

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Rafael Gussoni

**IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS EM UMA CÉLULA DE
MANUFATURA DE AUTOPEÇAS TUBULARES, UTILIZANDO
TÉCNICAS DA MANUFATURA ENXUTA**

**Taubaté - SP
2009**

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Rafael Gussoni

**IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS EM UMA CÉLULA DE
MANUFATURA DE AUTOPEÇAS TUBULARES, UTILIZANDO
TÉCNICAS DA MANUFATURA ENXUTA**

Dissertação apresentada para obtenção do certificado do
Título de Mestre pelo Curso de Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade
de Taubaté.

Área de Concentração: Produção

Orientador: Prof. Dr. Eng. José Rubens de Camargo.

**Taubaté - SP
2009**

RAFAEL GUSSONI

**IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS EM UMA CÉLULA DE
MANUFATURA DE AUTOPEÇAS TUBULARES, UTILIZANDO
TÉCNICAS DA MANUFATURA ENXUTA**

Dissertação apresentada para obtenção do certificado do
Título de Mestre pelo Curso de Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade
de Taubaté.

Área de Concentração: Produção

Orientador: Prof. Dr. Eng. José Rubens de Camargo.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Rubens de Camargo.

Universidade Taubaté.

Assinatura _____

Prof. Dr. Carlos Alberto Chaves.

Universidade Taubaté.

Assinatura _____

Prof. Dr. Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia.

Universidade de São Paulo.

Assinatura _____

Dedico este trabalho principalmente aos meus maiores professores, meus pais, Oscar Gussoni e Marilda Kazuko Gussoni, que me acompanharam e educaram desde minha infância, sempre da melhor forma possível e, são responsáveis pelos valores que tenho comigo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, ao meu orientador, o professor José Rubens de Camargo, pelo comprometimento e apoio em todos os momentos, além do estímulo para que meu desenvolvimento superasse minhas expectativas.

Aos professores da UNITAU, especialmente aos doutores Giorgio Eugenio Oscare Giacália, Carlos Alberto Chaves e Jorge Muniz Jr., que foram de fundamental importância para meu desenvolvimento no decorrer dos estudos.

A minha irmã, Renata Gussoni, que me acompanhou na etapa mais importante desse período.

A todas às pessoas que participaram e me incentivaram, de uma forma ou de outra, durante todas às etapas, dessa prazerosa evolução acadêmica e profissional.

RESUMO

Esse trabalho apresenta uma empresa nacional do ramo metalúrgico fabricante de autopeças tubulares, que implantou conceitos da manufatura enxuta na linha de seu principal produto. A metodologia utilizada foi o mapeamento do fluxo de valor e o levantamento de índices, que refletissem a situação atual no início do trabalho, passando pela análise dos processos produtivos e viabilidade da implantação dos conceitos da manufatura enxuta. Os resultados apresentam uma análise crítica das técnicas implantadas e das melhorias alcançadas, além dos ganhos em produtividade e diminuição das perdas por retrabalhos e refugos dos produtos, melhoria na eficiência dos operadores e melhoria no *layout* da célula. Foi observada a importância na indústria do conceito de manufatura enxuta, assim como seus resultados positivos frente à expectativa e objetivos gerados no início da implantação.

Palavras-chave: Manufatura enxuta. Metalúrgica. Autopeças.

ABSTRACT

This study shows a national company in the industry Metallurgical, facing the automotive industry that manufactures auto parts and tubes that deployed the concept of lean manufacturing in line of your main product. The methodology began with the mapping of the flow and raising of indices that reflect the current situation, through analysis of processes and feasibility for implantation of the concepts of lean manufacturing. The results presents a critical analysis of developments and improvements achieved, plus the gains in productivity and reduction of rework and scrap products. Are also made suggestions for future studies and projects. In this work we observed the importance of the concept of lean manufacturing in the industry, as well as its positive results compared to expectations generated at the beginning of implantation in order to help further the dissemination of the concept in the industry.

