (2001) define Produtividade como sendo o produto de Eficiência Operacional (soma dos tempos realizando transformação na peça, isto é, agregando valor dividido pela soma dos tempos totais de processo) e Utilização (soma dos tempos totais de processo dividido pelo tempo total disponível).

Na Era da Produção em Massa havia uma grande preocupação em cumprir metas de produtividade onde o fundamental era não parar a linha, a não ser quando absolutamente necessário. Os problemas de qualidade poderiam ser solucionados posteriormente na área de retrabalho e com grandes horas extras no final do turno. O foco estava direcionado unicamente ao segundo fator da equação de produtividade: a maximização na utilização de máquinas e equipamentos e altos investimentos em Automação que visavam unicamente reduzir o custo direto em operações. De fato, isto funcionava, pois os sistemas contábeis e financeiros das empresas contabilizavam o custo direto e este era o indicador a ser minimizado.

Porém segundo Taiichi Ohno (1997), estes indicadores monitorados pelos sistemas contábeis e financeiros, mostravam as causas do desperdício (baixa eficiência operacional) de um sistema de manufatura, desperdícios estes que o mesmo caracterizou como *muda*.

Na Toyota, a produtividade, é avaliada na busca de fazer o certo da primeira vez de forma consistente e eficaz, somente na quantidade necessária e com o mínimo de recursos, isto é isento de desperdícios (alta eficiência operacional). Ohno (1997) complementa afirmando que quando

se tem processos capazes de assegurar qualidade, fazendo certo da primeira vez, o resultado é único: clientes satisfeitos e níveis de lucratividade elevados. A figura 2.1 a seguir mostra os sete grandes desperdícios caracterizados dentro do Sistema Toyota

Os Sete Desperdícios do Sistema Toyota de Produção:



Fonte: Monden (1994)

**FIGURA 2.1: OS SETE DESPERDÍCIOS**

- **Excesso de produção:** Produzir mais e antes que o necessário
- **Inventário:** Peças semi-acabadas entre operações
- **Transporte:** Movimento de peças
- **Processos Desnecessários:** Passos não necessários no processo
- **Má Qualidade:** Peças que necessitam retrabalho ou são sucata
- **Manuseio:** Movimentos desnecessários do trabalhador
- **Espera:** Trabalhadores esperando por máquinas ou peças

Segundo Monden (1994), o Sistema Toyota de Produção é um Projeto de Sistema de Produção de grande eficácia onde o principal objetivo é gerar lucro, através da redução de custos via eliminação de desperdícios e do incremento de produtividade via melhorias no fluxo produtivo.

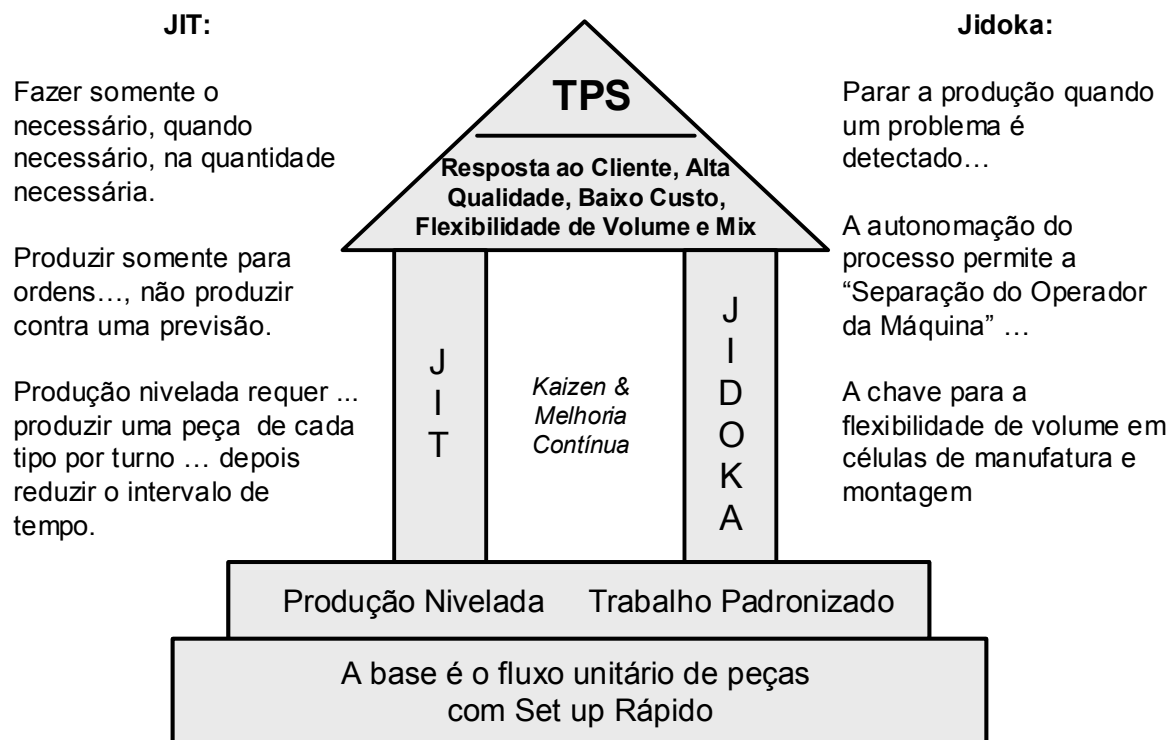
Desperdícios geram somente custo e tempo, portanto, não agrega valor (a peça não sofre nenhuma transformação). A utilização de recursos excessivos tais como homem, máquina, material e recursos de facilidades geram a superprodução, definido por Ohno (1997) como o pior dos desperdícios. A superprodução ocasiona o excesso de estoque ao continuar utilizando os recursos para produzir bens não necessários naquele momento. O inventário excessivo gera a necessidade de mais mão-de-obra, equipamentos de movimentação e espaço físico na fábrica para transportar e armazenar este estoque. Isto resulta em um capital a ser investido desnecessariamente.

A Toyota além de identificar os principais desperdícios, utilizou e desenvolveu ferramentas para eliminá-los. Assim nasceu esse novo modelo de Sistema de Produção caracterizado por buscar a eliminação dos desperdícios, melhoria do fluxo produtivo objetivando menores *lead times*, maior qualidade, menores custos e maior eficiência na entrega, focado no cliente. Este sistema difundiu-se por todo o mundo tornando-se um novo paradigma a ser superado, ou seja, tornou-se um fator de competitividade.

## **2.1 Características do *Lean Manufacturing*:**

A figura 2.2 mostra uma representação gráfica do Sistema Toyota. Note que se trata de uma casa, com fundações, pilares e telhado. O telhado ou o topo da casa é a meta do sistema. Só que não se constrói um telhado sem antes preparar a sua base e sustentação. Segundo a metodologia da Toyota, a “casa” é apoiada em dois pilares centrais: o *Just in Time* – produzir o necessário, nas quantidades necessárias e no tempo necessário – e o JIDOKA ou Autonomia – definido como controle autônomo de defeitos, produzir sem defeitos. As considerações sobre o significado dos pilares serão descritas posteriormente.

Para que os pilares da “casa” sustentem o topo, faz-se necessário um bom alicerce, ou seja, uma boa base que consiste no trabalho de *housekeeping* ou 5S, *set up* rápido com nivelamento de produtos e trabalho padronizado. O conceito de trabalho padrão será detalhado na sequência deste trabalho.



Fonte: Monden (1994)

**FIGURA 2.2: OS PILARES DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO**

Monden (1997) afirma que para produzir *Just in Time*, isto é, produzir e entregar a peça certa, na quantidade necessária, no momento correto, é preciso não gerar defeitos para o processo subsequente. Desta forma pode-se estabelecer um fluxo cadenciado e sem interrupções ao longo da cadeia produtiva.

Alguns autores entre eles Shigeo Shingo (1989) evidenciam o Sistema Toyota na figura do Just in Time e o sistema kanban. Segundo Ghinato (1994), somente o Just in Time não deve ser tomado como “princípio” da produção enxuta, pois o princípio da produção enxuta dentro da metodologia da Toyota é a redução de custos através da total eliminação dos desperdícios.

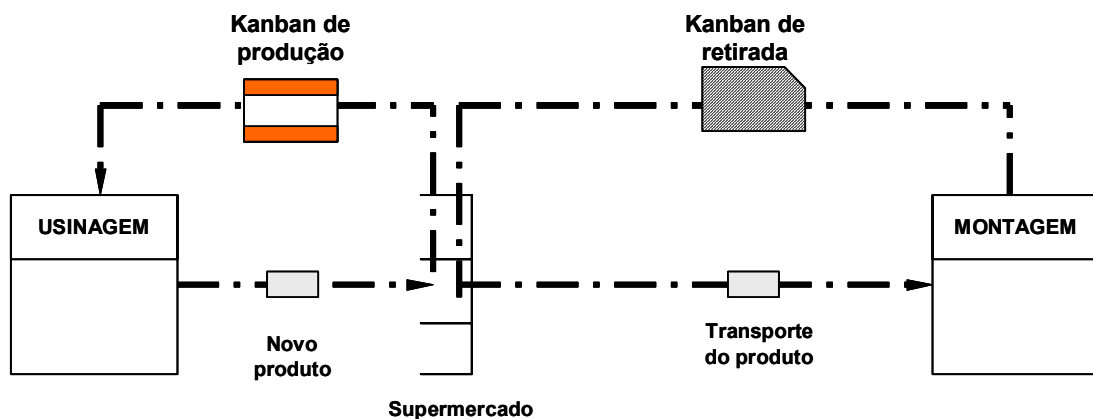


Shimada (apud, Maccoby 1997) afirma: “O Sistema Toyota combina gerenciamento, incentivo e estratégia de tecnologia para otimizar produtividade, motivação e desenvolvimento de pessoas no trabalho.

## 2.2 Os Pilares do Sistema Toyota:

### 2.2.1. O Pilar Just in Time:

O conceito de *Just in Time* estabelece que um processo deve produzir a peça certa, na hora certa e na quantidade certa exigida pelo processo seguinte. Para gerenciar isto há um sistema de informação denominado Kanban que harmoniosamente controla a produção. Segundo Monden (1994), o sistema kanban é conhecido como um subsistema do TPS (*Toyota Production System*). O kanban é um cartão utilizado no sistema toyota de produção ou *Pull System* (Produção Puxada) que possibilita informar o processo fornecedor que o item já foi consumido pelo processo cliente e que é necessário repor. Então, o kanban é uma ordem que informa o processo fornecedor que ele deve produzir determinado item. A figura 2.3 a seguir apresenta o operacionalidade do kanban:



Fonte: Monden (1994)

FIGURA 2.3: O SISTEMA KANBAN

### 2.2.2. O Pilar JIDOKA ou Autonomia:

Na Companhia Têxtil da Família Toyoda, era comum uma mulher tomar conta de 40 a 50 teares automáticos ao mesmo tempo. Isso porque esses equipamentos possuíam um mecanismo de parada automática que era acionado quando houvesse alguma anormalidade ou quando a produção planejada fosse atingida (Toyoda, 1867- 1930).

Taiichi Ohno (1997) percebeu então, diante de seus estudos que, se a máquina pudesse parar automaticamente quando houvesse algum problema ou atingisse a produção requerida, isso daria autonomia ao operador para trabalhar em outras máquinas, enquanto o processamento estivesse sendo realizado.

Ghinato (1994), afirma que Autonomia consiste em facultar à máquina ou ao operador a autonomia de interromper a produção sempre que alguma anormalidade for detectada ou quando a produção requerida for atingida.

Shingo (1989) diferencia autonomia ou JIDOKA de automação, dizendo que o primeiro está muito mais ligado a autonomia e inteligência com toque humano. Ele caracteriza como uma pré-automatização, mesmo porque ela não é limitada a processos automáticos. Pode ser utilizada em operações manuais.

Para a Toyota o importante é o equipamento detectar um determinado problema e parar imediatamente, sem a intervenção humana. Nesse caso o homem intervém somente na solução do problema. É então o estágio que Shigeo Shingo define como pré automação.

TABELA 2.1: GRAU DE AUTOMAÇÃO

Estágio	Pré Automação	Automação
Atividade		
Detecção de Anormalidade	Máquina	Máquina
Solução e Análise do Problema	Homem	Máquina
Investimento	Baixo	Alto

Fonte: Shingo (1989)

Shingo (1989) complementa dizendo que atingindo-se o estágio da Pré Automação ou Automação, consegue-se 90% dos benefícios alcançados com a Automação plena, exigindo 10% do investimento.

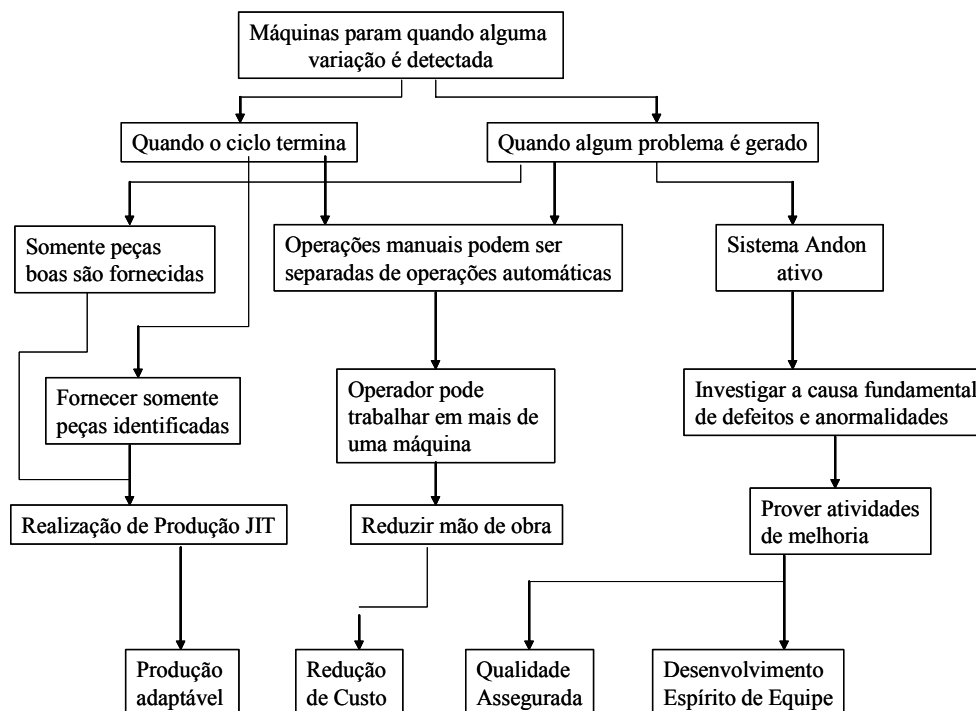
Segundo Monden (1994) a Automação possui dois conceitos dentro do Sistema Toyota:

1. Mecanização: simplesmente passar de um processo manual para um processo automatizado (Agostinho, 2001). Considerado insatisfatório, pois não apresenta um sistema de detecção de defeitos; não há o feedback para detecção de erros nem um dispositivo para parar o processo se o defeito é identificado.
2. Controle automático de defeitos: automação com toque humano. Finalidade: não permitir que peças com defeito caminhem para a próxima operação. Projeto de equipamentos com dispositivos que não só detectam situações anormais como também param a máquina sempre que ocorrem irregularidades.

O conceito de automação é uma técnica para detecção e correção de erros na produção, que busca a qualidade assegurada ou o controle total da qualidade em seus produtos e processos para atender as necessidades do cliente ao menor custo possível. JIDOKA é então a operacionalização do conceito de controle de qualidade zero defeitos, abandonando o paradigma de qualidade por inspeções especializadas. Dentro da metodologia da Toyota, a inspeção deve ser incorporada ao próprio processamento, o que elimina a possibilidade de ocorrência de falhas e ainda elimina a necessidade de uma inspeção após o processamento. Segundo Ohno (1994), inspecionar não agrega valor e sendo assim, caracteriza-se como um desperdício. A automação incorpora:

1. Um Mecanismo para detecção de erros
2. Um Mecanismo para parar a linha ou a máquina quando o defeito foi gerado.

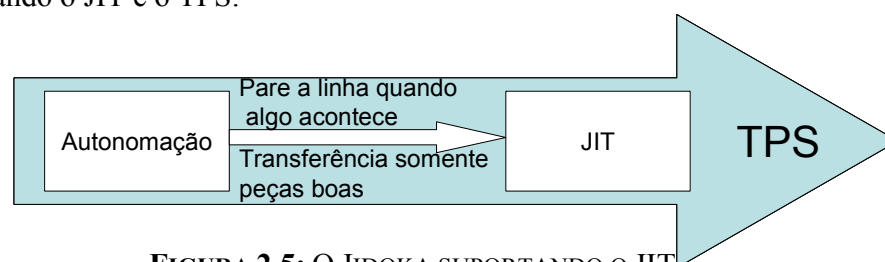
Sakichi Toyoda criou os mecanismos de parada automática e posteriormente inspirou o surgimento dos dispositivos a prova de erros. A figura 2.4 exemplifica o conceito de automação, segundo Monden (1994).



Fonte: Monden (1994)

**FIGURA 2.4: O CONCEITO DE AUTONOMAÇÃO**

Este pilar suporta o JIT, pois a finalidade é garantir que somente peças boas prossigam para as próximas etapas do processo. Pois nos conceitos do Sistema Toyota, quando um erro ocorre, deve-se parar a linha e o foco de resolução e eliminação do problema deve ser direcionado para aquele erro gerado. O objetivo é não só resolver o problema, mas também identificar a fonte, eliminando o erro, seja através de medidas preventivas ou através de melhorias do processo. Dentro da filosofia do Sistema Toyota as operações só devem ser feitas quando demandadas. E quando demandadas, devem ser precisas. Isso implica na existência de um sistema capaz de fazer certo da primeira vez. A figura 2.5, mostra o conceito de autonomação, apoiando o JIT e o TPS:



**FIGURA 2.5: O JIDOKA SUPORTANDO O JIT**

Procedimentos da Autonomiação (Ghinato, 1994):

1. Ensinar os operadores a parar a linha se um erro ocorrer;
2. Permitir que somente peças boas caminhem no processo
3. Descobrir as causas que originam os defeitos de forma a minimizar a reocorrência.
4. As peças com defeito devem ser retornadas a operação precedente, investigar as causas dos problemas e se necessário instituir mudanças para prevenir a reocorrência – melhoria contínua.

Outros benefícios da autonomiação (Shingo, 1989):

- Redução das perdas pela fabricação de produtos defeituosos, pois quando um problema é gerado, para-se a linha imediatamente
- Redução das perdas por superprodução: a linha é parada caso a produção requerida seja atingida
- Redução de Perdas por Espera, pois separar o homem da máquina possibilita este trabalhar em outro equipamento.
- Produção flexível e adaptável as variações de demanda (flexibilização da mão de obra);
- Melhoria da auto-estima dos trabalhadores que passam a preocupar-se mais com suas operações objetivando não gerar defeitos;
- Respeito mútuo e cordialidade no ambiente de trabalho: o conceito de autonomiação que direciona o foco para resolução de um problema quando o mesmo é gerado, estimula atividades de melhoria contínua bem como melhora o ambiente de trabalho no que diz respeito a cordialidade e o desenvolvimento do espírito de equipe.
- Projeto de deixar no posto de trabalho uma quantidade de peças necessárias para as próximas horas de produção.
- Enxergar a etapa anterior como um supermercado.

Assim sendo, o conceito de Autonomiação dentro do Sistema Toyota, caracteriza-se por apresentar dispositivos que têm por função parar a linha ou uma máquina quando uma

anormalidade ocorre, ou quando não cumpram suas atividades dentro do tempo de ciclo ou quando a quantidade requerida foi atingida.

Quando alguns desses fatos acontecem, supervisores e engenheiros devem atuar na detecção e correção dos erros para evitar a reocorrência dos defeitos, ou seja, identificar o problema fazendo retornar as peças para a estação a qual o mesmo se originou e prover melhorias com o intuito de prevenir que o defeito não volte a ocorrer, procurando aprender com os problemas e eliminá-los.

#### Métodos para Parada de Linha:

Segundo Monden (1994), há duas formas de a linha parar:

- por julgamento ou intervenção humana;
- por dispositivos automáticos

Um processo de trabalho padrão deve ser definido ao operador proporcionando a este a visão e o desenvolvimento do processo como um todo (constante aprendizado). Esse processo de trabalho padrão que necessita da sistematização do ciclo de trabalho deve conter:

- a rotina de trabalho padrão definida;
- controle para checagem aos padrões de segurança e qualidade;
- quantidade padrão definida de *work in process*.

Estes três elementos são colocados num documento (planilha de trabalho padrão) que fica no posto de trabalho de forma que o operador pode facilmente visualizar. A abordagem de rotina de trabalho padrão está na sequência deste trabalho.

Assim sendo, comparando o Sistema Toyota ao Sistema Fordista, o primeiro além de ser mais fácil de controlar a qualidade dos produtos, apresenta um maior desenvolvimento de espírito de equipe.

Controle Visual: Na implementação de um sistema autônomo, sistemas de identificação visual podem monitorar uma linha de produção ou estações de trabalho. Vários sistemas de controle visual que trabalham juntos com dispositivos de controle da qualidade utilizam lâmpadas ou algum outro tipo de sinal para indicar uma anormalidade. A função da lâmpada é indicar ao supervisor, manutentor ou qualquer outro responsável a ocorrência de um problema, o tipo do problema bem como o local onde ele ocorreu e se existe alguém trabalhando na sua correção. Na sequência do trabalho será apresentado mais definições e utilizações de um sistema específico que auxilia na detecção, diagnostica e interage com as atividades oriundas do chão de fábrica com o objetivo de solucionar problemas rapidamente bem como informar o status dos problemas de forma a não prejudicar o fluxo produtivo.

### **2.3 O Conceito de Trabalho Padrão:**

Conforme conceituado anteriormente, o Sistema Toyota busca trabalhar com alta qualidade, baixo custo, um baixo tempo de resposta ao cliente e ter flexibilidade de volume e mix para atender a demanda (figura 2.2) e onde os pilares são o JIT e o JIDOKA. A base para este sucesso é o trabalho padronizado. Spear (2002) afirma que o Sistema Toyota de Produção é em sua essência uma definição de regras que guiam o trabalho. A seguir será apresentado e detalhado os conceitos de trabalho padrão buscando fundamentar a base do Sistema de Produção Enxuta.

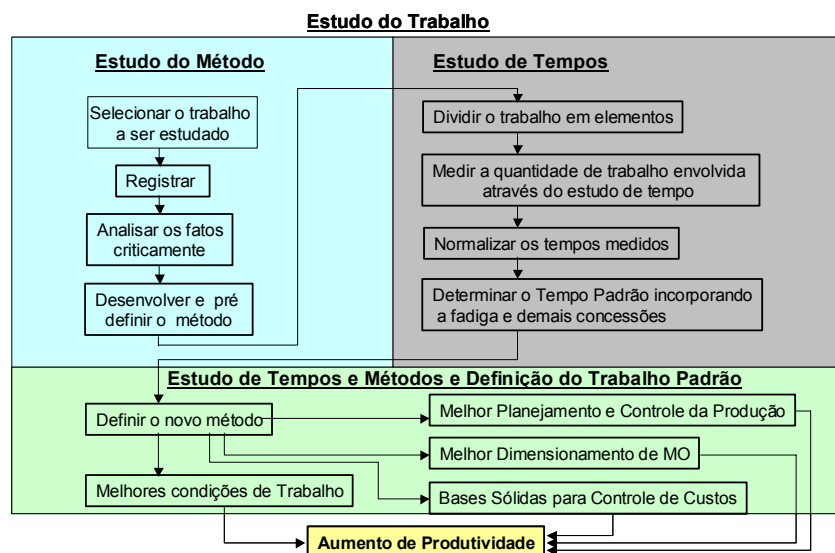
Nos conceitos do Sistema Toyota, todo trabalho deve ser altamente especificado com relação ao que deve ser feito, em que sequência, momento e com que resultado esperado (Spear, 2002). Isso permite reduzir variabilidades no processo devido às falhas humanas possivelmente evitáveis.