Keywords: Lean Manufacturing. Metallurgy. Autoparts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do STP.....	25
Figura 2 – Balanceamento das operações	28
Figura 3 – Fluxo de produção tradicional e fluxo de produção unitário contínuo.....	30
Figura 4 – Separação entre homem e máquina	33
Figura 5 – Layout em forma de “U”.....	38
Figura 6 – Etapas do mapeamento do fluxo de valor.....	42
Figura 7 – Mapa do fluxo de valor	43
Figura 8 – Produto estudado.	58
Figura 9 – Fluxograma do processo.....	60
Figura 10 – Mapeamento do fluxo de valor.....	64
Figura 11 – Balanceamento da célula (peças produzidas por operação por hora).....	65
Figura 12 – Eficiência operacional da célula de manufatura.....	66
Figura 13 – Índice de refugo e retrabalho da linha de produção.....	67
Figura 14 – Índice de refugo e retrabalho extratificado por operação.....	68
Figura 15 – Cronograma detalhado da implantação.	72
Figura 16 – <i>Layout</i> inicial.....	73
Figura 17 – Caçamba para acomodação de peças entre as operações.....	74
Figura 18 – Situação encontrada no chão de fábrica antes da implantação dos 5S.....	76
Figura 19 – Novo <i>layout</i> inicial.....	81
Figura 20 – Escorregador implantado na linha U	83
Figura 21 – Cenário após implantação dos 5S no chão de fábrica.....	85
Figura 22 – Ferramental operação 30/40.....	86
Figura 23 – Ferramental operação 60.....	87
Figura 24 – Operação de rebarbação.....	88
Figura 25 – Dispositivo de fixação para a operação de soldagem.....	89
Figura 26 – Dispositivo final de controle.....	90
Figura 27 – Balanceamento da célula (peças produzidas por operação por hora).....	92
Figura 28 – Comparação do balanceamento antes e depois das melhorias	93
Figura 29 – Eficiência operacional após melhorias.....	93
Figura 30 – Índice de refugo e retrabalho após implantação.....	94
Figura 31 – Comparação dos índices de refugo e retrabalho antes e após a	

implantação da metodologia.....	94
Figura 32 – Índices de refugo e retrabalho estratificado por operação após aplicação das melhorias.....	94
Figura 33 – Fluxograma de processo após aplicação das melhorias.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diretrizes para eliminar o número de operadores em célula.....	47
Tabela 2 – Apresentação dos pontos de melhoria, ferramentas utilizadas e situação esperada.....	69
Tabela 3 – Aplicação da ferramenta 5W1H aos pontos de melhoria levantados.....	70
Tabela 4 – Ferramentas e práticas estudadas, aplicadas e as que já estavam implantadas anteriormente.....	98

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	12
1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	12
1.2 ORIGEM DO TRABALHO.....	13
1.3 OBJETIVO DO TRABALHO.....	13
1.4 RELEVÂNCIA DO TRABALHO.....	13
1.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	15
1.6 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	15
1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	17
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 A TÉCNICA DE PRODUÇÃO.....	18
2.2 ORIGEM E FILOSOFIA DA MANUFATURA ENXUTA.....	18
2.3 BASES DE SUSTENTAÇÃO E ESTABILIDADE DO SISTEMA.....	24
2.4 <i>KAIZEN</i>	24
2.5 <i>HEIJUNKA</i>	26
2.6 BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO.....	27
2.7 <i>JUST-IN-TIME</i>	28
2.8 <i>JIDOKA</i>	31
2.9 PRÁTICAS DA MANUFATURA ENXUTA.....	33
2.9.1 “5S”.....	34
2.9.2 Padronização das operações.....	35
2.9.3 <i>Layout</i> celular.....	37
2.9.4 Flexibilidade no projeto da célula.....	37
2.9.5 Troca rápida.....	39
2.9.6 <i>Kanban</i>	39
2.9.7 Mapa do fluxo de valor (MFV).....	41
2.9.8 Eficiência da linha e medidas de desempenho.....	44
2.9.9 Manutenção produtiva total (MPT).....	45
2.9.10 Administração total da qualidade.....	50
2.10 PRODUÇÃO FOCALIZADA.....	51
2.11 DIRECIONAMENTO PARA FABRICAÇÃO REPETITIVA EM LOTES.....	53

2.12 MANUTENÇÃO DAS MEHORIAS.....	53
2.13 CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA MANUFATURA ENXUTA.....	55

CAPÍTULO 3 – PROPOSIÇÃO.....56

CAPÍTULO 4 – MATERIAL E MÉTODO.....58

4.1 PRODUTO.....	58
4.1.1 Particularidades do produto.....	58
4.1.2 Processo de manufatura.....	59
4.2 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR.....	63
4.3 BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO.....	64
4.4 NÍVEIS DE REFUGO E RETRABALHO.....	67
4.5 OPORTUNIDADES DE MELHORIAS E PLANO DE AÇÕES.....	68
4.6 IMPLANTAÇÃO DAS MELHORIAS.....	71
4.7 MELHORIAS NO <i>LAYOUT</i>	72
4.7.1 Melhoria no <i>layout</i> da planta industrial.....	73
4.7.2 Melhoria do <i>layout</i> da célula I para U.....	74
4.7.3 Melhoria na movimentação das peças na célula de manufatura.....	74
4.8 IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA “5S”.....	75
4.9 MELHORIAS NO PROCESSO PRODUTIVO.....	78
4.9.1 Melhoria no processo de estampagem.....	78
4.9.2 Melhoria no processo de curvamento da peça.....	79
4.9.3 Melhoria na operação de rebarbação.....	80
4.9.4 Melhoria no dispositivo de solda.....	80
4.9.5 Aumento de produtividade e eficiência do dispositivo de controle.....	80

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS.....81

5.1 MELHORIA NO <i>LAYOUT</i> INDUSTRIAL.....	81
5.2 MELHORIA DO <i>LAYOUT</i> CELULAR.....	82
5.3 IMPLANTAÇÃO DE ESCORREGADORES PARA MOVIMENTAÇÃO DAS PEÇAS.....	83

5.4 MELHORIAS EVIDENCIADAS APÓS A IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA “5S”	84
5.5 MELHORIA NOS FERRAMENTAIS.....	85
5.5.1 Melhoria no processo de estampagem.....	85
5.5.2 Melhoria no processo de curvamento da peça.....	87
5.5.3 Melhoria na operação de rebarbação.....	88
5.5.4 Melhoria no dispositivo de solda.	89
5.5.5 Aumento de produtividade e eficiência de dispositivo de controle.....	90
5.6 BALANCEAMENTO E NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO.....	91
5.7 ÍNDICES DE REFUGO E RETRABALHO.....	94
5.8 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR APÓS AS MELHORIAS.....	95
5.9 ATUALIZAÇÃO DE DOCUMENTOS.....	96
5.10 DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS.....	97
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	101
6.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	102
REFERÊNCIAS.....	103

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nas últimas décadas, a globalização trouxe para os grupos empresariais uma grande possibilidade de expansão em seu mercado consumidor, porém, ao mesmo tempo forçou-as a competirem entre si, resultando em uma busca incessante por menores custos e maior qualidade nos produtos e serviços. Essa competitividade acarretou vantagens para o consumidor, já que passou a contar com uma gama maior de produtos e serviços com menores preços propiciando às empresas uma maior modernização e desenvolvimento de conceitos antes não praticados (SLACK et al., 1999).

A área de produção que era considerada apenas como um objeto do planejamento operacional, tornou-se importante na elaboração das estratégias empresariais, buscando vantagens competitivas onde as organizações passaram a investir em processos produtivos que além de atender as expectativas dos clientes, aumentassem a qualidade e eliminassem os desperdícios.

Com essa visão, a Toyota Motor Company, desenvolveu um sistema de produção conhecido como Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) (WOMACK, JONES, ROOS, 1990), tornando-se um padrão no Japão pela sua competitividade.

De acordo com Shingo (1996), na produção, a principal finalidade do pensamento enxuto é a eliminação de todos os tipos de desperdício ao longo de uma cadeia produtiva.

Os desperdícios a serem eliminados são classificados em sete categorias: superprodução, espera, transporte excessivo, processos inadequados, inventários desnecessários, movimentação desnecessária e produtos defeituosos (HINES, TAYLOR, 2000).

O sucesso dessa estratégia atualmente é reconhecido pela grande utilização na indústria automobilística mundial. O mesmo vem ocorrendo na indústria nacional, como exemplo pode-se citar: a GM, a Daimler Chrysler, a Volvo, a Eaton, dentre outras (LEAN SUMMIT, 2002).

1.2 ORIGEM DO TRABALHO

A origem desse trabalho vai além dos méritos acadêmicos, surgiu principalmente a partir da oportunidade observada durante o início de uma nova etapa profissional, onde os conhecimentos adquiridos no curso de mestrado poderiam ser aplicados em uma situação real.

1.3 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho é obter redução de custo, melhoria na qualidade do produto e eliminação de desperdícios a partir da implantação de melhorias alcançadas por meio da aplicação das ferramentas da manufatura enxuta de uma linha de produção de autopeças tubulares. Esse objetivo baseia-se em:

- Mapear o fluxo de valor na condição anterior a aplicação;
- Desenvolver indicadores que demonstrem o estado antes e depois da aplicação das ferramentas da manufatura enxuta;
- Mostrar a aplicação das ferramentas com o mínimo de investimento possível, tornando dessa forma a implantação mais viável;
- Demonstrar as práticas de manufatura enxuta, incluindo ferramentas, conceitos e técnicas utilizadas na empresa estudada;
- Evidenciar e analisar os resultados encontrados após a implantação das ferramentas;
- Obter da implantação, um modelo de utilização da aplicação em outras oportunidades.