O conceito de trabalho padrão está obviamente alinhado ao TPS e tem por objetivo reduzir custos produtivos utilizando o mínimo de operadores e o mínimo inventário e a sedimentação do conceito de trabalho padrão está apoiada em três passos: o primeiro passo é buscar a alta produtividade (aumentar a eficiência operacional) através de um trabalho árduo. Trabalho árduo na metodologia da Toyota não é sinônimo de trabalho duro, mas sim trabalho sem qualquer tipo de desperdício. Assim, uma rotina de trabalho padrão deve ser definida (Monden, 1994).

Segundo Meyers & Stewart (2002) uma fábrica que opera sem tempos padrões possui uma eficiência operacional média de 60% do tempo planejado. Já uma fábrica trabalhando com tempos padrões tem uma eficiência operacional média de 85%, ou seja, há uma melhora ou um aumento de performance de 42% em produtividade. Meyers & Stewart (2002) afirmam ainda que, ao realizar um trabalho de melhoria contínua, aprendizado e incentivo é possível atingir a eficiência operacional “idealizada de 120%” (comprometimento, superação e redução nos tempos de processo através de um melhor método), ou seja, mais 41% de aumento de performance de produtividade.

Essa afirmação de Meyers & Stewart (2002) de atingir 120%, complementa-se com Ghinato (1994), afirmando que o aprimoramento do trabalho de tempos e métodos proporciona uma redução de 20% dos tempos de operação.

Assim, para elaborar a rotina de trabalho padrão, deve-se avaliar e fazer o Estudo do Trabalho. Este consiste da aplicação de duas técnicas complementares: O Estudo de Métodos e o Estudo de Tempos (Meyers e Stewart, 2002). O Estudo de Métodos, através da racionalização e escolha do melhor método, simplifica o trabalho e isola seu conteúdo fundamental, o qual uma vez implantado e com um executante treinado possibilita a estabilização do posto de trabalho.



**FIGURA 2.6: ESTUDO DO MÉTODO E DE TEMPO**



Depois de definido o melhor método é necessário fazer o Estudo de Tempos dividindo o trabalho em elementos, medindo e normalizando os tempos com o intuito de determinar o tempo manual total de cada operação para se fazer determinada peça bem como separar o tempo manual do tempo automático, tempo de caminhada e outros tempos acíclicos tais como tempo de *set up*. Após determinar o tempo de ciclo e o tempo manual por peça em cada operação é possível definir o número de atividades que determinado operador será possível realizar, considerando agora os tempos de caminhada e fadiga. Assim a rotina de trabalho padrão pode ser desenhada.

Essa rotina de trabalho padrão é a receita de tarefas a serem realizadas pelos operadores dentro do tempo de ciclo, oferecendo a eles autonomia para o trabalho e permitindo-os ter uma visão melhor do processo bem como produzir peças isenta de defeitos e dentro do tempo de ciclo.

O Segundo passo é buscar o balanceamento entre as operações e para isso é interessante estabelecer o conceito de tempo de ciclo.

#### Conceito de Tempo de Ciclo:

Segundo Monden (1994), Tempo de Ciclo é o tempo em que uma peça é processada em uma operação. Ou seja, é determinado pela razão entre o tempo de processo e a quantidade de peças produzidas naquele período. onde neste tempo de processo não deve ser descontado o tempo por espera, desperdícios, quebras de equipamento, caminhada de operador, fadiga, etc. Outros autores preferem definir este termo como Tempo *Takt* ou *Takt Time* e definem tempo de ciclo como o inverso da máxima produção horária.

Monden (1994) considera esta definição de tempo de ciclo como o inverso da máxima produção horária errada, afirmando que assim não se determina a necessidade de operadores para um determinado tempo de ciclo.

O Terceiro passo é estabelecer um mínimo estoque entre etapas do processo, o que permite eliminar estoques excessivos. Nesse caso, projetar as células ou postos de trabalho avaliando sua funcionalidade sob o aspecto de abastecimento de material, possibilidade de um

operador trabalhar em mais de uma máquina ou posto de trabalho, flexibilidade e produtividade, além de um trabalho de *housekeeping*, permite o arranjo de máquinas, equipamentos e periféricos em um layout adequado que viabilize o fluxo produtivo e minimize o estoque em processo.

Segundo Adler (1993) a NUMMI (*New United Motor Manufacturing Inc.*) *joint venture* da GM – *Fremont (Califórnia)* e a *Toyota*, fábrica que iniciou os trabalhos em fevereiro de 1983, o foco de organização do trabalho é fortemente analisado. Nesta nova empresa a GM se encarregaria de atuar em Marketing e Vendas, objetivando aprender com o Toyota Production System e a Toyota seria responsável pelo Projeto, Engenharia e Fabricação do Produto procurando aumentar as vendas nos Estados Unidos.

Na NUMMI, os funcionários não devem trabalhar arduamente simplesmente, mas trabalhar bem com maior eficiência. Adler (1993) descreve que os funcionários da NUMMI deixaram o medo do trabalho de lado e percebem uma maior integração e maior importância deles para com a empresa. Alguns depoimentos de funcionários antigos da GM Fremont e recontratados para trabalhar na NUMMI exemplificam a diferença. Segundo um colaborador na época da GM Fremont, ouvia-se o seguinte: “Nós o colocaremos de volta na rua quando não precisarmos mais de seu trabalho”. Agora na recontratação, o depoimento é o seguinte: “Bem vindo à nova família”. Isto fez com que a cultura dos colaboradores tivesse o foco voltado inteiramente à motivação. Cada trabalhador sabe o seu papel, o que a empresa precisa dele e o que ele pode oferecer a empresa, além de conhecer bem o processo e aprender a cada dia com ele.

Na visão da NUMMI, cada estação ou posto de trabalho é projetado para identificar defeitos, paradas de linha e distúrbios ao fluxo produtivo. Objetiva-se atingir a máxima eficiência e ter os maiores níveis de qualidade. O gerenciamento tem o intuito de suportar os *times* de trabalho na resolução de problemas além de reforçar a cultura do time de trabalho no aspecto da motivação e incentivo ao aprendizado através da padronização do trabalho. Segundo Paul Adler (1993), os trabalhadores foram feitos para sentir-se importantes no trabalho e não para carregar peso. A padronização não é somente um pré-requisito para melhoria, mas sim um estímulo. Acabou o conceito do trabalhador especialista, mas sim cada estação é encarada como um centro de inovação. As pessoas têm as regras definidas que guiam suas decisões.

### Vantagens do Trabalho Padronizado

- Melhoria dos padrões de segurança e reconhecimento do próprio posto;
- Redução de riscos de problemas de qualidade;
- Multifuncionalidade;
- Flexibilidade devido ao auto-gerenciamento. Se a demanda se altera, a NUMMI reduz a velocidade da linha produzindo menos veículos. Em uma situação similar a GM-Fremont cortaria um turno de trabalho inteiro, se isso se justificasse.

Analisando indicadores da NUMMI, verificou-se que a produtividade em pouco tempo aumentou (dobrou), o percentual de absenteísmo caiu do patamar (20 – 25%) para os 3 – 4%, o número de sugestões aumentou e conseqüentemente o nível de satisfação dos trabalhadores aumentou consideravelmente, após a implementação do trabalho padrão.

Steven Spear e H Kent Bowen (1999) exploram o paradoxo do porque poucas empresas no mundo conseguiram imitar o sucesso da Toyota apesar dessa companhia ter sido totalmente transparente sobre seus processos. Segundo Spear e Bowen (1999), o que acontece é que os observadores confundem as ferramentas e práticas que vêm tais como atividades, conexões e fluxos produtivos rigidamente padronizados, com o sistema em si onde as operações são enormemente flexíveis e adaptáveis e as atitudes de melhoria são naturais, nada é imposto; e onde a chave para o sucesso é uma simples mudança de cultura. Spear e Bowen (1999) explicitam através de um sistema de quatro regras o que está implícito:

- Regra 1: Todo trabalho é especificado quanto a conteúdo, seqüência, andamento e resultado; trabalho padrão rigoroso que permite checar rapidamente se o padrão é adequado, se está sendo seguido e qual o resultado esperado;
- Regra 2: Cada conexão entre processos e atividades é perfeitamente clara sem ambigüidade; Todos sabem o que devem fornecer, a quem, quando e em que quantidade, ou mesmo a quem devem ajudar;
- Regra 3: O caminho para cada produto é definido, direto e simples. O produto ou o serviço é transferido para uma específica etapa subsequente;

- Regra 4: Qualquer trabalho de melhoria é definido e desenhado de acordo com método científico definido pelas regras anteriores. Isto permite reduzir as variabilidades no processo devido às falhas humanas assim evitáveis.

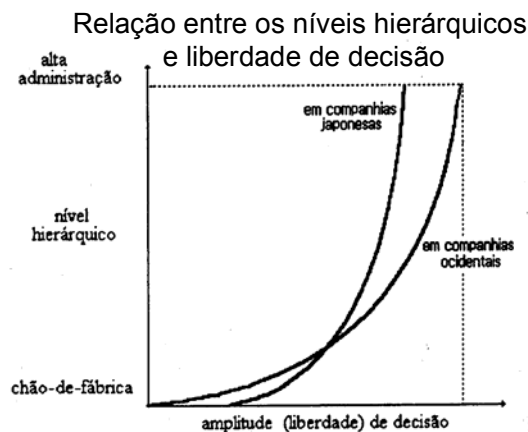
Vale notar que cada trabalhador aprende seu trabalho através de uma abordagem de ensino que os permite entender as regras como consequência da resolução dos problemas e trabalhos iterativos. Isso faz com que a pessoa tenha uma visão cada vez mais completa do seu trabalho, de como executá-lo da forma correta, bem como o que fazer se tiver um problema. Entretanto, o que fica claro é que nada é imposto, mas sim há uma questão de cultura e vontade em querer aprender e buscar a perfeição. A visão que cada trabalhador incorpora é que o seu produto é isento de defeitos, pode ser processado em pequenos lotes e pode ser produzido sem qualquer desperdício.

Spear e Bowen (1999) evidenciam que o aprimoramento do trabalho permite visualizar os problemas no momento em que ocorrem. Quando se produz uma peça por vez, os defeitos tomam uma dimensão inédita, já que a noção do momento de sua ocorrência passa a ser parte do fato. As respostas rápidas aos problemas passam a ser imprescindíveis, pois caso não ocorram, pode colocar em risco o sucesso das operações.

Michael Maccoby (1997), descreve a importância em dar responsabilidade ao time de trabalho para manter qualidade nos processos além de permitir estes de projetarem suas atividades de trabalho. Maccoby reforça a importância de treinamentos que auxiliam no desenvolvimento de novas habilidades e relata também as diferenças entre os comportamentos do Oriente e do Ocidente: “Enquanto no Ocidente há uma harmonia quando os trabalhadores estão satisfeitos e uma profunda insatisfação quando os mesmos reclamam, no Oriente cada reclamação é encarada como uma oportunidade de melhoria.”

Ghinato (1994) reforça a importância da motivação, característica do mundo oriental: “O trabalho como uma forma de as pessoas aprofundarem e enriquecerem mais suas vidas.” A cooperação fruto de características étnicas e culturais, mostram um aspecto vital: a importância dada ao trabalho em grupo, a noção de família, o *learning by doing*, o treinamento *on the job*, e a

rotatividade no ambiente de trabalho (multifuncionalidade – shojinka), responsável pelo grande aumento em produtividade. A figura 2.7 mostra um comparativo entre empresas orientais e ocidentais do ponto de vista de liberdade de decisão e responsabilidade nos diferentes níveis hierárquicos, onde nas empresas ocidentais ocorre que todo poder de decisão (abscissa do gráfico) está concentrado na alta gerência e o chão de fábrica limita-se a execuções previamente definidas. Já nas empresas orientais, especialmente japonesas, percebe-se um aumento do poder de decisão do chão de fábrica que tende a participar das decisões junto com a administração.



Fonte: Garrett e Silver 1973, Adaptação

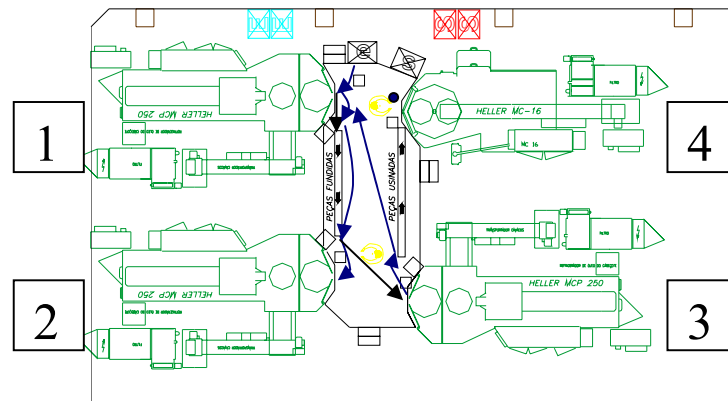
**FIGURA 2.7: RELAÇÃO ENTRE NÍVEIS HIERÁRQUICOS**

## 2.4 Exemplo de Aplicação dos Conceitos da Manufatura Enxuta:

Um ambiente *Lean* caracteriza-se então, por apresentar uma visão sistêmica do processo, possuir um ambiente limpo e organizado, trabalho padronizado onde os operadores sabem perfeitamente quais são suas atividades, se há problemas na execução de seus trabalhos, o que tem que ser feito e com que velocidade eles devem produzir.

Diferentemente de um ambiente de montagem, em uma célula de usinagem o que determina o ciclo do trabalho padrão são os tempos de ciclo das máquinas ou equipamentos, ou melhor, o tempo de ciclo da máquina mais lenta da célula. Dessa forma, é possível determinar quantos operadores trabalharão em uma célula, para determinado volume. Surge o conceito de tempo *takt* ou tempo de ritmo de consumo do cliente que permite avaliar a flexibilidade de mão de obra para os diversos tempos *takt*.

O Layout da figura 2.8 apresenta uma célula de usinagem de calíper (peça que incorpora o sistema de freio), projetada e em início de operação em uma empresa de autopeças:

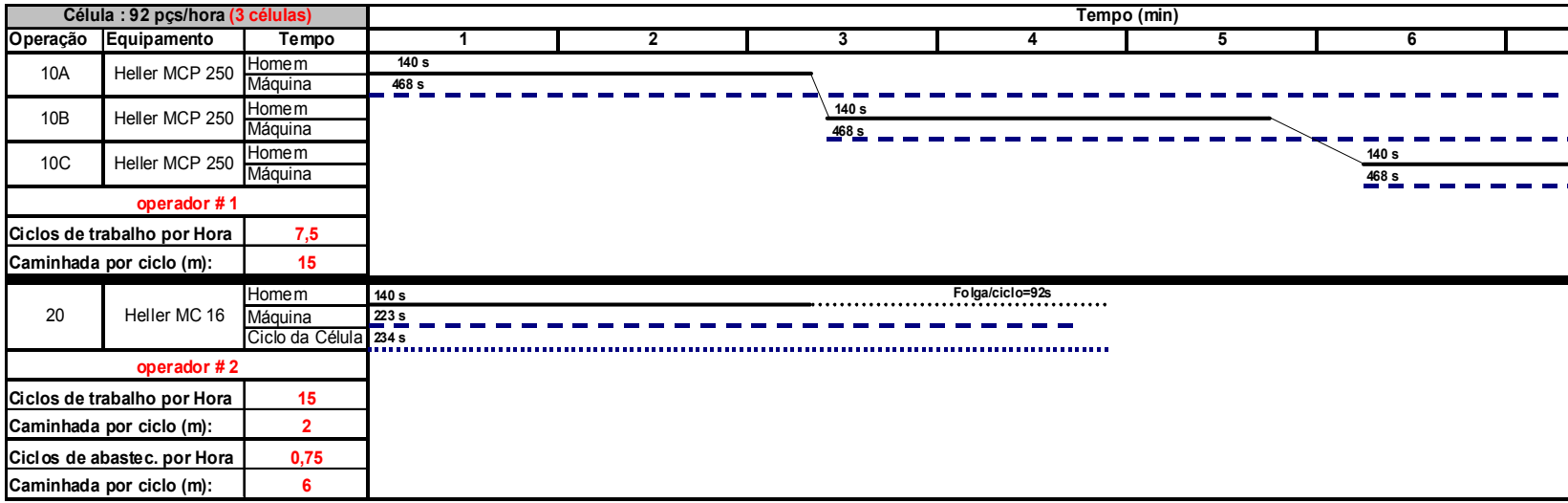


**FIGURA 2.8:** LAY OUT DA CÉLULA DE USINAGEM

A Célula acima é composta de três máquinas Heller, MCP H250 (operação 10) e uma Heller MC16 (operação 20). O processo de fabricação possui as seguintes características conforme o layout acima: a peça fundida inicia a operação nas Heller's MCP's 250 (máquinas 1, 2 e 3, e em cada máquina são usinadas 4 peças por ciclo). A operação 20 é realizada pela MC16 (máquina 4), onde são usinadas 6 peças por ciclo da máquina. O balanceamento de 3 máquinas de operação 10 e 1 operação 20 se dá devido ao ciclo de cada Heller (op 10) demorar 8 minutos e o ciclo da MC16 demorar 3,9 minutos aproximadamente. No tempo de ciclo da máquina mais lenta (Heller MCP's), dois operadores trabalham nesta célula, conforme o *layout* acima, produzindo 92 peças/hora.

Um operador trabalha nas três MCP's e outro na MC16. Uma característica importante é que os operadores revezam em suas atividades, senão um caminharia muito mais do que o outro. A figura 2.8 mostra as setas referente a caminhada de 01 operador e que o outro fica parado na máquina 4. Um breve estudo de trabalho padrão é exemplificado no gráfico 2.1 para os 02 operadores (o primeiro trabalhando nas máquinas 1, 2 e 3 e o outro na máquina 4, conforme o layout):

Gráfico 2.1: Análise de Trabalho Padrão



Na célula de trabalho há somente utensílios necessários e que contribuam para o bom trabalho do operador. O trabalho de *housekeeping* tem como objetivo definir o que realmente é necessário deixar próximo ao posto de trabalho e o que é utilizado com menos frequência e pode ficar um pouco mais afastado do posto de trabalho.

Baseado no gráfico de trabalho padrão torna-se evidente que para uma produção horária de 60peças/hora um operador executa o ciclo completo. Observa-se que a célula de trabalho permite perfeitamente que um operador, dotado de boas condições ergonômicas e padrões de segurança, desenvolva seu trabalho sozinho.

Esta célula de produção trabalhará para repor o “estoque” de produtos que as células de montagem consumirão e as células de montagem trabalharão para repor o “estoque” de produto acabado.

Nesta Empresa, fabricante de sistemas de freios, as peças são recebidas fundidas. O processo de fabricação macro da empresa consiste em:

- usinar as peças,
- fazer um tratamento de zincagem fora e
- montar os kits de forma a expedir para os clientes.

As células de fabricação baseadas no seu consumo horário serão abastecidas através de rotas pré-determinadas o que permite controlar o estoque em processo das células. O abastecedor ou *material handling* da área fica encarregado de passar com seu carrinho rebocador em horários determinados pelas células trazendo do recebimento o material a ser consumido por estas células bem como a informação do que foi consumido pela etapa de processo subsequente e levar para a expedição e recebimento, respectivamente, o que foi produzido e a informação sobre o que deve ser produzido posteriormente.

Portanto, assim como na fábrica da NUMMI, o abastecedor ou *material handling* sabe o que levar, a que hora e a quem levar bem como onde retirar este material. A sequência de trabalho do abastecedor é bem definida o que permite ser o controle do estoque em processo



bastante visual. Além disso, os operadores das linhas de montagem trabalharão mediante a padrões definidos, objetivando cumprir as metas estabelecidas além de passarem a se autogerenciar, pois agora o abastecedor os informa sobre o que deve ser produzido.

## **2.5 Considerações Finais:**

Este capítulo relatou o que é o Sistema Toyota e sua importância analisando sob o contexto de competitividade. Procurou descrever a metodologia da Toyota apoiada em dois Pilares bem como descreveu as características da base do sistema.

O foco deste trabalho conforme já mencionado está em entender a importância do trabalho padronizado e organizado, que é a base de sustentação ao conceito de autonomia (Jidoka) e que permite identificar os erros imediatamente procurando causar o mínimo distúrbio ao fluxo produtivo. Apresentar um trabalho padrão onde cada operador sabe perfeitamente qual sua função e qual será a sua contribuição, repercute em motivação e ganhos para a empresa e para o funcionário.

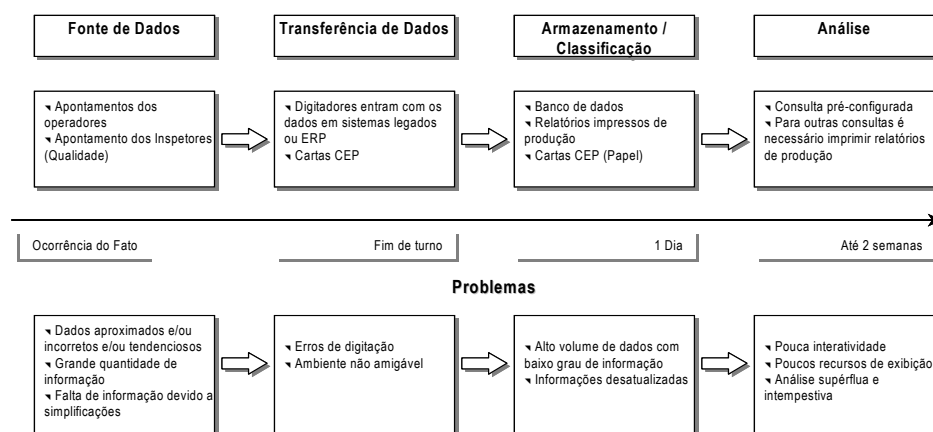
No capítulo seguinte será apresentado um Sistema que tem por finalidade trabalhar em sincronismo com o conceito de autonomia capaz de alertar sobre problemas oriundos no chão de fábrica e informar rapidamente os operadores, manutentores e gestores sobre o *status* da fábrica.

## Capítulo 3

### Sistemas de Supervisão:

A necessidade de técnicas de monitoramento, supervisão e diagnóstico mostram-se extremamente necessárias em uma Empresa que busca um crescimento num mercado bastante competitivo.

Em algumas Empresas, sistemas de apontamentos manuais têm-se mostrado deficientes quanto à confiabilidade, velocidade de atualização, detecção de não conformidades e outros fatores prejudiciais à produção. Consequentemente, as informações geradas a partir desses apontamentos podem criar percepções e diagnósticos diferentes, ou seja, as decisões podem muitas vezes estar de modo não compatível com a realidade e com retardo suficiente para o agravamento da situação, o que em determinados casos pode levar, por exemplo, a perda total de lotes de produção. A figura 3.1 mostra a consequência dos problemas gerados por apontamentos manuais desde a fonte de dados até a análise desses dados:



Fonte: Mello 2002

**FIGURA 3.1: PROBLEMAS GERADOS POR APONTAMENTOS MANUAIS**

Na sequência serão definidos os sistemas de supervisão e apresentada uma aplicação de Sistemas de Monitoramento (desenvolvido pela equipe do NUMA - Núcleo de Manufatura Avançada - da Escola de Engenharia de São Carlos EESC-USP), utilizado em uma empresa de Autopeças na área de usinagem.

Posteriormente será apresentado um novo sistema que vai além das características de supervisão e monitoramento, o Sistema Andon e explorado alguns exemplos de aplicação evidenciando a aplicação desse sistema na linha de montagem da Toyota em Kentucky. Por fim serão definidas as funcionalidades do Sistema *Andon* baseando-se nas características de aplicação da Toyota e no modelo de decomposição de Projetos de Sistemas de Manufatura definido por Cochran (1998). Essas funcionalidades serão à base de análise dos ambientes de montagem visitados e servirão para avaliar a eficácia do Sistema *Andon* nas Linhas de Montagem.