1.4 RELEVÂNCIA DO TRABALHO

É fato que a globalização obriga as empresas a aperfeiçoarem seus sistemas produtivos, buscando técnicas mais modernas para melhorias constantes na qualidade e aumento de produtividade. Obterão maiores condições de sobreviver e ampliar sua atuação

no mercado, aquelas empresas que possuírem maior flexibilidade para se adequarem às mudanças, aplicando técnicas de melhoria contínua na produção e desenvolvimento de seus produtos, não deixando de lado a motivação de seus funcionários.

Freqüentemente verificam-se publicações relacionada a esse tema, destacam-se as abordagens que indicam as tendências para o futuro das fábricas e necessárias para seu crescimento ou até mesmo sua sobrevivência como poder exemplo: maior flexibilidade, maior democracia, a informatização, a automação de chão de fábrica, eficiência e excelência. Como exemplo se destaca a publicação do artigo “O futuro da fábrica” pela da revista Exame em fevereiro de 2001 que apresenta uma síntese dessas tendências. Os principais assuntos citados neste artigo estão mencionados a seguir:

1. Organização e limpeza nas fábricas, melhor utilização possível da iluminação natural;
2. Projeto modular e flexível para que a capacidade de produção possa ser aumentada o quanto necessário, isso, em um fim de semana ou em um determinado turno;
3. Valorização dos colaboradores e de suas atividades, onde os funcionários não serão encarados somente como uma ferramenta no meio de produção, mas como membros de uma comunidade, com valores e objetivos em comum;
4. Autonomia no chão de fábrica para decisões operacionais, permitindo que os funcionários da produção participem do gerenciamento de suas células de trabalho e desempenhem múltiplas tarefas;
5. Planejamento para treinamento e reciclagem constante dos operadores, atualizando-os quanto à evolução dos sistemas de trabalho;
6. Incentivar e preparar os colaboradores em qualquer nível, para que no futuro, ele utilize menos as mãos e mais o raciocínio;
7. Foco na qualidade, melhoria contínua e perfeição nos processos de fabricação com objetivo de aumentar a produtividade.

O setor de autopeças é um segmento da indústria metalúrgica onde a competição mundial é acirrada devido à rápida evolução e inovações constantes. No panorama industrial brasileiro, é notado um grande avanço nas aplicações da manufatura enxuta, uma vez que as empresas têm buscado cada vez mais o aumento da produtividade, melhoria da

qualidade, aumento da flexibilidade e redução dos custos de produção.

Partindo de uma visão empresarial onde a empresa pretende aumentar a margem de lucro por meio da minimização dos desperdícios, a aplicação das ferramentas da manufatura enxuta nesse trabalho, está alinhada perfeitamente com os objetivos e mostra-se como um conceito além de eficiente, fundamental nesse ramo de atividade, diante da forte concorrência no setor.

1.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Essa linha de manufatura trata-se de uma terceirização de serviços, ou seja, o cliente fornece por meio de uma transferência temporária, todo o maquinário e ferramental necessário à produção das peças. Nesse cenário as oportunidades de; redução de custo, aumento de produtividade e conseqüentemente de retorno dos investimentos, se limitam principalmente às melhorias alcançadas na manufatura das peças, pois, qualquer valor investido em maquinário ou ferramental novo, reformas, alterações ou substituições, cujo retorno seja a médio ou longo prazo, poderão ser perdidos. Como esse risco praticamente inviabiliza a possibilidade de investimento em máquinas, equipamentos e ferramentais novos, o foco das ações volta-se para melhorias cujo valor investido tenha amortização em curto prazo.

1.6 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Para a realização desse estudo foi elaborada uma metodologia que desenvolvesse o trabalho direcionando-o para o alcance dos objetivos iniciais.

Em princípio foram realizados estudos sobre a bibliografia com o intuito de buscar conceitos, ferramentas, técnicas, exemplos de aplicações e estudos de casos para utilização como base teórica. Esses estudos partiram da leitura de livros, dissertações, teses e publicações científicas. Também foi realizado um breve levantamento atual da empresa e identificadas as práticas da manufatura enxuta já implantadas.

Após o levantamento bibliográfico e mapeamento do fluxo de valor, foi elaborado um estudo por meio de indicadores de produtividade e qualidade atuais da célula de produção,

que auxiliou na identificação das oportunidades de melhoria.

Dessa forma foi elaborado um plano de cinco etapas, prevendo a implantação e contemplando os recursos, atividades e objetivos, conforme descrito a seguir:

1. Abertura e identificação de responsáveis e necessidades: O início do projeto partiu de uma visita à linha produção e, posteriormente, uma reunião com os envolvidos e responsáveis na implantação de melhorias na linha de manufatura estudada. Nessa reunião, com os envolvidos já treinados anteriormente sobre a implantação das ferramentas e das práticas da filosofia enxuta, toda a condição inicial foi analisada e, nessa mesma etapa, foram levantados os índices de qualidade e produtividade para auxiliar na análise dos possíveis pontos de melhoria. Na reunião também foram definidos os colaboradores que trabalhariam como multiplicadores das melhorias, repassando atividades e acompanhando o desenvolvimento e aplicação na célula.
2. Mapeamento da condição atual: No processo como um todo, desde o recebimento da matéria prima até a expedição do produto final, foi realizado o mapeamento do fluxo para levantamento das operações que agregam valor ao produto, das que não agregam valor ao produto, mas são necessárias à fabricação e, por fim, as que não agregam valor e podem ser eliminadas, essas últimas sendo o foco principal das melhorias. Os demais, na medida do possível, foram reduzidos. As cronoanálises das operações foram refeitas, e dessa forma, foi mais precisa a obtenção dos dados necessários para levantamento dos índices, como quantidade de refugos e retrabalhos, em cada posto de trabalho.
3. Verificação e implantação das melhorias: Depois de *brainstormings*, onde foram definidas as melhorias que seriam aplicadas e suas viabilidades, se definiu o plano de implantação com a divulgação do estado futuro para todos os envolvidos. Toda implantação teve acompanhamento e suporte técnico necessário dos colaboradores do “chão de fábrica”.
4. Regularização da documentação e treinamentos: Toda documentação referente ao processo de manufatura, e controle da qualidade, foi verificada e revisada, a fim de garantir o atendimento às normas em que a empresa é certificada. Todos os envolvidos também foram treinados com o principal objetivo de manter com

eficiência as práticas e ferramentas implantadas na produção.

5. Conclusão e resultados obtidos na prática: Foram elaborados relatórios comparativos entre a situação inicial, e o cenário pós-implantação, a fim de evidenciar as melhorias alcançadas através de indicadores. Ao finalizar o trabalho, foram apresentadas situações que podem auxiliar a implantação da mesma ferramenta com objetivos semelhantes em toda a empresa estudada, tanto quanto como contribuição para referência de estudo e recomendações específicas para o setor. Todo resultado desse trabalho foi apresentado à direção da empresa.

1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A organização do trabalho foi feita em seis capítulos. Nesse primeiro capítulo, foi desenvolvida a introdução da dissertação, contendo de forma sucinta; a importância do trabalho, a definição do problema, os objetivos, a relevância e limitações, e a estruturação.

O capítulo dois é dedicado à revisão da literatura, e aborda a filosofia da manufatura enxuta, assim como sua base de sustentação, seus pilares e suas práticas.

O terceiro capítulo detalha a expectativa a partir da implantação das melhorias frente aos objetivos do trabalho com toda sua abrangência. Além de detalhar os objetivos, faz uma previsão sobre a expectativa de cenário pós-implantação.

O quarto capítulo apresenta o material estudado, as particularidades do produto e do processo, a definição das melhorias e implantação, assim como detalha a aplicação práticas das ferramentas da manufatura enxutas utilizadas.

No capítulo cinco, apresenta os resultados e uma análise que compara a situação anterior com a situação após implantação das ferramentas.

No capítulo seis, apresenta as conclusões. Nesse capítulo também são feitas sugestões para o cenário futuro.

Por fim, são citadas as referências utilizadas como base teórica para o desenvolvimento do trabalho.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A TÉCNICA DE PRODUÇÃO

Em dias atuais e com um ponto de vista cada vez mais capitalista e globalizado, as fronteiras se tornam cada vez menores e as empresas se mantêm competitivas realizando mudanças tanto no âmbito cultural como produtivo, assim obtém maiores vantagens competitivas sobre seus concorrentes, caso contrário, correm sérias ameaças pela concorrência na disputa pelos clientes, colocando em risco até mesmo sua sobrevivência.

Em análise dos efeitos que a concorrência tem sobre as empresas e formas como elas podem enfrentá-las, Porter (1999) afirma que o meio ambiente onde essas empresas atuam é como uma arena de competição, onde elas estão sujeitas às diversas forças concorrentes e tem que lidar com elas para sobreviver.

Com um pensamento concordante, no início da década de 60 surgiu no Japão um novo sistema de produção, desenvolvido na Toyota Motor Company, a partir das idéias de Taiichi Ohno, denominado como Sistema Toyota de Produção (STP). A base do Sistema Toyota de Produção é a absoluta eliminação do desperdício (OHNO, 1997).