### **3.1. Definição de Sistema de Supervisão:**

Sistema de Supervisão é um conjunto composto por software e hardware cujo propósito é possibilitar o acompanhamento da produção com informações mais confiáveis e com um menor atraso, ou seja, é poder diagnosticar e informar sobre a ocorrência de problemas com maior rapidez (Meireles, 2000). É aplicável em células ou linhas de manufatura, podendo disponibilizar as informações para vários departamentos de diversos níveis hierárquicos. Essa rápida e abrangente disseminação das informações contribuem para uma integração, trazendo maior rapidez de análise e maior velocidade nas tomadas de decisões.

Em outras palavras, o Sistema de Supervisão traduz-se no monitoramento de variáveis de processo do chão de fábrica, tomados em tempo real e a transição desses dados monitorados a um sistema de visualização ou um banco de dados que permita alertar sobre problemas rapidamente, interpretá-los e gerar planos de ações quando necessários de forma a aprimorar o aprendizado desses problemas e trabalhar na minimização de problemas reincidentes, isto é, que auxilie na determinação da causa raiz (Harrold, apud Caetano et al. 1999).

### **3.2. Características Técnicas de Instalação:**

Para a supervisão de uma planta ou unidade de negócio, pode-se utilizar três formas de controle de processos:

- ✓ Sistema de Controle Centralizado
- ✓ Sistema de Controle Hierárquico
- ✓ Sistema de Controle Distribuído

No Sistema de Controle Centralizado todo o processo é monitorado por um único equipamento que tem acesso a todas as variáveis do processo, verificações de intertravamento, cálculos, armazenagem de dados e geração de alarmes. No caso deste equipamento falhar, todo sistema é comprometido.

No Sistema de Controle Hierárquico existe uma ordenação entre os componentes do sistema, ou seja, um equipamento de monitoramento que controla um conjunto de variáveis é supervisionado por outro de nível superior.

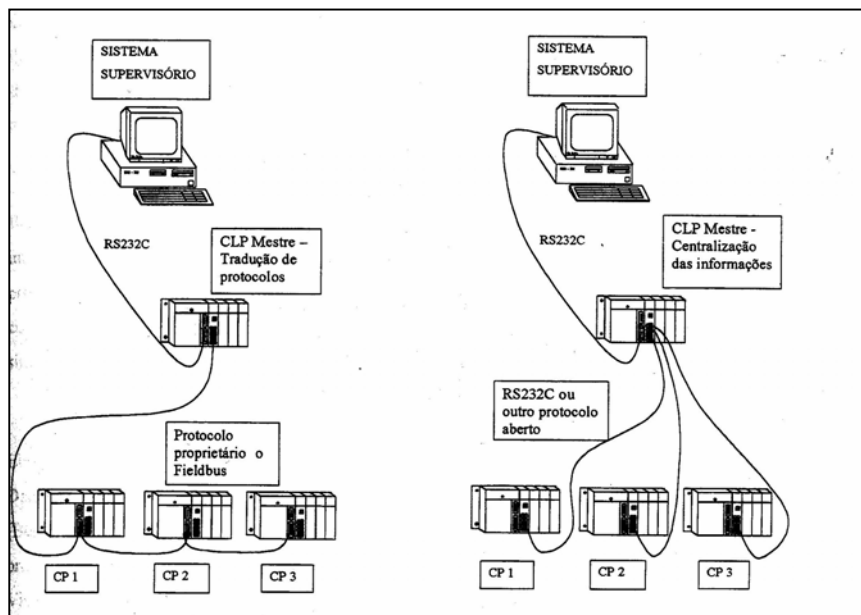
No Sistema de Controle Distribuído, ocorre um processo de sinergia onde diversos componentes do sistema executam tarefas similares. Assim, quando um equipamento de monitoramento falha, suas atividades são transferidas automaticamente para outro.

#### **3.2.1. Arquitetura:**

Segundo Bolton (1995), o tipo de controle mais utilizado na indústria na época era uma mistura do Sistema de Controle Hierárquico com o Sistema de Controle Distribuído. A arquitetura deste tipo de sistema caracteriza-se por uma ou mais camadas supervisionarem camadas inferiores. No caso de uma camada inferior falhar suas funções passam a serem monitoradas por outra camada inferior supervisionada pelo mesmo Controlador Lógico Programável (CLP) mestre.

Por exemplo, ter-se-ia uma camada inferior composta por CLP's escravos, monitorados por uma camada intermediária composta por CLP's mestre e uma camada superior composta pelo micro computador com o sistema de supervisão.

Baseado nesta arquitetura, o sistema de supervisão apenas verifica o funcionamento de cada sub-processo, sendo responsável pela verificação, cálculo e armazenamento de dados, deixando a parte de controle e geração de alarmes por conta dos CLP's. A verificação de intertravamento entre sub-processos é controlada pelo CLP mestre. Na figura 3.2, está ilustrada a arquitetura descrita:



Fonte: Martins (1998)

**FIGURA 3.2: ARQUITETURA DO SISTEMA DE SUPERVISÃO**

Dessa forma, esta arquitetura apresenta, segundo Bolton (1995):

- ✓ Maior rapidez do sistema, uma vez que o controle é repartido por vários equipamentos;
- ✓ Robustez;
- ✓ Maior Versatilidade e flexibilidade a mudanças;
- ✓ Facilidade de manutenção, detecção de problemas, pois se trabalha com algoritmos menores.

### **3.2.2. Protocolo de Comunicação:**

O Protocolo de Comunicação utilizado na indústria atualmente é o *fieldbus*, sistema de comunicação digital que permite a comunicação em tempo real com o chão de fábrica. É uma rede serial, bidirecional que interconecta sensores, atuadores, módulos de entrada e saída, CLP's e utiliza o padrão de comunicação *Recommended Standard* (RS-485). Fisicamente sua estrutura consiste de cabo coaxial, fibra ótica ou fios de par trançado (Meireles e Caetano, 2000)

O Padrão de Comunicação RS-485 substitui o RS-232 por possuir uma maior rapidez nas transferências de dados, confiabilidade de informações e cobertura de longas distâncias, além de poder inverter o sentido da comunicação RS, o que possibilita a transmissão *half-duplex* em linhas de dois fios (Meireles, 2000).

### **3.2.3. Estrutura do Sistema e Aquisição de Dados:**

A supervisão é feita automaticamente, mas normalmente um programador atua no sistema como interface. No caso de qualquer anormalidade ou quaisquer outras informações julgadas relevantes, o sistema tem a capacidade de gerar alarmes ou armazenar históricos que possibilitem estabelecer planos de ações, gráfico de tendências e outras aplicações (Meireles, 2000).

#### **a. Estrutura e operacionalidade**

O Sistema de Supervisão é programado pelo engenheiro que estabelece em seu algoritmo parâmetros e funções que possibilitem o operador ou quaisquer outros colaboradores e usuários do sistema, extrair resultados do mesmo.

Normalmente, por questões de segurança definem-se mecanismos de proteção físicos ou lógicos que inviabilizam, por exemplo, os operadores, de alterarem a programação pré-estabelecida.

O Sistema Supervisório trabalha de forma autônoma, fornecendo relatórios impressos e permitindo que sua base de dados seja acessada localmente. Além disso, o sistema pode ser conectado com os níveis superiores do empreendimento. Esta interface possibilita que a empresa passe a ter um conhecimento mais detalhado do que acontece no chão de fábrica, podendo estar melhorando continuamente a qualidade, com aumento de produtividade, trabalho no ritmo de consumo dos clientes e confiabilidade na entrega, uma vez que recebe informações do ritmo de vendas, além de possuir um melhor controle do *work in process* e visão geral do processo (Meireles, 2000). A figura 3.3 apresenta um modelo gerencial estruturado de um sistema de supervisão:



Fonte: Mello, 2002

**FIGURA 3.3:** ESTRUTURA GERENCIAL DE UM SISTEMA DE SUPERVISÃO

O Sistema é formado por uma base de dados e um Sistema Operacional sendo que ambos devem ser compatíveis em velocidade de resposta. A robustez de operação, bem como a quantidade de pontos monitorada fica atrelada ao desempenho do Sistema Operacional. Nele é instalado o CLP principal (Caetano et al, 2000).

## **b. Aquisição de Dados**

Para adquirir os dados do chão de fábrica são necessárias interfaces de aquisição de dados que podem ser placas acopladas ao barramento do computador pessoal ou podem ser usados CLP's para coletar estes dados, utilizando suas próprias interfaces. Estes dados coletados são transferidos, via rede *fieldbus* para um software de aquisição de dados de forma a interpretá-los e gerar os resultados.

Analisando sob o ponto de vista de coleta de dados e confiabilidade de informações, os Sistemas Supervisórios e de Aquisição de Dados já atuantes em indústrias de manufatura contínua têm-se instalado em indústrias de usinagem do setor automobilístico. Na sequência será descrito um exemplo de uma empresa de autopeças em que foi desenvolvido um sistema de monitoramento numa célula de retíficas (Caetano et al, 2000).

### **3.3. Monitoramento em Células de Usinagem:**

O trabalho foi concebido e desenvolvido em uma empresa fabricante de válvulas para o setor automotivo pela equipe do NUMA (Núcleo de Manufatura Avançada) da Escola de Engenharia de São Carlos EESC-USP. Escolheu-se uma linha de acabamento final devido ao alto valor agregado do produto nesta etapa de fabricação. A supervisão é realizada na linha inteira, são monitorados 5 retificadoras, 1 máquina de olear, 1 máquina de ultra-som e todos os transportadores entre as máquinas (Caetano et al. 2000).

O trabalho de monitoramento com intenção de modernizar e supervisionar o sistema de manufatura focava em desenvolver um sistema de aquisição de dados automático, em tempo real e confiável para atender as necessidades de aumento de produtividade.

#### **3.3.1. Entendimento da situação adversa e necessidade de monitoramento:**



O gerenciamento atual do chão-de-fábrica era baseado em apontamentos manuais que, além de imprecisos e incompletos, não forneciam informação de maneira clara e em tempo de tomada de decisão (Caetano e Oliveira, 2000; Caetano *et al.* 1999). Principalmente não auxiliavam na determinação da causa raiz que gerou determinado problema (Harrold, apud Caetano et al 1999).

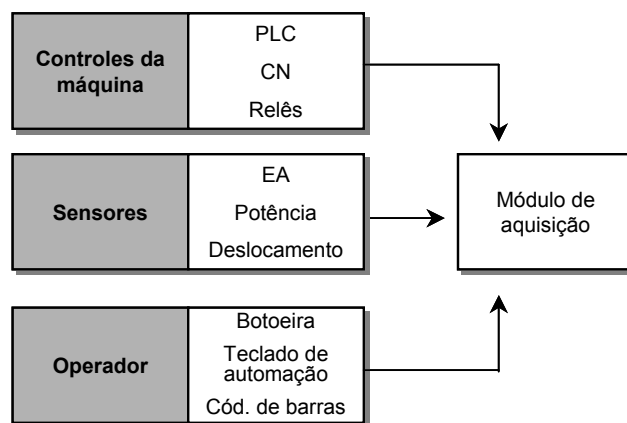
Para tanto, buscaram-se soluções que preenchessem essa lacuna entre o sistema de planejamento e gerenciamento e o controle de chão-de-fábrica e que, além disso, se adaptasse a necessidade de aquisição de dados em tempo real com alta confiabilidade e com baixo custo.

### 3.3.2. O Sistema:

O Sistema de Monitoramento implantado nesta Empresa difere um pouco do Sistema Andon em que o foco está na simplicidade e objetividade em resolver o problema. Ou seja, a origem do sistema de informação, neste caso, provem de três fontes:

1. Da própria máquina
2. De sensores
3. De dispositivos alimentados pelo operador.

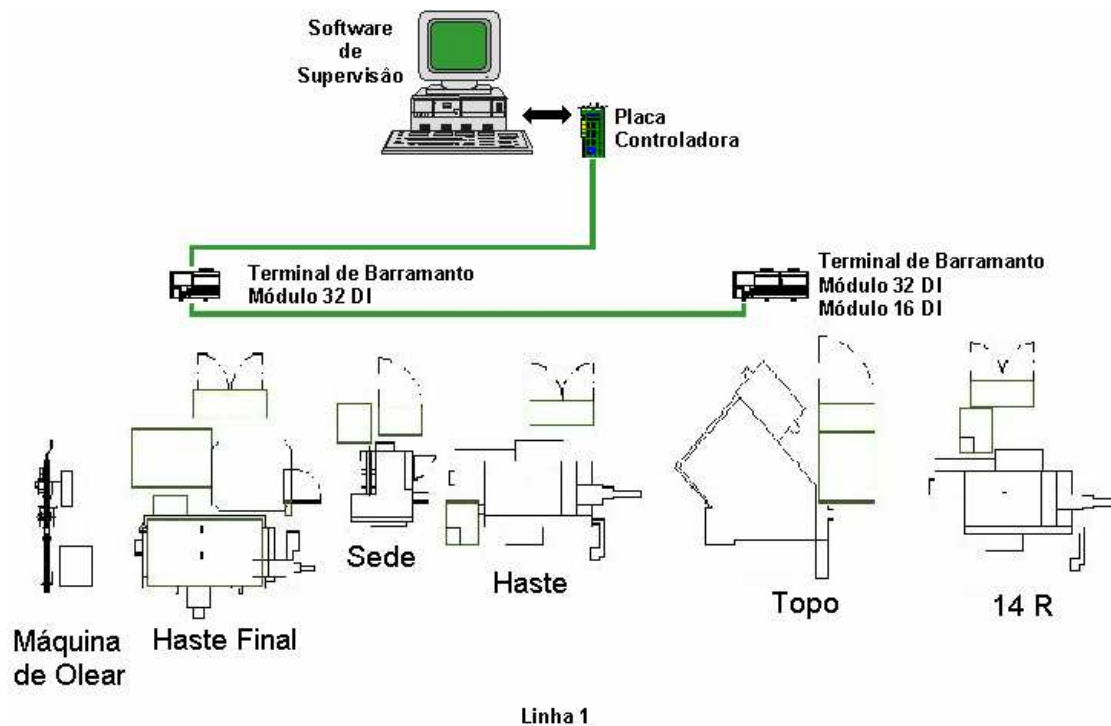
A figura 3.4 ilustra o que foi comentado:



**FIGURA 3.4:** ESTRUTURA DE AQUISIÇÃO

Já no sistema *Andon* normalmente só uma fonte, o operador, é oriunda de informar o *status* da linha.

A figura 3.5 mostra o layout da linha monitorada bem como toda arquitetura envolvida na aquisição.



**FIGURA 3.5: LAYOUT DA LINHA E ARQUITETURA DO SISTEMA**

A arquitetura do projeto foi desenvolvida avaliando-se o que se queria monitorar. Definidos esses dados, durante a operação esses seriam lançados em um CLP que tinha por função transferi-los digitalizados através de uma rede de campo (Fieldbus) e posteriormente a um CLP Central ligado a uma base de dados. Esta base de dados foi configurada para apresentar uma análise histórica bem como possuir uma interface amigável com intuito de poder analisar as variáveis coletadas. Assim, era possível comparar os parâmetros de controle de produção (tempos de ciclo, produtividade, ritmo de produção, etc.) com outros eventos (produto, operador, turno, máquina, etc.), o que possibilitaria extrair relatórios finais para análises e auxílio ao processo de tomada de decisão, análise dos problemas, etc.

Os sinais de dressagem, início e fim de ciclo, número máximo e mínimo de peças entre operações (*Work in Process*) e presença ou não de peças eram coletados via sensores (indutivos e de presença) que foram instalados nas máquinas e nas esteiras transportadoras, ou seja, a origem

desses sinais era proveniente da própria máquina ou de sensores. Havia uma preocupação em desenvolver máquinas inteligentes e separar o homem da máquina (*Jidoka*). Todas as tarefas até então, haviam sido realizadas pela máquina. A partir daí, o homem (responsável por solucionar o problema) iria até o local diagnosticar e posteriormente informaria se teria condições de resolver aquele problema. Nesse caso, a detecção da anormalidade é função da máquina, enquanto que a decisão sob a forma de correção é de responsabilidade do homem.

Os sinais referentes a paradas eram informados através de um conjunto de botoeiras que foi instalado na linha, uma botoeira por máquina, ou seja, a origem era proveniente de um dispositivo que seria acionado via intervenção humana, um Sistema *Andon*.

A botoeira de acionamento permitia que se registrasse o motivo da parada, o que contribuiria bastante para atacar a raiz do problema. Nessa botoeira haviam 6 botões:

1. Parada por falta de material
2. Parada por manutenção mecânica
3. Parada por manutenção elétrica ou eletrônica
4. Parada por problemas de qualidade
5. Parada por Setup
6. Parada por outros motivos

Antes o gerenciamento dos motivos de parada era apontado manualmente onde o operador no fim do turno indicava os vários motivos discriminados por códigos em uma ficha de papel.

Com a introdução do sistema de botoeira ligado ao botão de início de ciclo da máquina, permitiu que os tempos de parada fossem monitorados com alta precisão e em tempo real aumentando a confiabilidade das informações. A botoeira consistia conforme já comentado de 6 botões cada um indicando um motivo de parada, assim ao reiniciar o ciclo o operador acionava o botão correspondente ao motivo de parada.

Os motivos de parada foram selecionados para cada máquina de acordo com as necessidades identificadas pelos operadores. Além dos botões com motivos especificados, foi

inserido um outro botão para “outros” motivos. A configuração do sistema é simples e, assim, caso os tempos de parada devido à “outros motivos” esteja demasiadamente elevado, o sistema pode ser reconfigurado para que seja feita a troca de um motivo pouco acionado por um outro que passou a ter maior incidência. Desta maneira, ajusta-se o processo a realidade da produção, aumentando a flexibilidade.

Essa separação entre diferentes tipos de paradas possibilitava fazer uma análise com maior nível de detalhe objetivando atacar a raiz do problema. É neste aspecto que se caracteriza a similaridade deste trabalho desenvolvido nesta empresa de autopeças e o objetivo principal desta dissertação.

### **3.3.3. Viabilidade Econômica:**

O custo do projeto pode ser dividido em quatro fontes: (1) instalação / aquisição da rede de campo (fieldbus); (2) aquisição dos recursos software, hardware e periféricos; (3) implementação do sistema. (4) manutenção, ajuste e aperfeiçoamento do sistema.

Considerando o custo total de implementação, pode se observar que este era inferior a 5% do valor das máquinas. Isto é, com um custo 5% maior na elaboração de uma célula seria possível desenvolver e implementar um sistema de supervisão. O sistema implementado é ainda subutilizado, podendo atender a outras células, o que significa que seu custo por célula ou mesmo por máquina pode ser ainda menor.

### **3.3.4. Características do Sistema:**

**Gerenciamento de tempo e motivo de parada:** Esta solução permitiu que fossem analisados todos os motivos de paradas de linha que causavam distúrbios ao fluxo produtivo. Aquele botão ao qual menciona-se outros problemas deixa o sistema de monitoramento bastante flexível e passível de contínua melhoria. Por outro lado ele possibilita registrar outros tipos de problemas que acabam confrontando com o propósito do sistema, ou seja, com a necessidade de minimizar os problemas de paradas de linha.

**Tempo de ciclo e capacidade da linha:** os tempos de ciclo foram analisados a partir de sinais coletados através do CLP (Controlador Lógico Programável) via sensores. Isso possibilita determinar o ritmo ótimo de trabalho da linha.

**Produção:** a contagem total de peças era feita em dois pontos da linha e com dois sinais (sensor de presença e emissão acústica). Foi necessária uma solução conjunta para garantir a confiabilidade da informação, pois a informação do avanço da ferramenta (coletada no CLP) não representa obrigatoriamente que uma peça foi feita.

Com informações sobre o turno era possível determinar o ritmo da produção em um determinado intervalo ou período de tempo.

No sistema de supervisão foi elaborado um gráfico de produção por tempo, onde é possível comparar a produção real com a ideal. Assim o ritmo de produção pode ser analisado. Os indicadores de ritmo de produção e produtividade foram desenvolvidos com o intuito de mostrar, em tempo de tomada de decisões, os problemas e desvios em relação ao cenário programado.

Como resultado do sistema em operação com a botoeira que diagnostica os motivos de parada, já foram realizadas ações que resultaram em um ganho de cerca de 10% na produção.

Além disso, a visualização do sistema pelos gerentes e chefes da linha propicia uma imagem única sobre o chão-de-fábrica facilitando o entendimento das ações a serem tomadas. Isso faz com que haja mais foco nas atividades e consenso nas prioridades. Ficam evidentes também que a implementação do sistema é cíclica e o leque de necessidades de aprimoramentos e otimizações do sistema está em constante transformação.

### **3.4. Definição e descrição do Sistema *Andon*:**

Um novo conceito de Sistema de Supervisão e também de Gestão Visual têm origem através do Sistema Toyota: o Sistema Andon. Esta ferramenta tem larga aplicação na indústria e apesar de não muito difundida traz grandes benefícios.

Segundo Monden (1994), *Andon* é um sistema que sinaliza quando um operador parou a linha por algum tipo de problema ou por que não conseguiu cumprir suas tarefas dentro do ciclo de trabalho estabelecido ou mesmo porque atingiu a produção planejada.

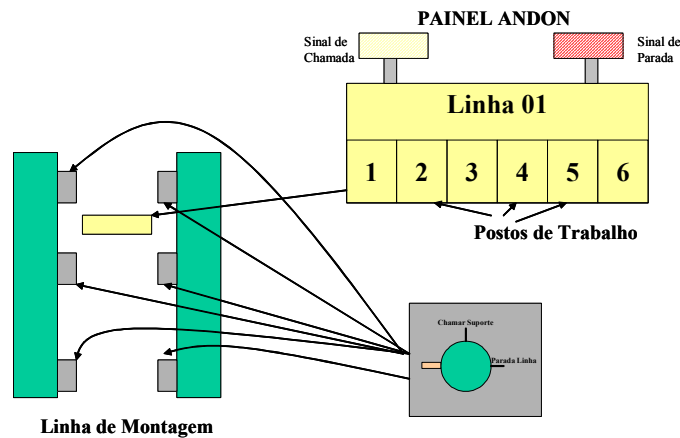
Taiichi Ohno (1997), define Andon como sendo um sistema de suporte à discussão para o tratamento de problemas existentes no cotidiano das fábricas e evidencia a importância de promover a participação de todas as pessoas no processo de resolução de problemas e melhorias de processo. A função do *Andon* é entre outras características, ser capaz de mostrar o status da manufatura para toda a fábrica, através de seu sistema de gestão visual, informando que um problema existe e que é necessário resolvê-lo num tempo de resposta imediato.

O Sistema Toyota descreve a importância desta ferramenta como uma estratégia de Projeto de Sistema de Manufatura, mostrando que é mais do que simplesmente um sistema de informação, pois a plena utilização do Andon propicia:

- Identificar um problema e alertar rapidamente da ocorrência do mesmo;
- Garantir a estabilidade de produção (trabalho num ritmo constante e cadenciado);
- Aprendizado para com os problemas gerados;
- Busca pela eliminação de problemas reincidentes (isto será abordado na sequência desse trabalho).

Segundo Cochran (1998), a melhora de um Sistema de Manufatura deve-se a uma decomposição de fatores – MSDD (*Manufacturing System Design Decomposition*), entre os quais, muitos deles são influenciados pelo sistema *Andon*. Na sequência serão mostradas as funcionalidades do Andon baseado nas características de um melhor Projeto de Sistema de Manufatura.

A figura 3.7 mostra a operacionalidade do sistema:



Fonte: Monden 1994

**FIGURA 3.7: OPERAÇÕES DO ANDON**

A linha de montagem possui seis postos de trabalho. Quando um determinado posto tem um problema, ele aciona a chave comutadora (em detalhe na figura). O painel mostra que o posto está com problema, acendendo a lâmpada da estação correspondente. Uma lâmpada amarela e outra vermelha, superior ao painel, possibilitam um melhor diagnóstico aos gestores e times de trabalho do que acontece na fábrica:

- Lâmpada amarela: visualiza que a estação sinalizada está operando em situações precárias;
- Lâmpada vermelha: a estação sinalizada está parada.

A Ford que já faz uso desse sistema dentro do FPS (*Ford Production System*), define esta ferramenta, o PCB (*Process Control Board*) como um mecanismo para assistir imediatamente os operadores, seja sob a ótica de resolução de problemas e também de garantia de trabalho de acordo com a demanda do cliente. Estes dispositivos utilizam uma linguagem visual que permite os membros suportes, líderes e os próprios operadores, identificarem rapidamente que ocorreu um problema e tomar providências no intuito de minimizar perdas no fluxo produtivo.

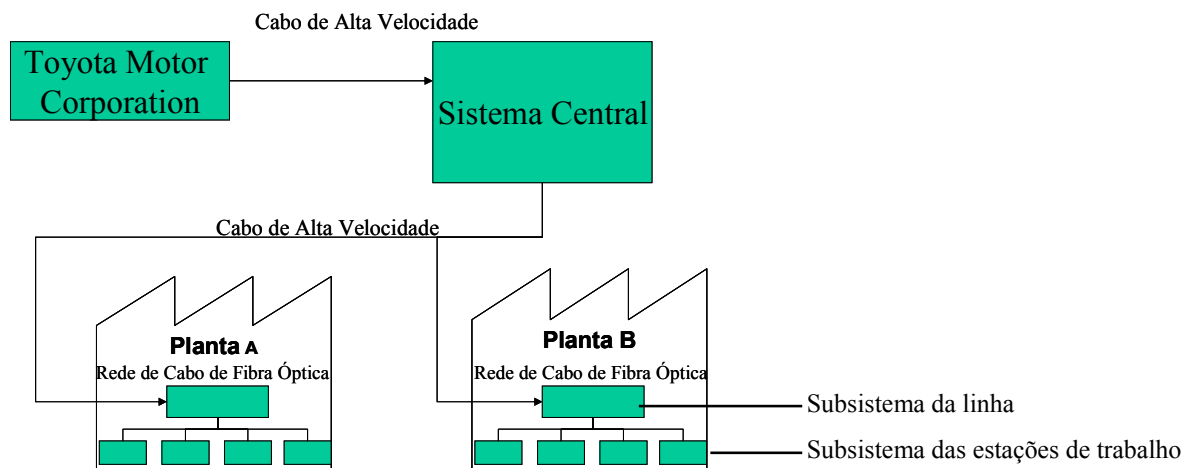
O *Andon* é então projetado para conseguir assistir os operadores no menor tempo possível tanto no aspecto de acompanhamento de processo (visualização, alarmes, etc), por buscar uma maior estabilidade trabalhando no tempo *takt*, no controle operacional de identificar e sinalizar rapidamente um problema, como também trabalhar num processo de melhoria que busca eliminar

problemas recorrentes. Alguns sistemas incluem dispositivos tais como painéis *andon*, bandeiras, sinalizadores, etc.

### 3.4.1. Arquitetura, Estrutura e Comunicação:

A arquitetura do sistema de supervisão da Toyota, caso introduzido por H. Takahashi e H. Kubota da Kanto Auto Works (apud, Monden 1994), caracteriza-se por ser um sistema de controle hierárquico descentralizado, que permite adaptar-se prontamente quando necessário a novos equipamentos ou novos produtos.

O Sistema de Controle Hierárquico Descentralizado ou Sistema Autônomo Diversificado como é definido, possui uma estrutura em que o servidor da companhia localizado em uma unidade da corporação alimenta os minicomputadores de cada planta (os sistemas supervisórios), através de um cabo digital de alta velocidade. Estes sistemas supervisórios controlam autonomamente os subsistemas das linhas que controlam os subsistemas das estações de trabalho. A figura 3.8 ilustra este comentário:



Fonte: Monden, 1994

**FIGURA 3.8:** SISTEMA DE CONTROLE HIERÁRQUICO DESCENTRALIZADO

A grande vantagem do sistema descentralizado é a versatilidade e a segurança das informações. O subsistema possui a autonomia de controlar os subordinados. As informações de produção fluem da seguinte forma:



1. O Servidor recebe o programa de produção do cliente e informa os Sistemas de Supervisão de cada planta;
2. Os Sistemas Supervisórios alimentam as linhas de produção.
3. Os subsistemas das linhas de produção informam o nível inferior (postos de trabalho) sobre o que será produzido naquele dia.

A tabela 3.1 procura mostrar os níveis hierárquicos de um sistema de supervisão segundo a metodologia do Sistema Toyota:

TABELA 3.1: NÍVEIS HIERÁRQUICOS DO SISTEMA DE SUPERVISÃO

Nível	Hierarquia	Funções	Sistema
1	Central Office (Controle Produção)	Controlar performance de produção	Servidor Central
2	Sistema Supervisório Central (nível da planta)	Sequenciar a programação da produção	Servidor da Planta
3	Controle do Processo	Controle do Processo, coleta de dados de manufatura, Roteiro de Manufatura e Controle do WIP	Supervisório do Processo
4	Controle da Linha	Especificação de Roteiros de Produção, Monitoramento das condições dos equipamentos	Supervisório das Linhas
5	Controle da Linha	Monitoramento das Condições de trabalho da estação	Andon, Robôs

Fonte: Monden, 1994

### 3.4.2. Características e Dados a serem monitorados pelo Sistema Andon:

Este Sistema apresenta como características operacionais:

- Mostrar o status das estações de trabalho e de uma área particular;
- Informar ao *shop floor* e ao *team leader* em tempo real sobre a ocorrência de uma anormalidade e buscar ações corretivas dentro do *takt* definido;
- Dar autoridade ao *team leader* para identificar e resolver problemas rapidamente;

- Impedir que problemas sejam transferidos para o próximo processo;
- Gerar oportunidades de melhoria contínua através do constante aprendizado;
- Sinalizar a necessidade de atividades periódicas tais como: inspeções, *set ups* e atividades de manutenção preventiva;
- Ser um sistema visível, simples e comunicativo (sonoro), capaz de fornecer informações instantâneas e agilizar na tomada de decisão;
- Ser instalado em um lugar de boa visualização na fábrica;

Como dados a serem monitorados, o sistema pode controlar e detectar problemas de:

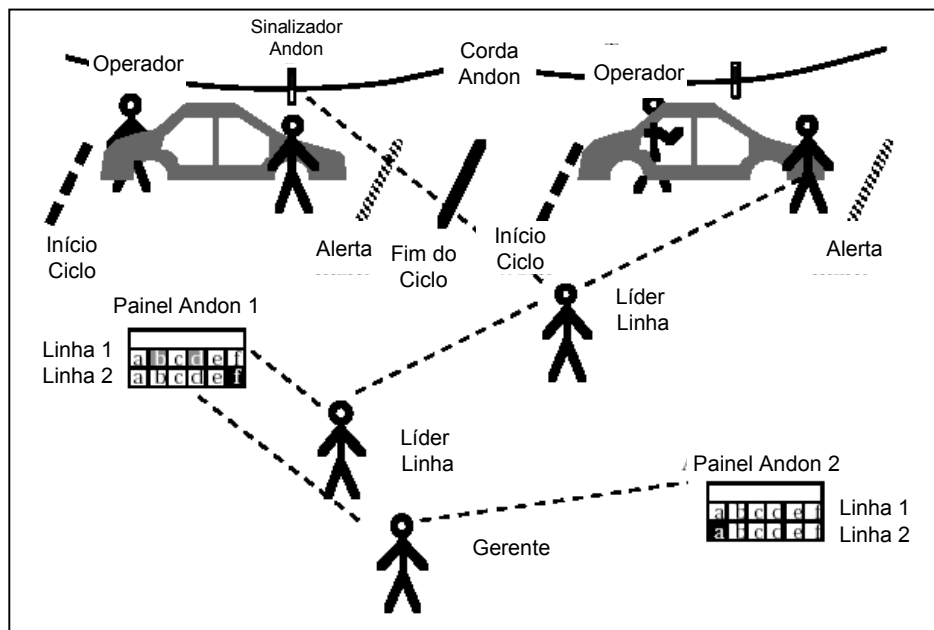
Estabilidade da Linha:

- ✓ Ritmo de Produção
  - i. Garantir aos operadores que o conteúdo de trabalho está sendo realizado num ritmo definido;

Resolução de Problemas:

- ✓ Qualidade
  - i. Número de ocorrências;
  - ii. Causas das anormalidades ocorridas no chão de fábrica;
- ✓ Manutenção
  - i. Identificar a necessidade e o momento de manutenções preventivas ou planejadas em determinado posto ou equipamento;
  - ii. Tempo de máquina parada (*downtime*);
  - iii. Número de paradas e duração de cada parada;
  - iv. Causas das anormalidades ocorridas no chão de fábrica;
- ✓ Logística:
  - i. Falta de material na linha. Caso haja algum problema, o operador do posto acionará sua botoeira avisando que ocorreu alguma anormalidade;
- ✓ Ferramental / Setup

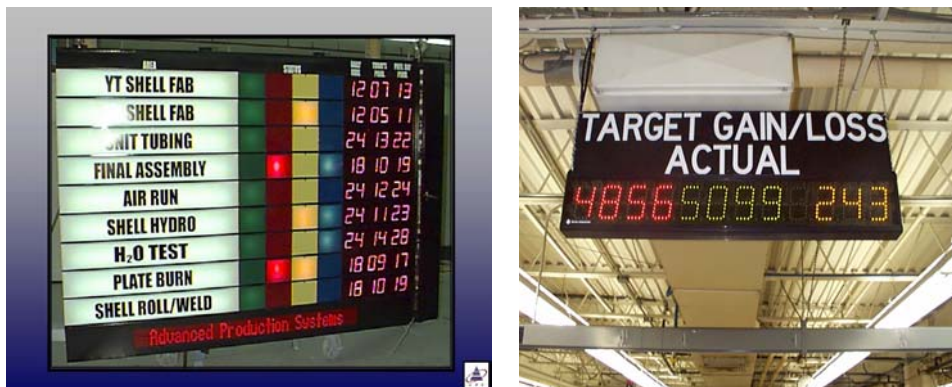
O Sistema pode apresentar também, um plano de ação que mostra quem é o responsável por executar determinada atividade e o status de cada ação. A figura 3.9 mostra o sistema com os times de trabalho e as botoeiras de acionamento:



Fonte: Spear, 2002

**FIGURA 3.9: RÁPIDA COMUNICAÇÃO DE ANORMALIDADES**

A figura 3.10 ilustra modelos de painel *andon*:



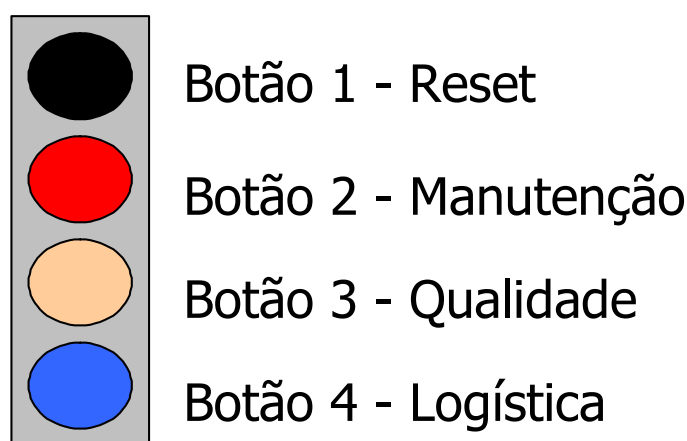
**FIGURA 3.10: PAINÉIS ANDON**

### 3.4.3. Um Exemplo de Aplicação do *Andon* na Estamparia da Ford:

#### 3.4.3.1.O Sistema:

Na Ford São Bernardo uma linha de Prensas possui o Sistema PCB *Andon* instalado. O Sistema segue os padrões da Ford, mas diferem um pouco do instalado em linhas de montagem, pois em linhas de estamparia, o *takt* é definido pelos ciclos das prensas.

No painel elétrico de cada prensa foi colocada uma botoeira que permite os operadores acionarem quando tiverem algum tipo de problema em sua estação de trabalho. A figura 3.11 mostra um esboço da botoeira da Ford.

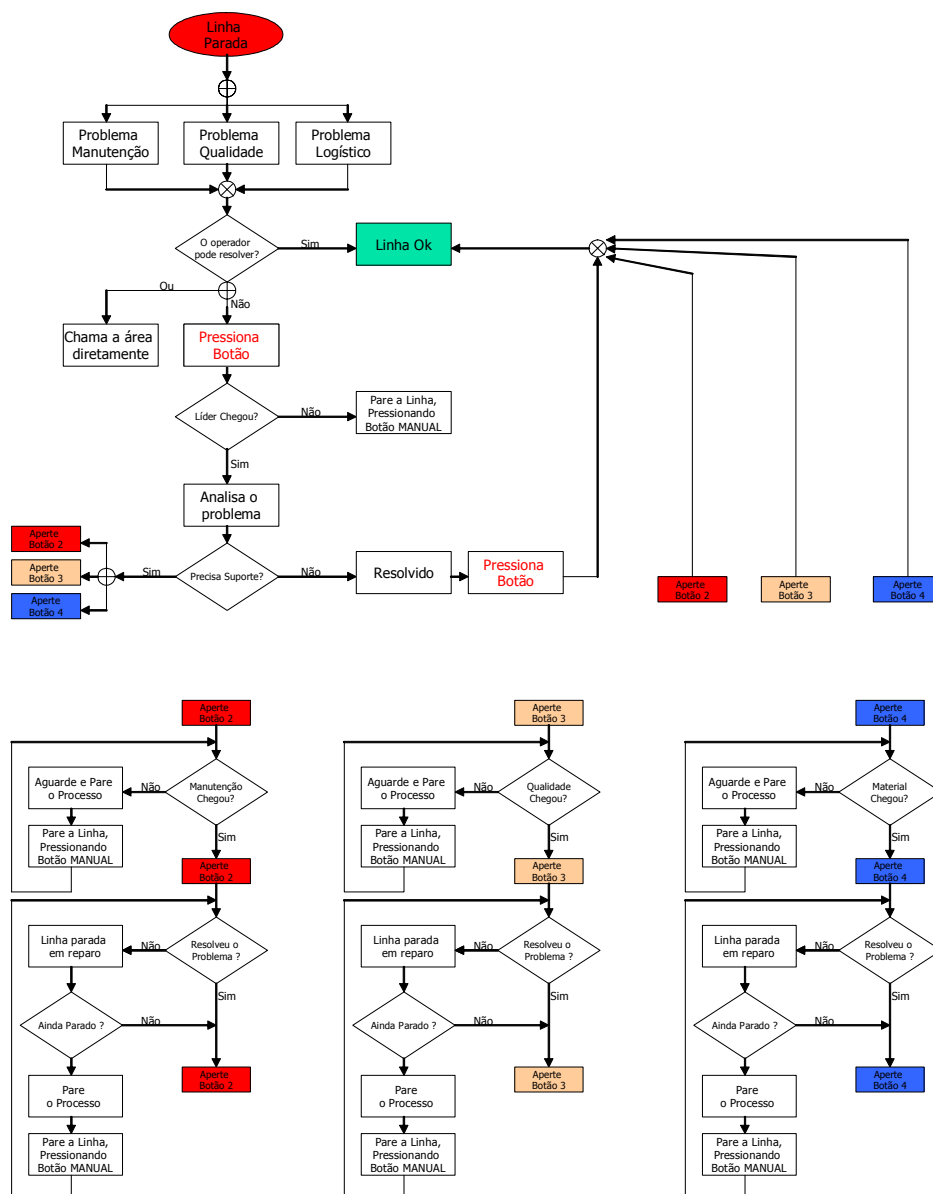


**FIGURA 3.11:** BOTOEIRA DE ACIONAMENTO DA LINHA DE ESTAMPARIA DA FORD

Caso o operador tenha algum problema, ele aciona o botão correspondente e isto informa o painel Andon que fica disposto na área central da linha, que determinada estação está com determinado problema (qualidade, manutenção, falta de material, problemas de ferramental, etc) e que determinada pessoa está tentando solucioná-la. De acordo com o fluxograma da figura 3.12, caso ele não consiga solucioná-lo, ele aciona o botão novamente e o painel *andon* mostra que a mesma estação está pedindo determinado auxílio para resolver um dado problema.

Quando o auxílio chega, o líder da área pressiona o botão novamente (mudando o *status* do painel, que agora passa a informar que já chegou o auxílio). Caso o líder consiga resolver ele

aciona o botão correspondente novamente e em seguida aciona o reset. Se não for possível resolver aciona novamente o botão (sem acionar o reset) e isto quer dizer que está solicitando suporte. Da mesma forma quando o suporte chega pressiona o botão (o painel *andon* informa que o suporte chegou e que está solucionando o problema). Ainda se o suporte não resolver para-se a linha pressionando o botão manual. Caso contrário pressiona-se o botão correspondente e o reset informando que a linha está ok. A figura 3.12 exibe mais detalhes da operacionalização do sistema:



Fonte: Process Control Board, FPS (2002)

**FIGURA 3.12: FLUXOGRAMA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

### **3.4.3.2.Características e Comentários do Sistema:**

O Sistema contribuiu bastante para a melhor administração da linha pelos líderes e supervisores. Com a implementação do sistema, os gestores sabem olhando no painel qual a produção da linha, se a mesma está atrasada ou adiantada em comparação ao previsto e se cumprirá o programa, o que os auxilia a programar horas extras, ou seja, contribui significativamente para uma melhor administração e gerenciamento da área.

Os operadores e líderes da linha também afirmam que, comparando a linha hoje e anteriormente sem o sistema, atualmente a linha fica parada menos tempo, ou seja, aumentou a produtividade, e a diversidade de problemas diminuíram consideravelmente, devido ao maior aprendizado e a preocupação em não gerar erros. Segundo os operadores e as pessoas de suportes da linha, anteriormente se o posto 10 tivesse um problema, o posto 02 iria saber depois de algumas horas e teria construído um imenso estoque. Com a instalação do sistema a informação chega em alguns segundos, o que gera uma redução do estoque em processo. Um outro comentário dos operadores da linha e os líderes, é que eles se sentem bastante preocupados em não originar os problemas. E quando um problema é gerado ele é rapidamente solucionado e na maioria das vezes não volta a ocorrer. A Engenharia de Manutenção da área controla o indicador de Tempo Médio para Reparo - MTTR (*Mean Time to Repair*) e segundo eles esse número reduziu bastante após a utilização do *Andon*.

### **3.4.4. O Sistema *Andon* nas Linhas da Toyota:**

Na *Toyota Motor Manufacturing* em *GeorgeTown*, era fundamental produzir com qualidade e baixos custos e, isto significava eliminar desperdícios e fazer com que quaisquer problemas fossem resolvidos instantaneamente além de impossibilitar a transferência de um produto com problemas para a próxima etapa do processo, ou melhor, para o seu cliente imediato.

Estes princípios induziriam produzir somente para uma demanda real e problemas de processo deveriam ser resolvidos antes de passar o produto para frente. É claro que isto só era possível devido ao forte trabalho de organização de fábrica baseado no trabalho padrão e no envolvimento das pessoas focadas em motivação, onde “quem pensa o trabalho é quem faz o

trabalho”. Cada estação de trabalho tinha claros os conceitos de divisão e organização das tarefas, mostrando o tempo de ciclo da estação, a seqüência de trabalhos bem definida, conhecimento da execução das tarefas, inspeção incorporada ao processo e tudo dentro do tempo de ciclo.

O slogan da Toyota “Bons Pensamentos, bons produtos” mostrava bem a importância das pessoas no ambiente de trabalho. Os operadores trabalhavam motivados, direcionados a dar sugestões, atacar melhorias, resolver problemas e aprender com os mesmos. Estes esforços permitiam focar na causa raiz de um problema e buscar eliminá-lo.

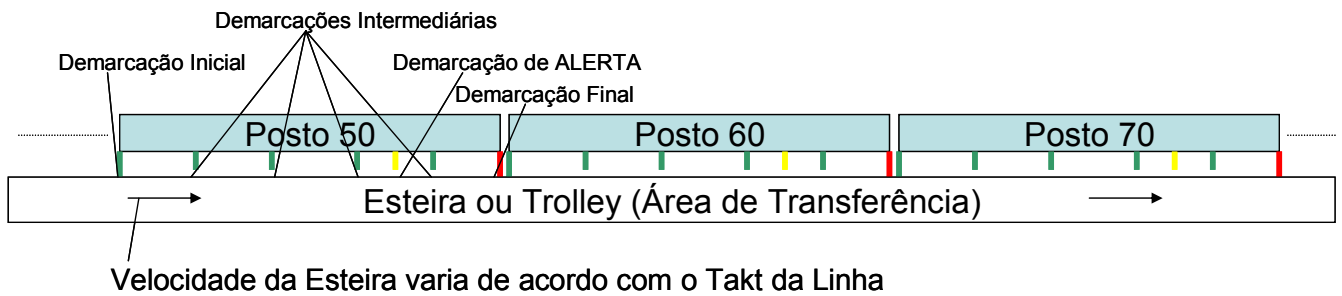
Para atacar os problemas imediatamente, a Toyota utilizou o Sistema *Andon*. Esse sistema era acionado puxando-se uma corda que ficava na estação de trabalho de uma linha de montagem.

Qualquer trabalhador ao longo da linha podia puxar a corda se tiver algum tipo de problema seja de qualidade, manutenção de equipamento ou dispositivo ou falta de material. A utilização da corda ou o acionamento de um botão de emergência ou um alarme no equipamento permitia entre outros benefícios, a possibilidade de manutenção do ritmo de trabalho, o não acúmulo de estoques e caso um problema ocorresse, o procedimento era parar, identificar o problema e buscar solucioná-lo.

A importância de parar a linha é evidenciada fortemente na Toyota. A postura é a seguinte: “Nós paramos a linha com o propósito de não termos mais que pará-las no futuro pelo mesmo motivo”. Quando introduziu esses conceitos, as linhas paravam o tempo todo. Com o passar do tempo, através da identificação e aprendizado dos problemas, as paradas diminuíram vertiginosamente. Essa postura possibilitou a Toyota ter um dos maiores níveis de qualidade nos produtos entre todas as montadoras de veículos.

Nas linhas de montagem havia em cada estação de trabalho, uma série de demarcações no piso as quais se permitia visualizar, o início e o fim da operação bem como as demarcações intermediárias, ou seja, a cada 20% da distância e conseqüentemente, transcorrido 20% do tempo, havia uma demarcação verde. O operador iniciaria o ciclo de trabalho quando um carro atingisse

a demarcação verde inicial e deveria terminar todas as suas tarefas quando atingisse a demarcação vermelha. Havia uma demarcação amarela intermediária correspondente a 70% do tempo e da distância a qual caso o operador a atingisse e não tivesse realizado 70% de seu trabalho, puxava uma corda que existia na linha de montagem acionando o sistema denominado *andon*. A figura 3.13 mostra as demarcações no posto de trabalho:



**FIGURA 3.13: PONTOS DE DEMARCAÇÕES NOS POSTOS DE TRABALHO**

Caso ocorresse uma puxada de corda, disparava-se uma sirene ou acendia uma lâmpada e também alimentava um painel *andon board*. Imediatamente o líder dirigia-se para o local investigar o problema e se conseguisse resolver puxava a corda novamente liberando a linha. Caso contrário, quando a linha atingisse a demarcação vermelha que é o momento em que todos os centros de trabalho finalizam suas operações e a atenção do grupo de líderes é direcionada para o posto de trabalho com problemas, focava-se em resolver o problema, liberar a linha e posteriormente enviar a “área clínica” onde seria investigado através do trabalho dos “cinco porquês” (esta ferramenta será descrita posteriormente e tem por objetivo investigar a causa do defeito de modo a não voltar a ocorrer). Segundo Aristóteles: “Eliminada a causa, elimina-se o efeito”. Dix (1994) afirma que a reportagem de problemas leva a necessidade de organização e hierarquização dos dados.