Womack (2000) comenta que ao final dos anos 60, Taiichi Ohno estabeleceu suas inovações na Toyota e o próximo passo era a extensão do sistema para toda a cadeia de fornecedores. Essa extensão foi realizada nos 10 anos posteriores.

A Toyota conseguiu essa transformação exigindo reduções constantes nos custos das peças a cada ano. Dessa forma, o sistema Toyota permeou toda cadeia de fornecimento até o final dos anos 70.

Aos poucos, os princípios gerais dessa filosofia foram se consolidando e se difundindo para diversos ramos de fabricação no Japão (década de 60). A partir dessas técnicas, foram desenvolvidas ferramentas operacionais que estivessem apoiadas em uma ótica e em foco de melhorias contínuas. Surgiu então o *Kanban*, a autonomia, a troca rápida de ferramentas, o controle de qualidade do zero defeito, o *poka-yoke*, a tecnologia de grupo e a manufatura celular dentre outras técnicas.

2.2 ORIGEM E FILOSOFIA DA MANUFATURA ENXUTA

Segundo Taylor (1908), o sistema de produção artesanal em sua grande maioria é empírico, pois depende da experiência do artesão. Dessa forma Taylor procurou a melhor forma de realizar as atividades manuais se baseando em princípios científicos. Esses estudos deram origem à engenharia industrial.

As primeiras inovações que deram origem a manufatura enxuta, surgiram no chão de fábrica da Toyota Motor Corporation (Japão) isso, em meados da década de 40. Essas mudanças serviram como medidas para enfrentar a grande escassez de recursos e a crescente competição na indústria automobilística, e que na época, representou um modelo de produção alternativo ao modelo de produção em massa (ONHO, 1988).

Alguns autores nomeiam a filosofia na manufatura enxuta com diferentes termos: JIT (*Just in Time*) Ohno (1988), Fabricação Classe Universal (Schonberger, 1988), Excelência na Manufatura (Hall, 1988), Fabricação Superior (HARMON, 1991).

Em “A máquina que mudou o mundo”, James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Ross (1992) descrevem a própria história da Toyota remontada pela história da organização industrial japonesa. Toda história da produção enxuta tem origem junto ao chão de fábrica da Toyota Motor Company Ltd., considerada como berço do surgimento de novos conceitos de engenharia industrial.

Womack, Jones e Ross (1998) evidenciam muito bem as diferenças de desempenho, obtidas pela implantação do conceito de manufatura enxuta na indústria automobilística japonesa, em comparação de como era conduzida a indústria automobilística ocidental.

Posterior a popularização da manufatura enxuta, inúmeros autores a definiram muito bem, assim como suas próprias filosofias, o que nos ajuda a formar uma idéia mais completa e consistente desse sistema, segundo Ferro (2003), a mentalidade enxuta é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência de ações que criam valor, realizá-las sem interrupção sempre que solicitadas e de forma cada vez mais eficiente.

Maestrelli (2002) comenta que a manufatura enxuta está baseada em um composto de quatro programas chaves: controle de inventário, garantia da qualidade, máximo rendimento dos equipamentos e fábricas focalizadas.

Bozzone (2002) descreve a manufatura enxuta com um sistema de produção puxada, no fluxo contínuo, na eliminação de desperdícios, na qualidade na fonte e na busca por melhorias contínuas.

Para Macdonald, Aken e Rentes (2002), a produção enxuta reúne uma série de princípios para eliminar desperdícios durante a produção dos produtos, buscando atingir ou

até superar as expectativas dos clientes. Suas técnicas procuram minimizar as perdas dentro da empresa, gerando produtos a um menor custo e possibilitando a organização produzir a um preço menor e sem perda da qualidade.

Segundo Womack e Jones (1998), a mentalidade enxuta (*lean thinking*) é uma filosofia de negócio que olha com detalhe para as atividades básicas envolvidas no negócio e identifica o que é desperdício e o que é valor a partir da ótica dos clientes.

Para Ohno (1998), o *just-in-time* e a automação são os dois pilares para a produção enxuta. Ainda segundo Ohno (1988), produção enxuta significa que, no fluxo da produção, os componentes necessários alcançam a linha de montagem no tempo em que são necessários e na quantidade necessária.

O período pós anos 90 foi marcado pela expansão do uso da manufatura enxuta nas empresas ocidentais, motivadas pelos bons resultados obtidos pelas empresas orientais.