Na sequência, será mostrado um exemplo de procedimento de investigação (técnica dos cinco por quês) até se chegar a raiz do problema, ocorrido na Fábrica de Kentucky. Também será apresentado um gráfico que mostra o número de puxadas de corda nessa linha que monta os assentos dos veículos.



### a. Os Cinco Porquês

O problema surgiu na parada abrupta de um equipamento: o robô de solda. Como ação inicial, foi acionado o sistema, puxada a corda e o problema foi “parcialmente” resolvido liberando a linha que voltou a trabalhar causando o mínimo distúrbio ao fluxo produtivo. Após isso, houve as atividades de diagnosticar o problema até identificar a causa raiz, o que a Toyota caracterizava como levar o problema para a “área clínica”.

Para isso, foi realizado o exercício dos cinco porquês com o objetivo de identificar a causa do problema e buscar eliminá-lo.

Situação	Robô de solda da linha de montagem parou abruptamente
Proposta Inicial	Trocar o fuso do eixo principal
Problemas	Parada do Robô de Solda
	POR QUÊ ?
	O Fuso superaqueceu fundindo-se
	POR QUÊ ?
	Lubrificação dos mancais de rolamento inadequada
	POR QUÊ ?
	A bomba de óleo não arrasta óleo suficiente
	POR QUÊ ?
	Existem cavacos de metal dentro da bomba
Ação	POR QUÊ ?
	Não há filtro de óleo instalado
	Instalar filtro de óleo
Efeitos	Frequência de quebras diminuíram drasticamente

Fonte: Toyota Motor Manufacturing – Harvard Business Review

**FIGURA 3.14: O EXERCÍCIO DOS CINCO PORQUÊS**

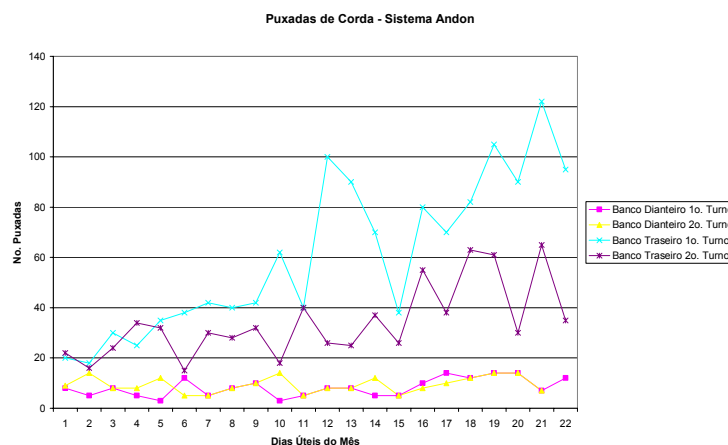
Como resultado, a solução apontada inicialmente de trocar o fuso que solucionaria o problema naquele momento, porém o mesmo voltaria a ocorrer, foi alterada. Após o exercício de questionamento onde foram descobrindo as verdadeiras causas, chegou-se a conclusão que deveria ser instalado um filtro na entrada da bomba, pois a mesma não possuía filtro.

Portanto, a solução inicial (troca do fuso) não era a causa do problema e conseqüentemente não eliminaria a recorrência. Após realizar o trabalho de investigação e detectar que a solução seria instalar um filtro de óleo na sucção da bomba, o resultado foi uma diminuição drástica nas frequências de quebra.

#### b. As puxadas de corda:

Um exercício realizado na Toyota Kentucky mostrou o número de vezes no dia durante um mês em que a corda era puxada. A linha de montagem de bancos (assento dianteiro e traseiro), possuía inúmeras estações de trabalho e um total de 70 operadores. Em média, cada operador puxava a corda umas doze vezes por turno e apenas em uma dessas doze parava-se a linha. Ou seja, era um total médio de 840 puxadas por turno e dessas, 70 vezes a linha parava, algo em torno de 8%.

O gráfico da figura 3.15 ilustra o comentário realizado:



Fonte: Toyota Motor Manufacturing – Harvard Business Review  
**FIGURA 3.15: AS PUXADAS DO ANDON NA TOYOTA KENTUCKY**

Na fábrica da NUMMI, na Linha de Montagem de Veículos, linha com 150 estações de trabalho, a corda é puxada umas 1000 vezes por turno e dessas puxadas 50 geram parada de linha (para-se a linha 5% das vezes).

Esses exemplos de fábricas da Toyota evidenciam a importância de se parar a linha. A Toyota afirmava que a utilização desse sistema tinha como objetivo principal focar na melhoria da qualidade. O objetivo principal era a qualidade e não a velocidade com que se deveria produzir. Segundo Monden (1997), velocidade sem qualidade é sinal de perdas e retrabalho. É importante observar que as ações eram claras e cada membro do time tinha sua função previamente definida:

- O líder da linha tinha responsabilidade de manter a linha rodando e de responder rapidamente a paradas.
- O grupo de líderes tinha como objetivo reduzir ou eliminar a reocorrência de problemas e isto significava desenvolver e capacitar pessoas.

#### **3.4.5. Funcionalidades do Andon:**

Baseado nas características do Andon faz-se necessário caracterizar esse sistema sob a ótica de requisitos de funcionalidades. Cochran (1998), estabeleceu uma árvore de decomposição de funcionalidades – *Manufacturing System Design Decomposition* (MSDD) para se obter melhorias num Projeto de Sistemas de Manufatura dentre as quais muitos desses requisitos adequam-se às características do Sistema *Andon*. Segundo Cochran, para se atingir melhorias no Sistema de Manufatura é necessário:

- minimizar custos no sistema produtivo:
  - reduzindo os desperdícios de mão de obra, materiais, transporte e retrabalho
- maximizar o retorno sobre as vendas:
  - fabricando produtos com qualidade,
  - atendendo os clientes no prazo definido por eles
- minimizar o investimento
  - reduzindo custo de instalações na fábrica no ciclo de vida do sistema.

E ainda segundo Cochran (1998), o desdobramento desses requisitos gera a necessidade de buscar:

1. Estabilização do processo:
  - a. Garantindo que erros em processo não gerem defeitos nos produtos;
2. Redução dos Atrasos

- a. Garantindo que o conteúdo de trabalho esteja de acordo com o ritmo de produção ou tempo *takt*;
- 3. Identificação e Solução dos Problemas:
  - a. Identificando onde e quando ocorrem as interrupções;
  - b. Identificando o tipo de problema;
  - c. Contatar as pessoas certas e rapidamente;
  - d. Minimizar o tempo de entendimento e atendimento a esses problemas;
- 4. Entregas Previsíveis:
  - a. Garantindo que a transferência do produto no processo produtivo ocorre de acordo com o ritmo ou tempo *takt*;
- 5. Aumento do comprometimento dos líderes de produção e time de trabalho com relação as suas atividades – Melhor efetividade da mão de obra:
  - a. Motivação e constante aprendizado;
  - b. Preocupação em não gerar problemas reincidentes;
  - c. Ataque a raiz do problema gerado;
- 6. Eliminação de interrupções no fluxo de informações através de uma melhor gestão visual.
  - a. Painel de Informação e avisos sonoros que aceleram a comunicação e aumentam a confiabilidade do sistema de manufatura
- 7. Investimento

Conhecendo-se as características do Sistema *Andon* descritas anteriormente e analisando o modelo da árvore de projeto definida por Cochran (1998), consegue-se estabelecer uma correlação entre ambos, apresentando assim as funcionalidades desse Sistema *Andon*.

As funcionalidades do sistema são definidas e enumeradas de forma macro em três grandes objetivos:

1º. Busca da Estabilidade da Linha:

- preocupação com a qualidade e que não se transfiram produtos com defeito para etapa subsequente;

- garantia de que a produção está no ritmo da demanda do cliente;
- garantia de que o conteúdo de trabalho está em sincronismo com o tempo *takt*;
- garantia de que produtos sejam transferidos no tempo certo.

2º. Resposta rápida a anormalidades e correção de problemas que geram as paradas de linha:

- um rápido acionamento para uma dada anormalidade e um rápido entendimento e atendimento a essa anormalidade.

3º. Eliminação de Problemas Reincidentes:

- possuir uma estrutura de apoio que colete os problemas gerados e trabalhe no intuito de resolvê-los impedindo a reincidência;

Assim o Andon pode ser visualizado como um sistema de gerenciamento que têm como objetivo controlar o sistema produtivo de processos industriais bem como ser uma metodologia de suporte aos gestores na tomada de decisões. Através desses objetivos macros são definidos então os requisitos funcionais, enumerados a seguir e correlacionados com o MSDD. Os requisitos são abordados conforme a evidencia em:

**I. Trabalhar no *takt time* e garantir a estabilidade do processo:**

**1.** Auxiliar o operador em manter o ritmo de trabalho de acordo com o tempo *takt*: Correlacionado no Modelo Cochran ao ramo de Redução de Atrasos.

O Sistema deve informar o operador em algum momento do ciclo de quanto tempo resta para terminar o ciclo de trabalho.

**2.** Garantir que a transferência das peças ocorra de acordo com o tempo *takt*: Correlacionado no Modelo de Cochran aos ramos de Redução de Atrasos e Entregas Previsíveis.

O Sistema deve informar o operador quando termina o ciclo através de alguma sinalização, permitindo que se transfira o produto no tempo exato.

## **II. Responder rapidamente a problemas:**

**3. Sinalizar e informar rapidamente uma anormalidade:** Correlacionado no Modelo de Cochran ao ramo de Identificação e Solução de Problemas.

O Sistema deve possuir um dispositivo em cada estação de trabalho que permita ao operador alertar que ele tem um problema.

**4. Permitir apontar QUAL É O PROBLEMA gerado:** Correlacionado no Modelo de Cochran ao ramo de Identificação e Solução de Problemas.

O Sistema deve apresentar em cada estação de trabalho uma botoeira que o possibilite informar a natureza do problema.

**5. Identificar corretamente e rapidamente os suportes:** Correlacionado no Modelo de Cochran ao ramo de Identificação e Solução de Problemas.

O Sistema deve apresentar um dispositivo que permita contatar rapidamente as pessoas (sistema radiofrequência, bip, celular, etc)

**6. Informar os gestores da fábrica sob o status da linha:** Correlacionado no Modelo de Cochran ao ramo de Gestão Visual e Melhora no Sistema de Informação.

O Sistema deve apresentar um painel ou algum quadro informativo com o status da manufatura de forma que os gestores visualizem o que acontece.

**7. Gerar informações sobre local da anormalidade, tempo e tipo de problema para posterior análise:** Correlacionado no Modelo de Cochran ao ramo de Identificação e Solução de Problemas.

O Sistema deve possuir um banco de dados ou uma central onde possa armazenar os dados para uma posterior análise.

## **III. Há preocupação com o constante aprendizado de forma a buscar a aprender com os problemas e eliminar a reincidência:**

**8. Garantir previsibilidade do resultado do trabalho dos operadores:** Correlacionado no Modelo de Cochran aos ramos de Entregas Previsíveis e Melhor Efetividade da Mão de Obra.

Ter operadores motivados e treinados a aprimorar o conteúdo do trabalho e assim desempenhar suas funções e atividades mais corretamente.

#### **IV. Preocupação em eliminar a reincidência:**

##### **9. Possuir uma estrutura de apoio de forma a identificar e analisar as causas raízes dos problemas:**

Correlacionado no Modelo de Cochran aos ramos de Identificação e Solução de Problemas e Melhor Efetividade da Mão de Obra.

O Sistema deve cercar-se de uma estrutura de apoio. Essa estrutura de apoio são os responsáveis em levar os problemas do banco de dados para a Área Clínica de forma a minimizar a reincidência. Ela deve focar em entender os problemas gerados com o intuito de trabalhar em melhorias que minimizem esses problemas.

##### **10. Implementar as ações de forma a impedir que os mesmos erros voltem a ocorrer :**

Correlacionado no Modelo de Cochran ao ramo de Qualidade – Estabilização do Processo.

A estrutura de apoio deve implementar as melhorias propostas, devido a ter:

- analisado as causas de problemas gerados;
- aprimoramento do conteúdo de trabalho e conhecimento dos problemas gerados pelos operadores.

#### **V. Investimento para expansão do sistema na fábrica:**

##### **11. Possuir viabilidade econômica para ampliação na fábrica:** Correlacionado no Modelo de Cochran ao ramo de Investimento.

O conjunto das funcionalidades anteriores proporciona um entendimento mais amplo e conseqüentemente um maior controle do sistema, o qual permite justificar a aquisição de um novo sistema, ou seja, uma expansão do Andon na fábrica.

Assim as funcionalidades do Andon então descritas, justificam o sistema ser uma ferramenta de gestão e controle do chão de fábrica e servirão de base para avaliação qualitativa dos ambientes de montagem analisados.

A tabela 3.2 mostra a correlação, onde são apresentadas as funcionalidades e, correlacionados cada item ao modelo de Cochran (1998):

TABELA 3.2: AS FUNCIONALIDADES DO ANDON

Item	Requisitos Funcionais	Característica Desejada	Ramo Correlacionado Modelo Cochran
<b>Definição do Takt Time</b>			
1	Auxiliar o operador em manter o ritmo de trabalho de acordo com o tempo <i>takt</i>	Sistema que garanta que o conteúdo do trabalho está em sincronismo com o tempo de trabalho (Pré requisito: rotina de trabalho padrão definida)	Redução de Atrasos
2	Garantir que a transferência das peças ocorra de acordo com o <i>takt time</i>	Sinalização para informar a operação anterior o momento exato de transferência do produto	Redução de Atrasos e Entregas Previsíveis
<b>Resolução Rápida de Problemas</b>			
3	Sinalizar e informar rapidamente uma anormalidade	Dispositivo que informe a ocorrência de uma anormalidade	Identificação e Solução de Problemas
4	Permitir apontar QUAL É O PROBLEMA.	Existir uma botoeira ou um teclado que se permita informar o tipo de problema	Identificação e Solução de Problemas
5	Identificar corretamente e rapidamente os suportes necessários	Sistema de Comunicação para contatar as pessoas suportes corretas	Identificação e Solução de Problemas
6	Informar os gestores da fábrica sob o status da linha	Painél que compara o produzido e o programado Painél que informa sobre a ocorrência de uma anormalidade	Gestão Visual e melhora no sistema de informação
7	Gerar informações sobre: local da anormalidade - tempo - tipo de problema para posterior análise	Banco de Dados ou uma central onde se permita apontar os problemas para posterior análise	Identificação e Solução de Problemas
<b>Aprendizado com o Trabalho</b>			
8	Garantir previsibilidade do resultado do trabalho dos operadores	Operadores motivados a desempenhar suas atividades cada vez mais corretamente. Aprimoramento constante do trabalho padrão.	Entregas Previsíveis e Melhor Efetividade da Mão de Obra
<b>Eliminação da Reocorrência</b>			
9	Possuir uma estrutura de apoio de forma a identificar e analisar as causas raízes dos problemas	Ter uma Estrutura de apoio com foco em analisar os problemas "levar a uma área clínica".	Identificação e Solução de Problemas e Melhor Efetividade da Mão de Obra
10	Implementar as ações de forma a impedir que os mesmos erros voltem a ocorrer	Estrutura de apoio que implemente as ações acordadas.	Qualidade (Estabilização do Processo)
<b>Investimento</b>			
11	Possuir viabilidade econômica para ampliação na fábrica	Bom entendimento das funcionalidades para conseguir justificar uma aquisição	Investimento

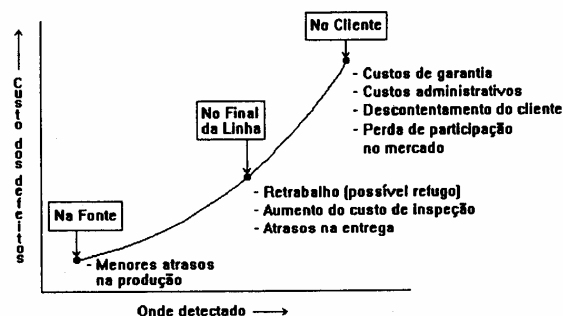


### 3.5. Considerações Finais sobre a Importância do *Andon* num Sistema de Produção Lean:

Neste capítulo foi apresentado primeiramente o conceito de Sistema de Supervisão alertando sobre a importância de sua utilização para coleta de dados e compilamento bem como ser uma ferramenta de suporte a decisão. Foi apresentado um exemplo de aplicação de um Sistema de Supervisão num ambiente de usinagem onde fica evidente sua necessidade devido a melhoras consideráveis de produtividade, aprendizado com os problemas, maior comprometimento em não gerar erros e acompanhamento e entendimento dos gestores sobre as ações a serem tomadas, o que permite mais foco nas atividades e consenso nas prioridades.

Posteriormente foi evidenciado o “sistema de supervisão” da Toyota, o *Andon*, sistema simples que tem por função e objetivo aumentar a estabilidade do processo produtivo sendo uma ferramenta de visão sistêmica e de gestão e controle para auxílio ao processo de melhoria e tomada de decisões.

Fica evidenciado também que o Sistema *Andon* suporta o conceito de Autonomia descrito no capítulo 2, onde uma anormalidade detectada através de uma inspeção incorporada ao processo (inspeção na fonte), proporciona a parada da linha e a contínua busca na minimização dos erros de processo que repercutem na eliminação dos defeitos nos produtos. A figura 3.16 mostra a importância da detecção rápida de uma anormalidade. Observam-se as desvantagens em termos de custos dos defeitos gerados em diferentes etapas de um processo produtivo.



Fonte: Lynch, 1989

**FIGURA 3.16: O CUSTO DOS DEFEITOS**

O objetivo de detectar problemas na fonte é não gerar retrabalhos, gastando recursos necessários para produzir o que realmente interessa e não retrabalhando peças já produzidas. O custo de retrabalho aumenta exponencialmente quando avança-se no processo produtivo.

Na sequência deste capítulo apresentou-se alguns exemplos de linhas de montagem da Toyota, onde o Sistema *Andon* é fortemente explorado e evidenciado devido as melhoras de produtividade, minimização de erros de processo, aprendizado com os problemas e maior comprometimento das pessoas para não gerar os erros. Foram apresentados os requisitos de funcionalidades do Sistema *Andon* que auxiliam no processo de melhoria, pois se mostram correlacionados ao *Manufacturing System Design Decomposition* proposto por Cochran (1998).

Esses requisitos funcionais serão abordados no próximo capítulo para avaliar qualitativamente diversos ambientes de montagem visitados, se as características dessas Linhas de Montagem bem como seu Sistema *Andon* são compatíveis com o *Andon* da Toyota. Esta análise permitirá avaliar a eficácia das funcionalidades do sistema *andon*.

## Capítulo 4

### Aplicação do Sistema *Andon* num Ambiente *Lean*:

Neste capítulo serão apresentadas as análises de alguns Ambientes de Montagem quanto às funcionalidades do *Andon*. Foram avaliadas individualmente, quatro linhas de montagem de diferentes características operacionais. Inicialmente, serão apresentados os critérios de funcionalidade de uma linha de montagem da Toyota na fábrica de Kentucky e na sequência explorado as análises das funcionalidades a cada ambiente de montagem.

Posteriormente serão apresentados os resultados das análises e propostos pré-requisitos de melhoria a esses ambientes, de forma que os mesmos objetivem atender as funcionalidades do *Andon* originário do sistema Toyota.

#### 4.1. Linha de Montagem de Avanço Contínuo – Toyota Kentucky

A linha de montagem de assentos dianteiros e traseiros dos veículos já descrita em termos de operacionalidade no capítulo anterior será analisada quanto aos requisitos de funcionalidades do *Andon*, avaliando se as características atuais do sistema atendem ou não as características desejadas que satisfazem os requisitos funcionais. A tabela 4.1 apresenta os requisitos funcionais definidos no capítulo anterior (critério de avaliação), as características desejadas que satisfazem aos requisitos e as características atuais de operação da linha, confrontando as características atuais com as desejadas e verificando o impacto: atende ou não ao requisito funcional.

TABELA 4.1: ANÁLISE DAS FUNCIONALIDADES DO ANDON PARA A LINHA DA TOYOTA

**Funcionalidades do Sistema Andon**  
**Linha de Montagem de Avanço Contínuo (Montagem de Veículos)**

Item	Requisitos Funcionais	Característica Desejada	Característica Atual	Impacto
<b>Definição do Takt Time</b>				
1	Auxiliar o operador em manter o ritmo de trabalho de acordo com o tempo takt	Sistema que garanta que o conteúdo do trabalho está em sincronismo com o tempo de trabalho (Pré requisito: rotina de trabalho padrão definida)	As demarcações no piso auxiliam o operador constantemente (trabalho padrão) - conteúdo do trabalho em sincronismo com o tempo de trabalho. <b>Demarcação amarela é o sinal de alerta.</b>	Sim
2	Garantir que a transferência das peças ocorra de acordo com o takt time	Sinalização para informar a operação anterior o momento exato de transferência do produto	Linha de Montagem com Velocidade Constante auxiliada pelas demarcações no piso. <b>A demarcação vermelha encerra o ciclo.</b>	Sim
<b>Resolução Rápida de Problemas</b>				
3	Sinalizar e informar rapidamente uma anormalidade	Dispositivo que informe a ocorrência de uma anormalidade	Acionamento da Corda e/ou são da sirene	Sim
4	Permitir apontar QUAL É O PROBLEMA.	Existir uma botoeira ou um teclado que se permita informar o tipo de problema	O operador tem acesso a corda e a uma central onde ele aponta o problema	Sim
5	Identificar corretamente e rapidamente os suportes necessários	Sistema de Comunicação para contatar as pessoas suportes corretas	Sistema RádioFrequencia e informações do painel	Sim
6	Informar os gestores da fábrica sob o status da linha	Painél que compara o produzido e o programado Painél que informa sobre a ocorrência de uma anormalidade	Painél Andon que compara o produzido e o programado Painél Andon que informa sobre a ocorrência de uma anormalidade	Sim
7	Gerar informações sobre: local da anormalidade - tempo - tipo de problema para posterior análise do problema	Banco de Dados ou uma central onde se permita apontar os problemas para posterior análise	Há uma central onde o operador aponta o local e o código do problema	Sim
<b>Aprendizado com o Trabalho</b>				
8	Garantir previsibilidade do resultado do trabalho dos operadores	Operadores motivados a desempenhar suas atividades cada vez mais corretamente. Aprimoramento constante do trabalho padrão.	Operadores motivados a desempenhar suas atividades cada vez mais corretamente. As demarcações no piso auxiliam o seu trabalho e o foco no treinamento é bastante abordado.	Sim
<b>Eliminação da Reocorrência</b>				
9	Possuir uma estrutura de apoio de forma a identificar e analisar as causas raízes dos problemas	Ter uma Estrutura de apoio com foco em analisar os problemas "levar a uma área clínica".	Após a liberação da linha, o problema é levado à área clínica onde é realizado o exercício dos cinco por quês para descobrir a causa raiz do problema	Sim
10	Implementar as ações de forma a impedir que os mesmos erros voltem a ocorrer	Estrutura de apoio que implemente as ações acordadas.	Estrutura com foco no processo de melhoria. Ações diagnosticadas são implementadas.	Sim
<b>Investimento</b>				
11	Possuir viabilidade econômica para ampliação na fábrica	Bom entendimento das funcionalidades para conseguir justificar uma aquisição	A simplicidade da ferramenta e sua alta funcionalidade viabilizam uma nova aquisição (muitas linhas na Toyota apresentam o sistema Andon)	Sim

Assim todas as características operacionais atendem as desejadas, satisfazendo todos os requisitos funcionais.