Atualmente, essa filosofia está sendo implantada na grande maioria dos setores industriais, obtendo resultados expressivos em diversas empresas (LEAN SUMMIT, 2002).

Hines e Taylor (2000) descreveram de forma abrangente e objetiva cinco princípios básicos da produção enxuta:

1. Valor: É o primeiro passo para o pensamento enxuto, e é definido pelo cliente final, ou seja, é entendido como aquilo que os clientes estão dispostos a pagar por um determinado produto conforme suas necessidades. Cabe a empresa a identificação dessas necessidades, procurando satisfazê-las da melhor maneira possível, cobrando por isso um preço específico e com os lucros aumentando em função de melhorias contínuas dos processos, qualidade dos produtos e redução de custos;
2. Cadeia de valor: É o conjunto de ações que leva o produto a passar por três etapas gerenciais críticas de um negócio:
 - Tarefa de solução do problema que abrange desde a concepção até o lançamento;
 - Tarefa de gerenciamento da informação cuja responsabilidade começa no recebimento do produto e vai até a sua entrega ao cliente final;
 - Tarefa de transformação física, que engloba todo o fluxo da matéria-prima até

o produto acabado.

3. Fluxo: Essa etapa é responsável pela fluência do processo produtivo como um todo. A filosofia enxuta redefine o trabalho das atividades, departamentos e empresas, permitindo a contribuição de forma positiva para a criação de valor e mostrar aos funcionários a importância de cada um na cadeia de valor;
4. Produção puxada: É a capacidade das empresas no planejamento, programação e manufatura exata da necessidade do cliente. Dessa forma, a empresa se programa para que o cliente “puxe” a programação de um produto, ao invés de empurrá-lo depois de produzido. Isso torna as demandas dos clientes mais estáveis, uma vez que eles sabem que terão a produção assim que houver necessidade. Outra vantagem é que não serão mais mantidos produtos em estoque, diminuindo assim os custos do produto;
5. Perfeição: Trata-se da realização da produção enxuta por completo, ou seja, a integração dos quatro princípios iniciais criando um ciclo consistente, pois evidencia os desperdícios ocultos, assim como os obstáculos para o melhor fluxo do produto.

O principal objetivo da produção enxuta é justamente a eliminação dos sete tipos de desperdício. Hines e Taylor (2000) definem os desperdícios em três tipos de atividades, sendo elas:

- Atividades que agregam valor, ou seja, são aquelas que para o cliente final foram responsáveis por em algum momento do processo em agregar valor ao produto ou serviço;
- Atividades que não agregam valor ao produto final e são desnecessárias à produção, podendo ser eliminadas a curto ou médio prazo;
- Atividades que não agregam valor, porém, são necessárias em algum momento do processo para a produção do produto. Essas atividades ou operações são mais difíceis de serem eliminadas, e precisam de mais planejamento para realização que normalmente ocorre a médio ou longo prazo.

Conforme Womack e Jones (1998), os sete desperdícios identificados por Shigeo Shingo na Toyota do Japão, podem ser encontrados da seguinte forma:

- a) Superprodução: produção em excesso ou antes do necessário, acontece quando há um fluxo pobre de informações e peças. Segundo Ghinato (2002), a perda por superprodução é a mais danosa, porque ela tende a esconder outras perdas e é a mais difícil de ser eliminada. Os danos causados por esse tipo de perda são muito maiores quando posteriormente é evidenciada qualquer não conformidade com a especificação do produto.

Para Ohno (1988), a produção em excesso significa produzir coisas que não serão vendidas e esse excesso resulta em todo o mal da área produtiva.

Para Corrêa e Gianesi (1993), a perda por superprodução é toda produção realizada no sentido de antecipar a demanda, prevendo a requisição de produtos no futuro, tendo como resultado o excesso de inventário. Ainda segundo Corrêa e Gianesi (2003), existem dois tipos de perda por superprodução: Perda por produzir demais resultando na sobra de peças ao final da produção, inadmissível para produção enxuta. E a outra é a perda por produzir antecipadamente ao momento que as peças realmente seriam necessárias, resultando em estocagem, movimentação e transportes desnecessários até uma ocasião de uma nova operação ou mesmo envio para o cliente. Esse tipo de desperdício é o mais trabalhado pela produção enxuta e requer atenção constante principalmente a mudanças no planejamento e programação.

- b) Fabricação de produtos defeituosos: É a fabricação do produto em qualquer quantidade fora da especificação requerida pelo cliente. Portanto, não atende os requisitos necessários para o uso no estado em que se encontra.