## **4.2. Ambientes de Montagem Visitados**

A metodologia de trabalho foi realizada com visitas e um breve estudo de caso. Foram analisadas quatro linhas de montagem de diferentes características operacionais em quatro diferentes empresas. Realizou-se uma análise exploratória a quatro casos específicos, o que de certa forma abrange a grande maioria dos ambientes de montagem na indústria, com o intuito de analisar de uma maneira global a aplicação do Sistema *Andon*. Os tipos de linhas analisadas foram:

1. Linha de Montagem de Avanço Contínuo e Constante (Montagem de Veículos);
2. Linha de Montagem de Giro Automático e Intermitente e liberação automática do produto ao final de cada ciclo;
3. Linha de Montagem Palletizada com liberação manual do produto;
4. Linha de Montagem Manual.

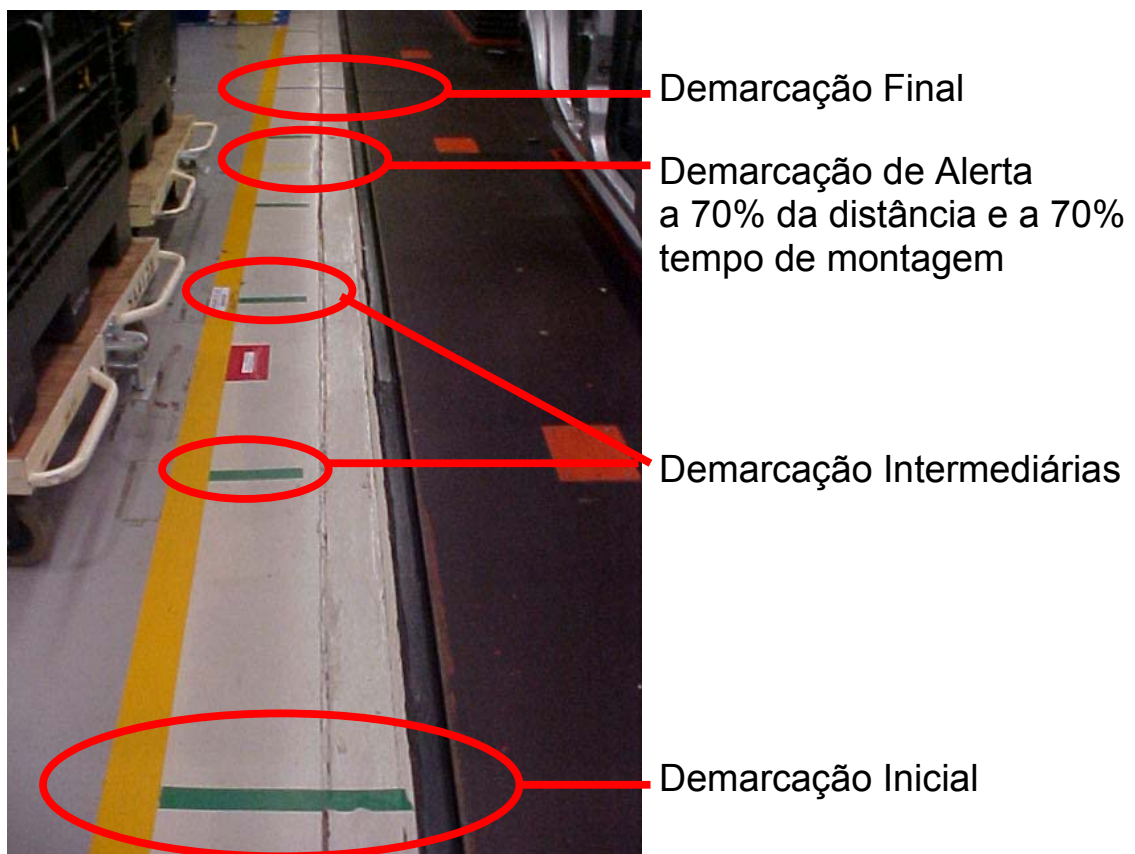
Na sequência serão apresentadas as análises individualmente, sob a ótica dos mesmos requisitos funcionais abordados na análise da Linha da Toyota.

### **4.2.1.Linha de Montagem de Avanço Contínuo e Constante:**

#### **4.2.1.1.Características da Linha:**

Uma linha de montagem de veículos apresenta como características básicas possuir um layout em linha que favoreça principalmente a identificação clara do fluxo do produto. Por ser uma montagem bastante complexa do ponto de vista de se analisar todas as suas operações, estas linhas requerem altos investimentos em automação, tais como robôs, manipuladores, AGV's (veículos guiados automaticamente) e dispositivos a prova de erros. Além disso, outras características podem ser citadas:

- A velocidade da linha de transferência varia de acordo com o ciclo de produção ou *takt time*.
- As linhas apresentam demarcações no piso que auxiliam o trabalho no *takt* pré-definido. No Posto de Trabalho há subdivisões de demarcações que possibilitam um melhor controle visual da situação a todo o momento. Existem as demarcações iniciais e finais, demarcações intermediárias a cada 20% do tempo transcorrido de montagem e uma demarcação em amarelo a 70% da distância e conseqüentemente a 70% do tempo e. A figura 4.1 mostra o comentário:



**FIGURA 4.1:** DEMARCAÇÕES NA LINHA

**a. Características Operacionais do Sistema:**

Conhecido como PCB (*Process Control Board*), o *Andon* tem como características ser:

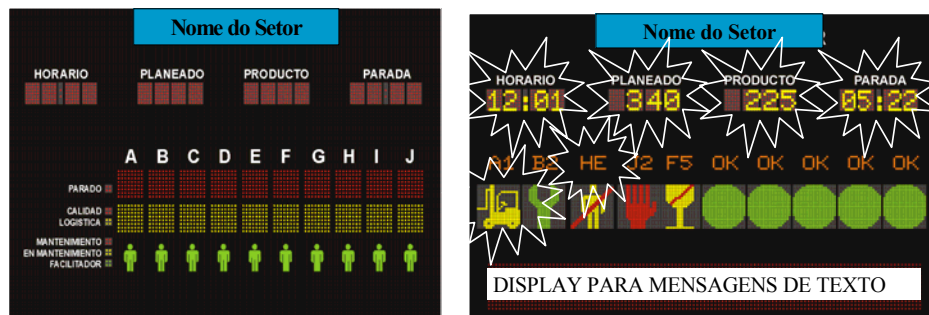
- O mecanismo de comunicação entre o Grupo de Trabalho e o processo, informando quando um problema ocorreu, o local, qual é o problema, quem está resolvendo e o status do mesmo;
- Mostrar ao Grupo de Trabalho o status da manufatura, sinalizando quando houver alguma anormalidade tais como:
  - i. Problemas de Qualidade
  - ii. Quebra de máquinas ou equipamentos
  - iii. Paradas de linha seja por problemas de qualidade, manutenção, falta de material, absenteísmo ou necessidades fisiológicas.
  - iv. *Setup*, manutenção preventiva, etc.
- O elo de comunicação entre operador da estação de trabalho e os outros membros da linha através do aviso sonoro e por intermédio do painel se há problemas em sua área de trabalho

#### **b. Características Técnicas do Equipamento:**

O Equipamento têm por função trabalhar em sintonia com os conceitos de autonomia oriundos do Sistema Toyota e já abordados anteriormente. As características do painel *Andon* instalado nesta empresa apresentam:

- Leitura por símbolos pictográficos de rápida visualização. Simbologia flexível
- Informações do Display:
  - Horário
  - Produção Planejada para o Dia
  - Produção Real do Dia
  - Tempo Parado por Downtime
  - Display identificando a estação de trabalho ou posto a que se refere
  - Símbolos pictográficos que descrevem o tipo de anormalidade
  - Espaço para mensagens de texto
- Os sinais são recebidos por uma central (sistema supervisório) que permite gerar relatórios estatísticos dos problemas apresentados.

- Troca de informações interativas com áreas suporte o que implica em maior produtividade.
- Opera por meio de um conjunto de estações utilizando emissores de rádio frequência (UHF). A figura 4.2 apresenta algumas características do equipamento:



FONTE: PROCESS CONTROL BOARD FPS

**FIGURA 4.2:** DETALHES DO PAINEL ANDON

A figura 4.3 mostra a foto do painel andon. É importante ressaltar a funcionalidade do mesmo o qual fornece um panorama da linha, informando o status de cada estação.



**FIGURA 4.3:** O PAINEL ANDON

Nas estações de trabalho há um tabuleiro que permite o operador acioná-lo quando há algum problema. Este tabuleiro está em comunicação com o painel citado anteriormente. Através desse tabuleiro o operador informa o tipo de problema. A figura 4.4 mostra o tabuleiro em questão:





**FIGURA 4.4:** TABULEIRO DOS POSTOS DE TRABALHO

Assim sendo, quando o operador tem um problema, ele aciona o teclado informando o respectivo problema. Isto acionará uma central de controle que informará o painel andon sobre o determinado problema e poderá informar os membros suportes. O sistema bastante sofisticado pode então informar através de um processo de comunicação via controle remoto a manutenção, caso a anomalia seja referente a manutenção. A figura 4.5 mostra o Sistema Completo:



**FIGURA 4.5:** O SISTEMA COMPLETO

As grandes montadoras do Brasil sentiram a necessidade de adotar os padrões japoneses pioneiros na Toyota, com intuito de buscar flexibilidade de volume e mix de produção, baixos custos, alto índice de entrega e alta qualidade. Uma grande diferença existente entre o mercado brasileiro e o europeu, norte-americano ou japonês é a instabilidade da demanda. Enquanto

naqueles países, a demanda é constante ao longo do ano, ou seja, consegue-se fazer um planejamento consistente e coerente, trabalhando no *takt time* de acordo com a puxada dos clientes, no Brasil a situação é bastante adversa. A demanda bem como o *mix* de produtos mudam bastante contrariando um planejamento. Segundo os gestores dessa fábrica, a demanda oscila bastante o que inviabiliza até o bom planejamento de produção. No entanto, a necessidade da utilização de uma ferramenta que aumentasse a confiabilidade das entregas através de uma rápida identificação dos problemas e minimizasse os distúrbios no fluxo produtivo viabilizou-se: surgiu a necessidade do *Andon*.

#### **4.2.1.2. Análise comparativa das características implementadas em decorrência das funcionalidades do *Andon*:**

Considerando então as características desejadas para os requisitos funcionais e comparando-as com as características atuais do Sistema, têm-se:

- O sistema de demarcações nos postos de trabalho garantem a possibilidade de trabalho no *takt time* e que a transferência ao cliente imediato seja no *takt time*;
- O tabuleiro de alerta e a sofisticada comunicação do sistema permitem a rápida identificação e resolução de problemas.

A tabela 4.2 ilustra o comentário:

TABELA 4.2: ANÁLISE DAS FUNCIONALIDADES DO ANDON PARA A LINHA DE AVANÇO CONTÍNUO

**Funcionalidades do Sistema Andon**  
**Linha de Montagem de Avanço Contínuo (Montagem de Veículos)**

Item	Requisitos Funcionais	Característica Desejada	Característica Atual	Impacto
<b>Definição do Takt Time</b>				
1	Auxiliar o operador em manter o ritmo de trabalho de acordo com o tempo takt	Sistema que garanta que o conteúdo do trabalho está em sincronismo com o tempo de trabalho (Pré requisito: rotina de trabalho padrão definida)	As demarcações no piso auxiliam o operador constantemente (trabalho padrão) - conteúdo do trabalho em sincronismo com o tempo de trabalho. <b>Demarcação amarela é o sinal de alerta.</b>	Sim
2	Garantir que a transferência das peças ocorra de acordo com o takt time	Sinalização para informar a operação anterior o momento exato de transferência do produto	Linha de Montagem com Velocidade Constante auxiliada pelas demarcações no piso. <b>A demarcação vermelha encerra o ciclo.</b>	Sim
<b>Resolução Rápida de Problemas</b>				
3	Sinalizar e informar rapidamente uma anormalidade	Dispositivo que informe a ocorrência de uma anormalidade	Acionamento da botoeira	Sim
4	Permitir apontar QUAL É O PROBLEMA.	Existir uma botoeira ou um teclado que se permita informar o tipo de problema	Com a botoeira ele já aponta imediatamente qual o problema gerado	Sim
5	Identificar corretamente e rapidamente os suportes necessários	Sistema de Comunicação para contatar as pessoas suportes corretas	Sistema Rádiofrequência	Sim
6	Informar os gestores da fábrica sob o status da linha	Painél que compara o produzido e o programado Painél que informa sobre a ocorrência de uma anormalidade	Painél Andon que compara o produzido e o programado Painél Andon que informa sobre a ocorrência de uma anormalidade	Sim
7	Gerar informações sobre: local da anormalidade - tempo - tipo de problema para posterior análise do problema	Banco de Dados ou uma central onde se permita apontar os problemas para posterior análise	O painél andon informa o local da anormalidade, o tempo transcorrido e o tipo de problema.	Sim
<b>Aprendizado com o Trabalho</b>				
8	Garantir previsibilidade do resultado do trabalho dos operadores	Operadores motivados a desempenhar suas atividades cada vez mais corretamente. Aprimoramento constante do trabalho padrão.	Operadores motivados a desempenhar suas atividades cada vez mais corretamente. As demarcações no piso auxiliam o seu trabalho. O foco ao treinamento e ao aprender com o trabalho é pouco enfatizado	Não
<b>Eliminação da Reocorrência</b>				
9	Possuir uma estrutura de apoio de forma a identificar e analisar as causas raízes dos problemas	Ter uma Estrutura de apoio com foco em analisar os problemas "levar a uma área clínica".	Não possui uma estrutura de apoio que analise os problemas gerados	Não
10	Implementar as ações de forma a impedir que os mesmos erros voltem a ocorrer	Estrutura de apoio que implemente as ações acordadas.	Não apresenta	Não
<b>Investimento</b>				
11	Possuir viabilidade econômica para ampliação na fábrica	Bom entendimento das funcionalidades para conseguir justificar uma aquisição	Devido a não saber explorar todas as suas funcionalidades, é difícil justificar novas aquisições.	Não

**4.2.1.3.Comentários:**

O sistema *Andon* nessa fábrica para esta linha atende 7 dos 11 requisitos funcionais. Os itens que objetivam a eliminação da reincidência de problemas onde se deve ter uma estrutura de apoio que possibilite levar os problemas para “área clínica” e posteriormente implementar as melhorias, não são aplicados, apesar de se ter uma central de registro de problemas. A questão de

“*coaching*” aos operadores fortemente evidenciada na Toyota é pouco enfatizada. Um outro requisito não satisfeito é a questão do alto investimento na aquisição e implementação, devido ao sistema ter que respeitar um padrão de sofisticação definido pela corporação da empresa.

#### **4.2.2.Linha de Montagem de Giro Automático e transferência ao final de cada ciclo:**

##### **4.2.2.1.Características Operacionais:**

A linha de montagem a ser descrita a seguir fabrica painéis de veículos para as montadoras. A linha possui quatro estações de trabalho e produz na sua máxima velocidade 40 painéis por hora ou um painel a cada 1,5 minuto. Em cada estação de trabalho há um conjunto de lâmpadas (“pirulito”) que soará alertando o operador da estação sobre qualquer anormalidade.

##### **a. Processo:**

A linha possui 4 estações de trabalho próximas. Os operadores por experiência decidem baseado no *takt* com quantos operadores trabalharão. A operação ocorre da seguinte forma:

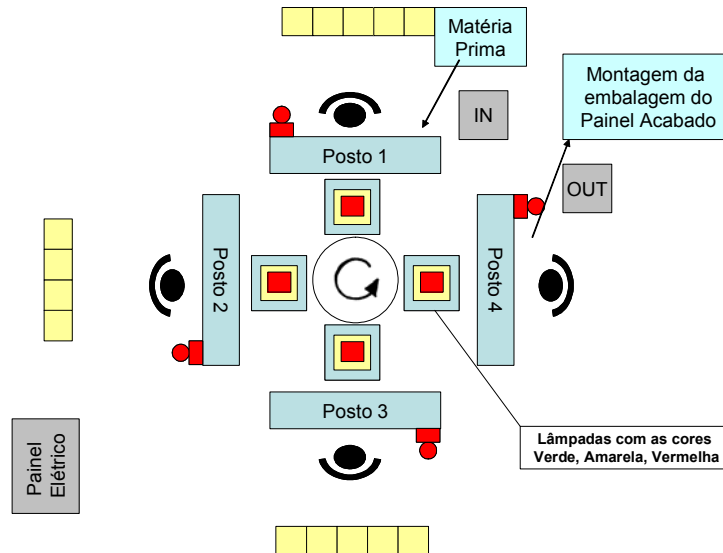
- O operador realiza sua operação e a peça está apoiada na estrutura do “baleiro”. Quando é completado o ciclo, o “baleiro” gira transferindo o produto para o próximo posto. Quando o produto percorrer as quatro estações, ou seja, antes do quarto giro do “baleiro” ele é colocado na embalagem de saída.

A figura 4.6 mostra a foto da linha:



**FIGURA 4.6: FOTO DO “BALEIRO”**

O Layout é extremamente favorecido à comunicação, pois os operadores ficam dispostos um de frente para o outro, além de permitir o conhecimento deles por todo o processo. A figura 4.7 mostra o layout esquemático:



**FIGURA 4.7: LAYOut ESQUEMÁTICO DO BALEIRO**

**b. Sistema de Informação:**

Há um painel atrás da linha que permite ajustar o tempo de giro do “baleiro” ou tempo *takt*. Este dado é inserido manualmente no CLP, baseado em um relatório de programação requerida. O *output* do sistema determina o giro do “baleiro”. Outro dado que é inserido no CLP é por quanto tempo as sirenes da linha soarão. Há um contador de paradas que serve como dado de análise gerencial. Este contador informa quantas paradas houveram em determinado período. No entanto não informa o motivo das paradas.

Para cada estação de trabalho há um sinalizador luminoso com as cores:

- Verde – Posto de Trabalho ok
- Amarelo – Posto de Trabalho em alerta
- Vermelho – Posto de Trabalho com problemas

É possível ajustar no painel elétrico os instantes em que a sirene soará alertando os operadores. Ou seja, consegue-se fazer uma analogia com a linha de montagem de veículos onde se demarca a faixa amarela que corresponde a 70% do tempo *takt* definido e 70% do percurso da estação de trabalho. Por exemplo: a sirene pode soar a 20s do final e de 5 em 5 segundos até o final, onde no instante final soa 3 vezes seguidas ascendendo a luz vermelha.

Se nos 20s finais, o operador após o aviso da sirene, aciona sua botoeira, a luz vermelha já permanece ativa nos pirulitos. Analogamente equivaleria a uma puxada de corda na linha de montagem de veículos, no instante da demarcação amarela. Os outros postos continuam suas operações até o final quando a sirene soar 3 vezes (terminando o tempo) e, nesse instante todos param e a atenção é direcionada ao posto com problema até que o mesmo possa ser resolvido.

**c. Dados de Operação:**

Na média uma botoeira é acionada umas 2 vezes por hora, ou seja, em média 15 vezes por turno e dessas 8% geram paradas de linha ou algum distúrbio ao fluxo produtivo.

Nos dias 8 e 9 de abril de 2003 avaliou-se quantos problemas ocorreram na linha: 15 problemas num turno de 7 horas. Esses problemas ocasionaram uma perda de 15% em termos de peças produzidas e 4% em termos de tempo de produção, devido a diminuição da produção horária do segundo dia. A tabela 4.3 apresenta esses resultados:

TABELA 4.3: DADOS DE OPERAÇÃO E PARADA DA LINHA – GIRO AUTOMÁTICO

Dia 8/abr/03			Dia 9/abr/03		
Dados	Horas Por Turno	7	Dados	Horas Por Turno	7
	Produção Programada	224		Produção Programada	216
	Produção Horária	32		Produção Horária	31
Resultados	Problemas por Turno	15	Resultados	Problemas por Turno	15
	Produção Realizada	216		Produção Realizada	160
	Produção Horária real	32		Produção Horária real	24
	Horas Reais Trabalhadas	6,75		Horas Reais Trabalhadas	6,67
	Problemas por hora	2		Problemas por hora	2
Análise	Perda Produtividade (pçs)	4%	Análise	Perda Produtividade (pçs)	26%
	Perda Produtividade (hrs)	4%		Perda Produtividade (hrs)	5%

Perda Produtividade (pçs)	15%
Perda Produtividade (hrs)	4%

#### 4.2.2.2. Análise comparativa das características implementadas em decorrência das funcionalidades do *Andon*:

A tabela 4.4 mostra a análise qualitativa dessa linha de montagem baseado nos requisitos de funcionalidade do *Andon*. Novamente, é comparada as características atuais do Sistema com as características desejadas que satisfaçam os requisitos de forma a se avaliar o impacto.

Considerando então as características atuais, têm-se:

- O sistema de som da sirene em tempos programados garante a possibilidade de trabalho no takt time e o giro do “baleiro” garante que a transferência ao cliente imediato seja no takt time;
- O botão de emergência possibilita apontar os problemas rapidamente;
- Os operadores aprimoram constantemente suas atividades, buscando fazer sempre o melhor e a sirene os auxilia bastante nesse aspecto bem como a boa comunicação entre os operadores.

TABELA 4.4: ANÁLISE DAS FUNCIONALIDADES DO ANDON PARA A LINHA DE GIRO AUTOMÁTICO

**Funcionalidades do Sistema Andon****Linha c/ Giro Automático e Intermitente e Liberação Automática ao fim de cada ciclo**

Item	Requisitos Funcionais	Característica Desejada	Característica Atual	Impacto
<b>Definição do Takt Time</b>				
1	Auxiliar o operador em manter o ritmo de trabalho de acordo com o tempo takt	Sistema que garanta que o conteúdo do trabalho está em sincronismo com o tempo de trabalho (Pré requisito: rotina de trabalho padrão definida)	O som da sirene num tempo programado auxilia o operador constantemente (trabalho padrão) - conteúdo do trabalho em sincronismo com o tempo de trabalho	Sim
2	Garantir que a transferência das peças ocorra de acordo com o takt time	Sinalização para informar a operação anterior o momento exato de transferência do produto	O giro do "baleiro"	Sim
<b>Resolução Rápida de Problemas</b>				
3	Sinalizar e informar rapidamente uma anormalidade	Dispositivo que informe a ocorrência de uma anormalidade	Acionamento da botoeira	Sim
4	Permitir apontar QUAL É O PROBLEMA.	Existir uma botoeira ou um teclado que se permita informar o tipo de problema	O operador aciona a botoeira, no entanto não informa qual é a natureza do problema gerado	Não
5	Identificar corretamente e rapidamente os suportes necessários	Sistema de Comunicação para contatar as pessoas suportes corretas	Devido ao operador não informar a natureza do problema, há um atraso em contatar os envolvidos daquele problema	Não
6	Informar os gestores da fábrica sob o status da linha	Painel que compara o produzido e o programado Painel que informa sobre a ocorrência de uma anormalidade	Relatório no sistema que informa o produzido e o programado O som da sirene que informa a ocorrência de anormalidades	Sim
7	Gerar informações sobre: local da anormalidade - tempo - tipo de problema para posterior análise do problema	Banco de Dados ou uma central onde se permita apontar os problemas para posterior análise	As informações de paradas são apontadas no diário de bordo e não informadas via sistema (problema de apontamentos manuais)	Não
<b>Aprendizado com o Trabalho</b>				
8	Garantir previsibilidade do resultado do trabalho dos operadores	Operadores motivados a desempenhar suas atividades cada vez mais corretamente. Aprimoramento constante do trabalho padrão.	Operadores motivados a desempenhar suas atividades cada vez mais corretamente. O som da sirene os auxilia bastante	Sim
<b>Eliminação da Reocorrência</b>				
9	Possuir uma estrutura de apoio de forma a identificar e analisar as causas raízes dos problemas	Ter uma Estrutura de apoio com foco em analisar os problemas "levar a uma área clínica".	Não possui uma estrutura de apoio que analise os problemas gerados. O relatório mostra quantas anormalidades foram geradas. O tipo de problema é apontado somente na folha de produção	Não
10	Implementar as ações de forma a impedir que os mesmos erros voltem a ocorrer	Estrutura de apoio que implemente as ações acordadas.	Não apresenta	Não
<b>Investimento</b>				
11	Possuir viabilidade econômica para ampliação na fábrica	Bom entendimento das funcionalidades para conseguir justificar uma aquisição	Por não entenderem todas as funcionalidades e apesar da simplicidade da ferramenta, poucas linhas iguais a essa nessa empresa utilizam a ferramenta (de 8 linhas só 2 utilizam).	Não

**4.2.2.3.Comentários:**

O sistema *Andon* nessa fábrica para esta linha atende 5 dos 11 requisitos funcionais. Os requisitos que avaliam se o sistema possibilita uma resolução rápida de problemas comprometem de certa forma o resultado (três das cinco características atuais implementadas



não atendem a característica desejada). Quando há uma anormalidade o operador aciona o botão, porém ele não aponta o problema (requisito 4). No fim do dia o sistema conta quantos problemas existiram, porém não aponta o tipo de problema. Conseqüentemente se é necessário acionar um suporte, há um atraso nesse chamado (requisito 5). Um outro requisito não satisfeito é a questão do relatório dos problemas apontados, pois os problemas são registrados num diário de bordo que nem sempre é transferido a um banco de dados (imprecisão das informações – requisito 7).

Os dois requisitos que objetivam a eliminação da reincidência de problemas onde se deve ter uma estrutura de apoio que possibilite levar os problemas para “área clínica” e posteriormente implementar as melhorias, também não são aplicados (requisitos 9 e 10), pois não saber com consistência quais os tipos de problemas dificulta diagnosticá-los. Finalmente, o requisito 11, não é satisfeito principalmente por ser difícil justificar novas aquisições, devido a falta de entendimento de todas as funcionalidades.

#### **4.2.3.Linha de Montagem Palletizada com transferência do produto via código de liberação do *pallet*:**

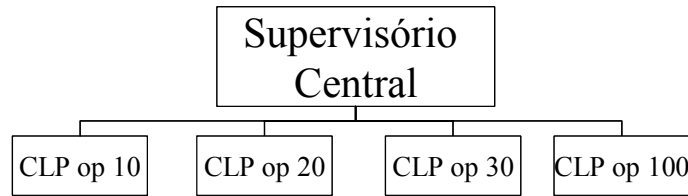
##### **4.2.3.1.Características Operacionais:**

A Linha de Montagem a ser analisada a seguir é uma linha palletizada com 19 operações e o produto é o conjunto de freio a disco (pinça, suporte e pastilhas). A figura 4.9 apresenta o layout da linha.

A linha tem capacidade de produção de 200 peças por hora, ou seja, o maior tempo de ciclo é 18 segundos e possui 19 operações de montagem. A linha é bastante automatizada e nela trabalham 5 operadores.

O produto é montado sob os *pallets* que estão sobre a linha de transferência. Cada *pallet* têm um sistema de codificação de barras que identifica o produto e suas características de produção. Há um sistema hierárquico descentralizado instalado na linha que monitora suas

operações. O Banco de Dados fica no CLP (Controlador Lógico Programável) dos Postos. Não há CLP central. A figura 4.8 mostra a estrutura simplificada do sistema:



## Sistema de Controle hierárquico descentralizado

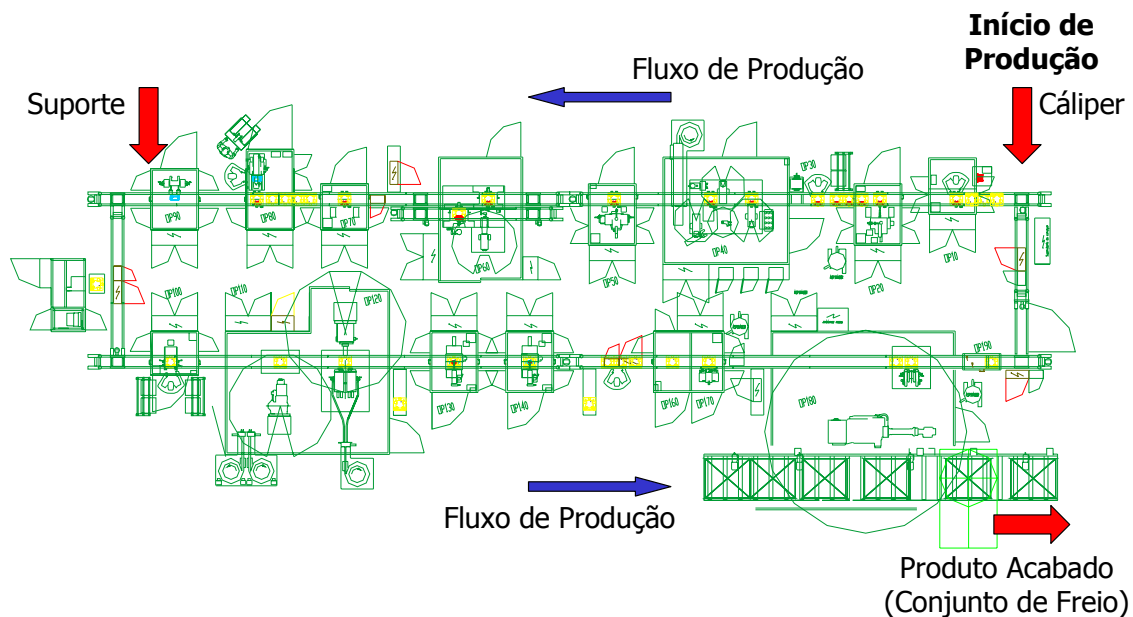
**FIGURA 4.8:** ESTRUTURA DO SISTEMA SUPERVISÓRIO

A entrada de dados para um determinado pallet é possível pela IHM (Interface Homem – Máquina) ou pelo Sistema Supervisório. Em cada posto há uma leitora de códigos - um sistema de codificação de barras que em cada operação checa o *status* do *pallet* e, portanto o *status* do produto. Por exemplo, quando o *pallet* é transferido de uma operação a outra, a operação seguinte verifica através do sistema de códigos se a última operação trabalhada foi a anterior; se sim pode-se trabalhar, se não o *pallet* é simplesmente transferido.

### Quem tem autonomia para alterar o Código do Pallet?

- Manutenção: caso ocorra algum problema que impossibilite um posto de trabalho operar, o *pallet* é transferido (passa pelos postos sem realizar qualquer transformação) até chegar à área de retrabalho. A área de retrabalho permite ter um máximo de três *pallets* com problemas. Visualmente a manutenção detecta o número de *pallets* na área de retrabalho e manualmente os leva para sua área. A manutenção pode alterar o código do *pallet*, por exemplo, aprová-lo.
- Qualidade (Bancada de Retrabalho): A bancada fica fora da linha e tem um micro computador que conversa com o Supervisório. Há 03 saídas para retrabalho e cada uma com 03 posições.

a. Lay Out da Linha:



**FIGURA 4.9:** LAYOUT DA LINHA PALLETIZADA

Sinalizadores nos Postos de Trabalho – o Sistema *Andon* da Linha: A linha possui os sinalizadores que auxiliam no processo de tomada de decisões contra problemas originados no processo produtivo. Estes sinalizadores permitem a comunicação entre os operadores e o líder da linha. O líder bem como os operadores dos outros postos através desses sinalizadores conseguem saber o status da linha. Na sequência será explicado o significado de cada cor do “pirulito” (sinalizador):

- Verde: exibe a informação de que a máquina está sem problemas e operando no ciclo automático;
- Vermelha: exibe a informação que está parada por manutenção;
- Azul: só existe nos postos em que há entrada de material. No caso de faltar componente, o operador do posto aciona a botoeira informando a linha e o abastecedor que determinado componente está em falta;
- Laranja: exibe a informação de fluxo na linha, ou seja, se há uma saturação de pallet na linha ou mesmo uma falta dele;
- Branco: exibe a informação de que o posto está operando em manual.

Por ser uma linha de alto investimento, bastante automatizada e com um layout que favorece unicamente o alto volume, esta linha não operará no tempo *takt* do cliente e sim no maior tempo de ciclo das operações, produzindo sempre na máxima velocidade (200 peças / hora), ou seja, os tempos de ciclo das operações oscilam entre os 12 segundos (menor tempo) e 18 segundos (maior tempo), o que gera uma pequena ociosidade no balanceamento (máximo 6 segundos por ciclo).

#### **4.2.3.2. Análise comparativa das características implementadas em decorrência das funcionalidades do *Andon*:**

Considerando então as características atuais do sistema já implementadas, têm-se:

- Os sinalizadores dos postos de trabalho auxiliam na identificação rápida de problemas;
- A existência da botoeira nos postos e também no sistema de comunicação possibilitam apontar qual é o problema, contatar os membros suportes e informar aos gestores o status da linha.

A tabela 4.5 mostra a análise qualitativa dessa linha de montagem baseado nos requisitos de funcionalidade do Andon, comparando essas características atuais com as desejadas que satisfaçam os requisitos funcionais.

TABELA 4.5: ANÁLISE DAS FUNCIONALIDADES DO ANDON PARA A LINHA PALLETIZADA

**Funcionalidades do Sistema Andon****Linha de Montagem Automática c/ liberação manual do produto**

Item	Requisitos Funcionais	Característica Desejada	Característica Atual	Impacto
<b>Definição do Takt Time</b>				
1	Auxiliar o operador em manter o ritmo de trabalho de acordo com o tempo takt	Sistema que garanta que o conteúdo do trabalho está em sincronismo com o tempo de trabalho (Pré requisito: rotina de trabalho padrão definida)	Não apresenta. A liberação do pallet está vinculada ao sistema supervisorio. Não avalia o ritmo de trabalho	Não
2	Garantir que a transferência das peças ocorra de acordo com o takt time	Sinalização para informar a operação anterior o momento exato de transferência do produto	A liberação do pallet se dá após a leitura do código do pallet. Não está vinculada ao tempo takt	Não
<b>Resolução Rápida de Problemas</b>				
3	Sinalizar e informar rapidamente uma anormalidade	Dispositivo que informe a ocorrência de uma anormalidade	Através dos dispositivos sinalizadores ("pirulitos")	Sim
4	Permitir apontar QUAL É O PROBLEMA.	Existir uma botoeira ou um teclado que se permita informar o tipo de problema	O operador aciona a botoeira, apontando a natureza do problema gerado	Sim
5	Identificar corretamente e rapidamente os suportes necessários	Sistema de Comunicação para contatar as pessoas suportes corretas	O líder solicita rapidamente os suportes	Sim
6	Informar os gestores da fábrica sob o status da linha	Painél que compara o produzido e o programado Painél que informa sobre a ocorrência de uma anormalidade	Sinalizadores informam o status das estações de trabalho. O Sistema Supervisorio mostra via INTRANET as informações de produção e status naquele momento	Sim
7	Gerar informações sobre: local da anormalidade - tempo - tipo de problema para posterior análise do problema	Banco de Dados ou uma central onde se permita apontar os problemas para posterior análise	As informações de paradas são apontadas no diário de bordo e não informadas via sistema (problema de apontamentos manuais)	Não
<b>Aprendizado com o Trabalho</b>				
8	Garantir previsibilidade do resultado do trabalho dos operadores	Operadores motivados a desempenhar suas atividades cada vez mais corretamente. Aprimoramento constante do trabalho padrão.	Os operadores por não saberem se estão trabalhando em sincronismo ao takt, como consequência não tem uma previsibilidade das suas atividades apesar de saberem o que deve ser feito	Não
<b>Eliminação da Reocorrência</b>				
9	Possuir uma estrutura de apoio de forma a identificar e analisar as causas raízes dos problemas	Ter uma Estrutura de apoio com foco em analisar os problemas "levar a uma área clínica".	Não possui uma estrutura de apoio que analise os problemas gerados.	Não
10	Implementar as ações de forma a impedir que os mesmos erros voltem a ocorrer	Estrutura de apoio que implemente as ações acordadas.	Não apresenta	Não
<b>Investimento</b>				
11	Possuir viabilidade econômica para ampliação na fábrica	Bom entendimento das funcionalidades para conseguir justificar uma aquisição	Por não entenderem todas as funcionalidades e apesar da simplicidade da ferramenta, pouquíssimas linhas iguais a essa nessa empresa utilizam essa ferramenta	Não

**4.2.3.3.Comentários:**

O sistema *Andon* instalado nessa linha atende 4 dos 11 requisitos funcionais. O sistema não garante que o conteúdo de trabalho está em sincronismo ao tempo de ciclo (não se

menção tempo *takt*, pois esta linha trabalha no tempo ciclo), nem que a transferência de produtos seja garantida no tempo de ciclo correto (requisitos 1 e 2). Assim as características atuais implementadas não satisfazem as desejadas. Com relação aos requisitos que avaliam se o sistema possibilita uma resolução rápida de problemas, somente o último (requisito 7) não é satisfeito, pois as informações de parada são apontadas no diário de bordo e não no sistema, o que pode gerar imprecisão dessas informações. Quanto ao requisito 8, devido ao sistema não garantir que se trabalhe num tempo de ciclo previsível, não é garantida também uma previsibilidade do trabalho realizado pelos operadores. Os requisitos 9 e 10 não são satisfeitos pois a linha não apresenta uma estrutura de apoio para analisar os relatórios de problemas gerados. O requisito 11 não é satisfeito devido a não se conseguir justificar os ganhos e benefícios desse sistema, principalmente para uma linha onde o foco é a velocidade de produção.

Neste caso, o Sistema *Andon* da Toyota não funciona na sua plenitude, pois:

- a linha trabalha na velocidade máxima e não na velocidade demandada pelo cliente
- os problemas de qualidade não possuem um tempo de resposta imediato. Se uma peça tiver problemas no processo, o próximo posto não conseguirá fazer sua operação na peça. No entanto, a peça seguirá pela linha de transferência parando somente na primeira estação de retrabalho desocupada, o que gera inúmeras leituras de códigos desnecessárias, alto *WIP (work in process)* e conseqüentemente um alto *lead time* e uma piora na performance de entrega.
- Manutenção: assim como os problemas de qualidade, não terão uma resposta imediata. Diferentemente do Sistema Toyota, onde a peça com problemas passa a ser o foco do problema e é averiguado até a derradeira causa, neste caso a peça com problemas é transferida até chegar a área de retrabalho. Isto faz com que o *lead time* aumente consideravelmente.
- O Sistema Supervisório está bastante ligado ao sistema de leitura de códigos e especificações do produto. Há muitos sistemas a prova de erros eletrônicos que retardam o processo de tomada de decisões. Assim, erros de processo, apontados

como os primordiais, pois permite-se que sejam identificados na “raiz” são parcialmente abordados pelo sistema, tais como:

- informações sobre o *Set up* da linha: o Sistema informa o CLP (Controlador Lógico Programável) dos Postos e os operadores iniciam o *set up* com auxílio das IHM's (Interface Homem Máquina). Esta interface permite-os realizar o *set up* inteiro. Uma grande desvantagem é que o operador pode apontar que fez as operações de *set up* mesmo sem realizá-las.
- O sinalizador (pirulito) aponta que há um problema e isto é visualizado em toda a linha. No entanto, esta informação pode não chegar ao Sistema Supervisório e a linha de montagem continuar trabalhando.

A automação da linha limita a autonomia dos operadores. Ou seja, o Sistema Supervisório administra o ritmo de trabalho da linha, atrelada as informações enviadas e recebida por ele dos CLP's dos postos.

#### **4.2.4.Linha de Montagem Manual com Transferência manual do produto:**

As linhas de montagem manuais não apresentam um sistema *Andon* instalado na sua plenitude. Em duas das três empresas anteriores existem linhas de montagem manuais operando sem nenhuma funcionalidade do *Andon*. Foi realizada uma visita a uma quarta empresa, fabricante de motores elétricos onde identificou na sua linha de montagem algumas características relacionadas ao Sistema *Andon*.

##### **4.2.4.1.Características Operacionais:**

A linha de montagem dessa empresa está subdividida em três etapas:

- Área de embobinamento
- Área de preparação do estator;
- Cabines de Testes e Montagem final do motor

Nas estações de montagem final, havia uma chave comutadora que possibilitava o operador para um dado problema, acionar a chave. Isto soaria uma campainha o que permitia informar os gestores sob o status da linha.

#### **4.2.4.2. Análise comparativa das características implementadas em decorrência das funcionalidades do *Andon*:**

Considerando então as características atuais do sistema já implementadas, têm-se:

- A existência das chaves comutadoras (de 3 posições) nos postos de trabalho auxiliam na identificação rápida de problemas;
- Quando a chave é comutada, aciona-se uma campainha que permite informar os líderes e gestores rapidamente.
- 

A tabela 4.6 mostra a análise qualitativa dessa linha de montagem baseado nos requisitos de funcionalidade do *Andon*.



TABELA 4.6: ANÁLISE DAS FUNCIONALIDADES DO ANDON PARA A LINHA MANUAL

**Funcionalidades do Sistema Andon**  
**Linha de Montagem Manual c/ liberação manual do produto**

Item	Requisitos Funcionais	Característica Desejada	Característica Atual	Impacto
<b>Definição do Takt Time</b>				
1	Auxiliar o operador em manter o ritmo de trabalho de acordo com o tempo takt	Sistema que garanta que o conteúdo do trabalho está em sincronismo com o tempo de trabalho (Pré requisito: rotina de trabalho padrão definida)	Não apresenta. A liberação do produto está vinculada somente ao término da operação. Deve-se ter um bom balanceamento e flexível	Não
2	Garantir que a transferência das peças ocorra de acordo com o takt time	Sinalização para informar a operação anterior o momento exato de transferência do produto	A transferência do produto se dá após o término da operação que pode não estar no takt	Não
<b>Resolução Rápida de Problemas</b>				
3	Sinalizar e informar rapidamente uma anormalidade	Dispositivo que informe a ocorrência de uma anormalidade	Através da chave comutadora que aciona os dispositivos sinalizadores ("pirulitos")	Sim
4	Permitir apontar QUAL É O PROBLEMA.	Existir uma botoeira ou um teclado que se permita informar o tipo de problema	O operador aciona a chave comutadora informando que a linha tem problema ou que parou, no entanto não aponta qual é o problema gerado	Não
5	Identificar corretamente e rapidamente os suportes necessários	Sistema de Comunicação para contatar as pessoas suportes corretas	Devido ao operador não informar a natureza do problema, há um atraso em contatar os envolvidos daquele problema	Não
6	Informar os gestores da fábrica sob o status da linha	Painél que compara o produzido e o programado Painél que informa sobre a ocorrência de uma anormalidade	O só da campainha informa os gestores.	Sim
7	Gerar informações sobre: local da anormalidade - tempo - tipo de problema para posterior análise do problema	Banco de Dados ou uma central onde se permita apontar os problemas para posterior análise	As informações de paradas são apontadas no diário de bordo e não informadas via sistema (problema de apontamentos manuais)	Não
<b>Aprendizado com o Trabalho</b>				
8	Garantir previsibilidade do resultado do trabalho dos operadores	Operadores motivados a desempenhar suas atividades cada vez mais corretamente. Aprimoramento constante do trabalho padrão.	Os operadores por não saberem se estão trabalhando em sincronismo ao takt, como consequência não tem uma previsibilidade das suas atividades apesar de eventualmente saberem o que deve ser feito	Não
<b>Eliminação da Reocorrência</b>				
9	Possuir uma estrutura de apoio de forma a identificar e analisar as causas raízes dos problemas	Ter uma Estrutura de apoio com foco em analisar os problemas "levar a uma área clínica".	Não possui uma estrutura de apoio que analise os problemas gerados.	Não
10	Implementar as ações de forma a impedir que os mesmos erros voltem a ocorrer	Estrutura de apoio que implemente as ações acordadas.	Não apresenta	Não
<b>Investimento</b>				
11	Possuir viabilidade econômica para ampliação na fábrica	Bom entendimento das funcionalidades para conseguir justificar uma aquisição	Por não entenderem todas as funcionalidades e apesar da simplicidade da ferramenta, não se encontram linhas de montagem manuais ou mesmo submontagens com este sistema	Não

**4.2.4.3.Comentários:**

O sistema instalado nessa linha atende 2 dos 11 requisitos funcionais. O sistema garante que se trabalhe no tempo *takt*, nem permite apontar qual é a natureza do problema para facilitar o

contato aos suportes rapidamente, nem mesmo um relatório sistêmico dos problemas, o que inviabiliza o trabalho de diagnóstico dos problemas gerados e a conseqüente busca da eliminação da reincidência. Conseqüentemente a falta de visão sobre essas funcionalidades inviabiliza a aquisição desse sistema para outras linhas. O que se observa é a deficitária aplicação desse sistema em linhas manuais quando existem.

#### **4.3. Linha de Montagem Toyota e Ambientes de Montagem Analisados**

Após avaliar o *Andon* nas linhas da Toyota ficou evidente a importância desse ser uma ferramenta de controle (garantia da estabilidade de linha e identificação rápida de problemas) e também de gestão, onde o foco de aprimoramento do trabalho padrão e treinamento (constante aprendizado) bem como, o foco na eliminação de problemas recorrentes, fruto do melhor conhecimento do trabalho são fortemente abordados.

Entretanto ao analisar os resultados das visitas verificou-se que os Sistemas *Andon* analisados possuem características mais de controle do que de gestão, pois em nenhum desses ambientes, atendeu-se conjuntamente aos requisitos de aprendizado com o trabalho e foco na eliminação de problemas recorrentes. Verificou-se mais o controle do sistema ao qual atendia características de estabilidade de linha e principalmente identificação rápida de problemas.

Nas linhas de Montagem de Veículos e Giro Automático as funcionalidades de estabilidade da linha e rápida identificação de problemas são satisfeitas, no entanto, o sistema não é atendido na sua plenitude, apesar de na linha de Giro Automático satisfazer o requisito de treinamento e aprimoramento das atividades. Para as linhas de montagem palletizada e manual, apesar de a primeira ser extremamente automatizada com dispositivos eletrônicos a prova de erros, nem mesmo o controle é garantido (não possui características de se trabalhar no *takt* time). Logo o sistema para essas linhas possui características mais de controle que de gestão.

Porém o Sistema *Andon* apresenta, no ambiente de montagem onde se tem o Giro Automático (segunda linha analisada), ganhos significativos em produtividade e performance de

entrega, bem como uma maior preocupação dos operadores em não gerar erros apesar da capacidade em resolver problemas rapidamente e da possibilidade de eliminar problemas recorrentes não serem evidenciadas fortemente. Isto foi relatado pelo Engenheiro de Processo responsável pela Linha e pelo líder da linha durante as visitas.

O gráfico 4.1 mostra os resultados primeiramente da linha de montagem da Toyota e das análises dos quatro ambientes visitados. Este gráfico apresenta o grau de funcionalidade percentual do sistema *andon* nesses ambientes. Ou seja, na linha da Toyota, as 11 características atuais implementadas atendem a característica desejada que satisfaz o requisito funcional. Na primeira empresa visitada, sete das onze funcionalidades são atendidas, o que percentualmente resulta em 64%. Na segunda empresa, cinco das onze funcionalidades são atendidas (45%). O gráfico 4.1 completa as informações.

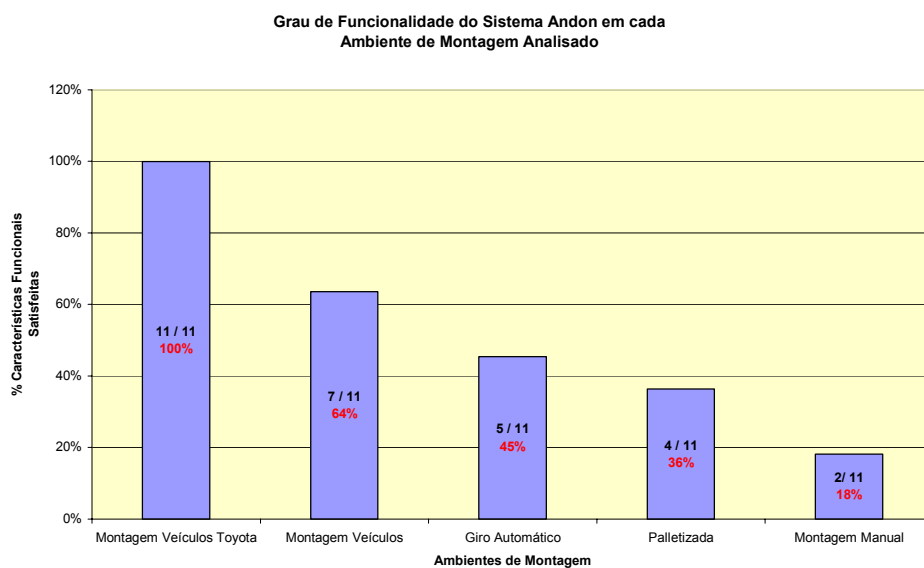


Gráfico 4.1: Grau de Funcionalidade do Sistema Andon

Mediante as visitas e o tempo que transcorreu para o desenvolvimento desse trabalho, observou-se que pouca atenção é dispendida pelos gestores de maneira geral para a utilização do *Andon* na indústria.

Dois grandes motivos caracterizam essa postura:

1. O fato de não entenderem todas as suas funcionalidades

2. A visão de que o *Andon* não é mais do que simplesmente um Sistema de Informação (ferramenta de controle).

Quando somente os requisitos de Estabilidade de Linha e Identificação Rápida de Problemas são satisfeitos, o *Andon* é simplesmente um Sistema de Controle e Informação. No entanto, quando os requisitos funcionais de aprimoramento do trabalho e treinamento e foco na eliminação de problemas recorrentes são satisfeitos consegue-se enxergar o *Andon* como mais do que um Sistema de Informação.

Assim, quando os onze requisitos funcionais definidos através da decomposição de projeto de sistemas de manufatura forem satisfeitos, ou seja, garantirem a utilização do *Andon* na sua plenitude, justifica ser o *Andon*, um sistema de controle e gestão dos processos que propicia suporte nas tomadas de decisões, sendo fundamental no processo de melhoria.

Logo propostas de melhoria aos Sistemas *Andon* visitados foram feitas com intuito de utilizá-lo na sua plenitude, ou seja, atingir as características desejadas, satisfazendo os requisitos funcionais.

#### **4.4. Propostas**

Foram realizadas propostas de melhoria técnicas aos sistemas visitados com intuito de explorar a utilização do *Andon*, bem como estabelecer esses requisitos como uma metodologia para implementação do *Andon* em ambientes industriais.

A tentativa de satisfazer os requisitos funcionais permite visualizar o *Andon* em um ciclo de melhoria contínua onde se busca a estabilidade garantindo trabalhar no *takt* e identificando rapidamente os problemas, se aprende com os problemas e aprimora-se em treinamento, e posteriormente, trabalha-se na eliminação dos problemas de forma a evitar que eles voltem a ocorrer. Assim torna-se claro enxergar o *Andon* como um Sistema de auxílio ao processo de melhoria para um Sistema de Manufatura, enfatizando ser, portanto, mais do que simplesmente

um Sistema de Informação e Controle. A figura 4.10 mostra os macro requisitos do *Andon* sob essa ótica:

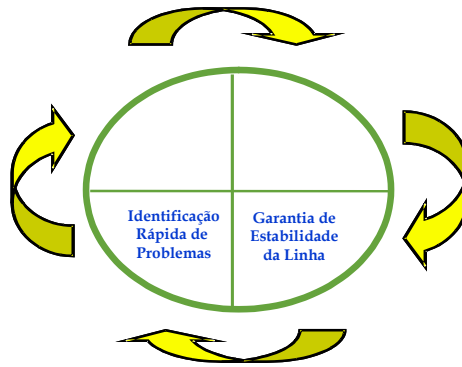


**FIGURA 4.10:** O CICLO DE MELHORIA DO ANDON – ADAPTAÇÃO DO PDCA

Algumas correlações já implementadas e analisadas durante as visitas mostram a oportunidade de crescimento desse sistema na indústria, tais como a garantia de trabalho no takt na linha de giro do “baleiro” e a garantia de transferência de produtos no takt time. Na sequência são realizadas as recomendações aos quatro ambientes de montagem analisados.

#### **4.4.1. Recomendações para a Linha de Montagem de Veículos:**

A linha de montagem de veículos analisada, verificando sob a ótica de processo de melhoria, garante o trabalho no *takt* e a identificação rápida de problemas, porém a eliminação da reincidência de problemas e o foco em treinamento e aprendizado constante são pouco enfatizadas. A figura 4.11 apresenta a situação dessa linha sob a ótica do ciclo de melhoria do *Andon*, onde apenas dois quadrantes são evidenciados e satisfazem as funcionalidades:



**FIGURA 4.11:** O CICLO DO ANDON NA LINHA DE MONTAGEM DE VEÍCULOS

Como estratégia mundial, as plantas dessa Empresa possuem um processo de auditoria anual que avalia o quão *Lean* determinadas plantas estão no momento. O *Process Control Board* ou *Andon* é um item da avaliação. Por esse motivo, a Empresa já propõe-se a ter uma estrutura de suporte ao projeto focado em:

- Comprometimento e Consistência: Gerentes, Líderes, Grupos de Trabalho e Suportes devem trabalhar motivados, educados e com uma visão clara do processo de melhoria, bem como estarem alinhados aos objetivos estratégicos da empresa quanto à utilização dessa ferramenta.
- Autonomia: Operadores têm alguns controles sobre a área e podem prover ajuda sem muito esforço. Isto possibilita resolver problemas atacando as causas raízes.
- Qualidade: Capacidade de identificar problemas.
- Produtividade: Alta velocidade de resposta na resolução de anormalidades minimizando perdas no fluxo produtivo, o que de certa forma coincide com as necessidades de melhoria e aprovação ao *Andon*.

Dessa forma, este processo de auditoria anual já incentiva a empresa a buscar a melhoria contínua, o que vem a facilitar o trabalho de implementação das propostas a serem sugeridas. Assim como recomendações propostas para se atingir as características desejadas, têm-se:

- incentivar o treinamento e o constante aprendizado para com o trabalho
- desenvolver uma estrutura de apoio que analise os problemas, descubra as causas e implemente as melhorias,
- as características desejadas sendo atendidas, contribuirão para justificar uma nova aquisição de sistema para outras linhas que hoje não possuem.

Com estas propostas, a figura 4.12 apresenta o ciclo do *Andon* para a Linha de Montagem de Veículos:



**FIGURA 4.12:** PROPOSTA PARA O CICLO DO ANDON NA LINHA DE MONTAGEM DE VEÍCULOS

#### 4.4.2. Recomendações para a Linha de Montagem de Giro Automático:

A linha de montagem do “baleiro”, analisando sob a ótica de processo de melhoria, garante o trabalho no *takt* e o aprendizado constante do ambiente de trabalho, porém a identificação rápida de problemas bem como a eliminação da reincidência de problemas não são evidenciadas. A figura 4.13 apresenta a situação dessa linha sob a ótica do ciclo de melhoria do *Andon*, onde apenas dois quadrantes são evidenciados e satisfazem as funcionalidades:



**FIGURA 4.13:** O CICLO DO ANDON NA LINHA DE GIRO AUTOMÁTICO

Assim sendo são feitas recomendações de implementação de forma a atingir as características desejadas, tendo como propostas:

- implementar uma botoeira substituindo os botões de emergência das estações de trabalho,
- introduzir um sistema radiofrequência para contatar rapidamente os suportes,
- apontar as informações de anormalidades em um banco de dados,
- desenvolver uma estrutura de apoio para avaliar regularmente este banco de dados e implementar as melhorias propostas.
- Isso permitirá justificar com mais facilidade a utilização do sistema nas outras linhas da fábrica.

A figura 4.14 apresenta o ciclo de melhoria do Andon considerando a situação proposta:

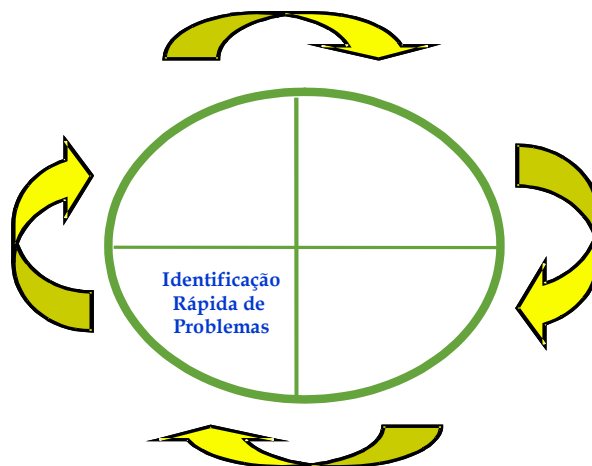


**FIGURA 4.14:** PROPOSTA PARA O CICLO DO ANDON NA LINHA DE GIRO AUTOMÁTICO

#### **4.4.3. Recomendações para a Linha de Montagem Palletizada:**

Para a linha de montagem palletizada, analisando sob a ótica de processo de melhoria, somente um quadrante é atendido (identificação e resolução rápida de problemas). A figura 4.15 apresenta a situação dessa linha sob a ótica do ciclo de melhoria do *Andon*:





**FIGURA 4.15:** O CICLO DO ANDON NA LINHA DE MONTAGEM PALLETIZADA

Assim como propostas e recomendações são enfatizadas:

- a necessidade de adicionar ao Sistema Supervisório a característica de informar em algum ponto do ciclo quanto tempo resta de montagem bem como sinalizar o momento de transferência do *pallet*. É claro que para isso, o número de *pallets* na linha deve ser menor do que o atual;
- Informar as anormalidades em um banco de dados e não mais num diário de bordo;
- desenvolver uma estrutura de apoio para analisar os problemas e implementar as melhorias;
- o foco de produção deve mudar e passar a ser mais importante a qualidade do que a velocidade de produção.

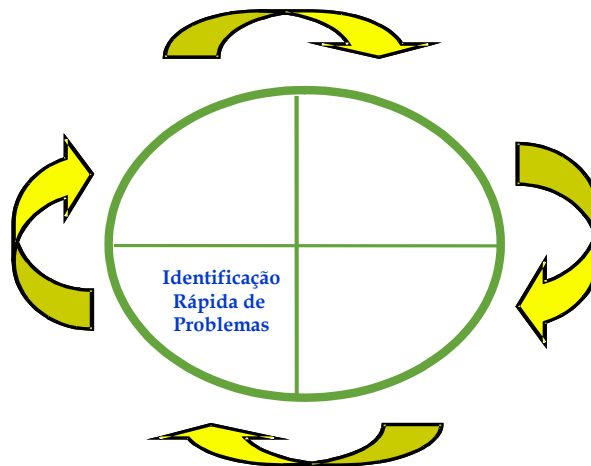
A figura 4.16 apresenta o ciclo de melhoria do Andon considerando a situação proposta:



**FIGURA 4.16:** PROPOSTA PARA O CICLO DO ANDON NA LINHA PALLETIZADA

#### 4.4.4. Recomendações para a Linha de Montagem Manual:

Para o quarto ambiente, o que apresenta as características operacionais mais simples, assim como no terceiro ambiente somente um quadrante do ciclo de melhoria é satisfeito e inclusive parcialmente (identificação e resolução rápida de problemas). A figura 4.17 apresenta a situação dessa linha sob a ótica do ciclo de melhoria do *Andon*:



**FIGURA 4.17:** O CICLO DO ANDON NA LINHA DE MONTAGEM MANUAL

Assim como recomendações que visam auxiliar e complementar a utilização dessa ferramenta de modo a utilizá-la de uma forma sistêmica e na sua plenitude, são propostos:

- desenvolver um sistema que auxilie o trabalho e garanta que ele se realize no tempo *takt* e que transfira o produto no tempo *takt*, um sistema *pacemaker* (sistema de demarcações na estação de trabalho);
- apresentar uma botoeira em cada estação de trabalho que permita apontar qual é o problema e contatar rapidamente os suportes através de um sistema radiofrequência. As informações referentes aos problemas gerados devem ser levadas a um banco de dados;
- desenvolver uma estrutura de apoio para analisar as informações do banco de dados e implementá-las;

Isso garantirá uma estabilidade de processo, resposta rápida a problemas e foco na eliminação dos mesmos e também o foco voltado ao treinamento e aprendizado constante com a preocupação em sempre realizar o certo. A figura 4.18 apresenta o ciclo de melhoria do Andon considerando as propostas realizadas e a garantia do funcionamento na plenitude de suas utilizações:



**FIGURA 4.18:** PROPOSTA PARA O CICLO DO ANDON NA LINHA DE MONTAGEM MANUAL

#### 4.5. Comentários e Considerações Finais:

Neste capítulo foram apresentadas as características dos diferentes ambientes de montagem que possuem um sistema *Andon*. A análise realizada em cada linha sob o ponto de vista da funcionalidade e aplicação do *Andon*, deixou evidente que há uma baixa preocupação com a utilização desse sistema. Tornou-se evidente durante as visitas ser o *Andon* encarado mais como um sistema de Controle do que de Gestão e melhoria de processos, pois as linhas visitadas atendem as características de identificação imediata de problemas e algumas também, a estabilidade de se trabalhar no *takt time*. Porém as características que satisfaçam aos requisitos de aprendizado para com os problemas e foco na eliminação de problemas recorrentes não são conjuntamente satisfeitas.

Algumas características importantes e observadas são que a sofisticação de um sistema como é o caso da montadora de veículos (primeira empresa visitada) não é um fator determinante para melhor utilização do *Andon*, pois apesar dessa linha apresentar um sistema sofisticado, o

mesmo não possui características de foco em aprendizado e treinamento nem abordagem para eliminar problemas recorrentes. O sistema é então uma ferramenta de controle sofisticada.

Da mesma forma, o nível de automação de uma linha como é o caso da montagem palletizada, não implica no maior grau de conhecimento e utilização do *Andon*, pois possuir um sistema supervisor extremamente sofisticado atrelado a inúmeros *poka yokes* eletrônicos dificultam a operacionalização do *Andon*. Neste caso também têm-se uma ferramenta de controle bastante sofisticada.

O nível dos recursos humanos não é um fator que dificulte ou mesmo inviabilize a implantação ou a melhor utilização do sistema *Andon*. A abordagem evidenciada na Toyota a qual o aprimoramento do trabalho é uma forma de as pessoas aprofundarem e enriquecerem mais suas vidas (Ghinato, 1994) mostra que a chave para melhor utilização do sistema está simplesmente em uma mudança de atitude das pessoas. As funcionalidades mostram a simplicidade para o uso desse sistema.

Diante disso foram propostas melhorias aos ambientes que permitissem enxergar o *Andon* como um Sistema de Gestão e Controle perfeitamente aplicável a qualquer ambiente de montagem, ou seja, foram realizadas propostas sugestivas que permitam o sistema, satisfazer o aprimoramento do trabalho e buscar a eliminação de problemas recorrentes e portanto, trabalhar num ciclo de melhoria contínua.

## Capítulo 5

### Conclusão e Recomendações:

Este trabalho teve como objetivo apresentar e definir as funcionalidades do Sistema *Andon* e avaliá-las em quatro linhas de montagem de diferentes características, abrangendo a grande maioria de processos de montagem.

Estes requisitos funcionais foram determinados baseado nas características operacionais do Sistema *Andon* bem como nas funcionalidades derivadas do Modelo de Cochran (1998). Entretanto não foi detalhado o conceito de projeto da matriz de Cochran (1998), devido à dificuldade de se trabalhar com esses dados para explicitar os resultados, mas sim realizado uma análise qualitativa com uma abordagem metodológica prática, a qual simplesmente correlaciona as características do Andon focada em regras que guiam o processo de trabalho aos requisitos do modelo de Cochran (1998).

Após definir e analisar os requisitos de funcionalidades chegou-se à conclusão que para uma linha de montagem satisfazer as características desejadas por esses requisitos, não era necessário possuir um sistema de informação sofisticado, nem mesmo a linha ser automatizada, dada a simplicidade desses requisitos funcionais.

Como conclusão das visitas e da pesquisa, o Sistema mostrou-se ser uma ferramenta de gestão e controle quando utilizado na sua plenitude. O maior exemplo disso são as linhas da Toyota, as quais possuem um trabalho padrão em constante aprimoramento pelo uso do sistema,

aliado ao treinamento e garantia da estabilidade de linha, e onde as pessoas estão dispostas a identificar problemas rapidamente, valorizando as causas e procurando eliminar os efeitos.

Assim sendo, pode-se concluir que o Sistema *Andon* deve ser encarado como uma ferramenta que auxilia no processo de melhoria e que pode ser aplicada em quaisquer ambientes de montagem objetivando garantir a estabilidade, detectar problemas rapidamente, aprender com os problemas e buscar eliminar a reincidência, o que segundo Spear (2002), contribui para a melhoria de performance da organização.

Enxergar o *Andon* dessa forma, possibilitou propor melhorias aos ambientes de montagem visitados e também permitiu tornar esses requisitos funcionais que suportam suas respectivas características desejadas, uma ferramenta metodológica para avaliar a aplicação do *Andon* em ambientes de montagem.

Como sugestão para futuros trabalhos, recomenda-se:

- validar essa proposta metodológica de aplicação do sistema buscando empregar essas funcionalidades em algum ambiente que se almeje implantar o sistema;
- implantar fisicamente o *Andon* em algum ambiente de montagem;
- Expandir a aplicação do *Andon* conforme essa metodologia de funcionalidade para outros ambientes de manufatura.

## Referências Bibliográficas

Adler, P. S. Time and Motion Regaind. *Harward Business Review* , 1993.

Agostinho, O. L., Sistemas de Manufatura. *Volume 1*. UNICAMP, 2001.

Bolton, W. Mechatronics: electronic control systems in mechanical engineering. London: Longman, c1995.

Caetano, A. G. L. S., Oliveira, J. F. G., *Sistemas de supervisão de chão-de fábrica: uma contribuição para implantação em indústrias de usinagem*. São Carlos : Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2000, 161p Dissertação (mestrado).

Caetano, A. G. L. S.; Meireles, G. S. C.; Oliveira, J. F. G.; Sousa, G. W. L., Informações de chão de fábrica num ambiente de manufatura integrada. In: *Congresso e exposição internacionais da tecnologia da mobilidade*, 8., São Paulo, 1999. SAE Brasil 99. São Paulo, SAE do Brasil (SAE Technical Paper Series, 1999-01-3021). 2000

Campos, V. F., Gerenciamento da Rotina de Trabalho do dia a dia. Ed Desenvolvimento Gerencial, 1998.

Cochran, D. S., Linck, J. *The Importance of Takt Time in Manufacturing System Design*. Massachusetts Institute of Technology, 1998.

Dix, A., The Human Interface. *Assembly Automation*, v. 14 , (3), pp. 9 – 14, 1994.

Ferraz Jr, F., Coelho, R. T., Desenvolvimento de um sistema de monitoramento e supervisão para o processo de torneamento via TCP/ IP. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica*, Uberlândia, 2001.

Ghinato, P. *Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time*. - Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

Ghinato, P. *Elementos para a compreensão de princípios fundamentasi do sistem a Toyota de Produção: “Automação e Zero defeitos”*. Universidade do Rio Grande do Sul, 1994, Dissertação de Mestrado.

Lucio, N. R. *Tempos e Métodos na Empresa*. – Centro Latino-americano de capacitacion y Desarrollo de Empresas.

Maccoby, M. Is there a best way to build a car? *Harward Business Review* , 1997.

Martins, M. P. *Estruturação da Parte de Comando de um Sistema Automação de Produção com ênfase na Implementação de um Sistema de Supervisão*. – Campinas: Universidade Estadual de Campinas - 1998 -Tese (Doutorado).

Mello, R. G. *Desenvolvimento de Sistemas de Supervisão de Manufatura para Empresas de Usinagem*. São Carlos: Universidade de São Paulo – EESC – USP, 2002.



Meirelles, G. S. C. *Desenvolvimento de Sistemas de Aquisição de dados em operações de usinagem, visando o monitoramento de linhas ou células de produção*. São Carlos: Universidade de São Paulo – EESC – USP, 2000 - Dissertação de Mestrado.

Meyers, F. E.; Stewart, J. R. *Motion and Time study for lean manufacturing*. 3 ed. Editora Prentice Hall, 2002.

Monden, Y. *Toyota Production System: an integrated approach to just in time / Yasuhiro Monden*. London: Chapman and Hall. cap.1-2 p.1-35; cap. 6 p.89-104; cap. 10 p.158; cap. 12 p.177-185; cap. 14 p. 221-234, 1994.

New United Motors Manufacturing, Inc. (NUMMI), Graduate school of business Stanford University, December, 1998.

Ohno, Taiichi *O Sistema Toyota de Produção*. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda, 149pp., 1997.

Oliveira, J. F. G., *et al.* Implementação de sistemas de supervisão de manufatura em empresas de usinagem.- estudo de caso. *Cobef*, 2000.

PROCESS CONTROL BOARD SYSTEM *FPS In Station Process Control*, January 2002.

Shingo, Shigeo *Zero quality control: Source inspection and poka-yoke system*. Cambridge, M.A. Productivity Press, 303pp., 1986.

Shingo, Shigeo *A study of the Toyota Production System*. Cambridge, M.A. Revised Edition, Productivity Press, 257pp., 1989.

Silva, A.M.; Baranauskas, M.C.C. Projetos colaborativos: uma tentativa de contribuir com novas necessidades organizacionais.

Spear, S. J. *Just-in-time in practice at Toyota – Rules in use for building self diagnostic adaptive work system*, 2002.

Spear, S.; Bowen, H. K. Decoding the DNA of Toyota System. *Harvard Business Review* September/ October, 1999.

Spring, M., Dalrymple, J. F. Product customization and manufacturing strategy. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 20, (4), 441-467pp. 2000,

Toyota Motor Manufacturing – USA. Inc. *Harvard Business School*, 1995.

Taguchi, G., Elsayed, A., Engenharia da Qualidade em Sistemas de Produção. Tradução: Regina C. Loverri, Mc Graw Hill, 1990.

Womack, J. P.; Jones, D.T.; Roos, D. *A Máquina que mudou o mundo* Ed Campus 13<sup>a</sup> edição, 1992.

## **Bibliografia Consultada**

Alvarez, R. R.; Antunes Jr., J. A. V. Takt-time : Conceitos e contextualização dentro do sistema Toyota de produção. *Gestão & Produção*, v.8, (1), pp.1-18, abr. 2001.

Castañeda, J. I. Effect of control frequency on the performance of manufacturing systems with controllable production rates. Massachusetts Institute of Technology, Doctoral Thesis Prosal, 2000.

Costa, W. S. Resgate da humanização no ambiente de trabalho. *Caderno de pesquisas em administração*, São Paulo, v. 09, (2), abril – Junho – 2002.

DO FLUXO DE DADOS AO FLUXO DE TRABALHO: SICALIS PARA A FÁBRICA TRANSPARENTE, <http://www.ad.siemens.de/automobilindustrie>.

Ishikawa, K (1989), Introduction to Quality Control, 3A. Corporation

Ishikawa, K. Controle de Qualidade Total à maneira japonesa. Ed. Campos Rio de Janeiro, 1993.

Koyama, M. F. Proposta de Infra – Estrutura de Comunicação e Processamento para um Sistema Automatizado de Produção. Campinas: Universidade Estadual de, 1995 - Dissertação de Mestrado.

Kuest, K. M. The development of the production system design decomposition framework. Massachusetts Institute of Technology, 1999 – Master.

Pessoa, V. M. N. As diferenças básicas entre o pensamento oriental e ocidental sobre capacidade na indústria. *II Congresso Nacional de Engenharia Mecânica*, 2002.

Seleme, R. Modelo de implantação de sistema de informação gerencial com monitoramento e feedback contínuo aplicado na construção civil. - Universidade Federal de Santa Catarina, 2000 – Dissertação de Mestrado.