Os maiores custos por desperdício originam-se principalmente por falta de qualidade na fabricação, resultando em refugo de matéria prima, perda das operações realizadas, necessidade de inspeção e necessidade de mão-de-obra (IMAI, 1996). Sua utilização dependerá de aplicações sistemáticas de métodos de controle de qualidade na fonte, identificando a causa raiz do problema, logo assim que ela aconteça. O sucesso desse trabalho tem melhores resultados quando a organização incentiva à prática de “*empowerment*” dos funcionários, ou seja, concedendo autonomia para que os responsáveis em cada etapa do processo parem a linha produtiva sempre que houver a constatação de defeitos.

- c) Estoque: É verificado sob forma de matéria-prima, produto em processo, produto em terceiro e produto acabado. Quando é verificado estoque em qualquer um desses

níveis, a produção enxuta diminui de forma gradativa os estoques intermediários a fim de revelar outros problemas ocultados pelos altos níveis de estoque. Para Womack e Jones (1998), todo e qualquer produto mantido em estoque, resulta em um custo operacional maior, ocupando mais espaço, e exigindo equipamento adicional, entre outros.

Para Ghinato (2000), existe uma grande barreira ao combate às perdas por estoque, já que os mesmos proporcionam a “vantagem” de aliviar os problemas de sincronia entre os processos.

d) Processamentos inapropriados: é todo desperdício relacionado ao processo produtivo por origem de má utilização de recursos, como máquinas e equipamentos, assim como utilização de tecnologias inadequadas, seqüências inapropriadas ou a não utilização total dos recursos existentes como uma velocidade reduzida quando poderia ser utilizada uma velocidade maior sem alteração da qualidade do produto.

Processamento inapropriado são as parcelas do processamento que podem ser eliminadas sem afetar as características e funções básicas do produto ou serviço (RIBEIRO, 1986).

e) Transportes desnecessários: São consideradas as movimentações em excesso dos produtos ou serviços internas ou externas e que resultam em um “*lead time*” maior em qualquer parte do processo, devendo ser eliminada o quanto possível (RIBEIRO, 1986).

Nesse aspecto, bons resultados são alcançados por meio de melhorias no “*layout*”, quando essas eliminam ou minimizam as distâncias e movimentações de matéria-prima ao processo, nos processamentos, armazenagem e entrega ao cliente.

f) Espera: Trata-se da falta de movimentação ou processamento de um produto, que aguarda em espera por um sinal verde para uma próxima operação, movimentação, inspeção ou armazenagem. Um grande motivo da existência desse tipo de desperdício é o desbalanceamento dos tempos nas operações.

Para Ghinato (2002), é possível destacar três tipos de perda por espera: 1a. Espera no processamento que acontece quando um lote de peças aguarda entrada em uma máquina, dispositiva ou qualquer equipamento que ainda esteja sendo utilizado. 2a. Espera por lote, ocorre quando as peças já finalizadas em uma operação aguardam até a conclusão da última peça do lote. Embora seja uma perda comum e que pode ocorrer em qualquer parte do processo produtivo, é mais danosa devido ao volume nas empresas que tem sua produção em massa. 3a. Perda por espera do operador, que ocorre quando ao acompanhar o processo produtivo o operador fica ocioso aguardando o início ou final de

uma operação.

g) Movimentações desnecessárias: Caracterizado por toda ação realizada por um operador que não esteja relacionada ao processo agregando valor ao produto, tornando-se, portanto, desnecessárias (RIBEIRO, 1986).

A produção enxuta como um todo teve suas bases no Sistema Toyota de Produção (STP), o que justifica uma abordagem objetiva desse sistema produtivo, assim como sua filosofia gerencial. Todo esse sistema assim como qualquer sistema produtivo, tem sua sustentação por intermédio de algumas bases e pilares técnicos, que dão apoio na busca pela eliminação dos desperdícios.

2.3 BASES DE SUSTENTAÇÃO E ESTABILIDADE DO SISTEMA

Todo o sistema da manufatura enxuta tem como alicerce uma base formada pelas operações padronizadas, sendo uma delas o *Heijunka* que é o nivelamento da produção e *Kaizen* que é a melhoria contínua para estabilização do processo.

Ghinato (2000) afirma que a implantação do Sistema Toyota de Produção tem como requisito principal à estabilidade dos processos para que o planejamento das ações de melhoria e atividades da produção possam ser idealizadas, estudadas e realizadas em um universo sob controle e previsível. Toda identificação analítica feita no processo ao longo da cadeia de valor, deve ser conduzida em condições estáveis para que a melhoria ou solução do problema seja feita de forma prática, a fim de resolver problemas que surgem a cada dia. Segue Figura 1, que ilustra a estrutura do STP.

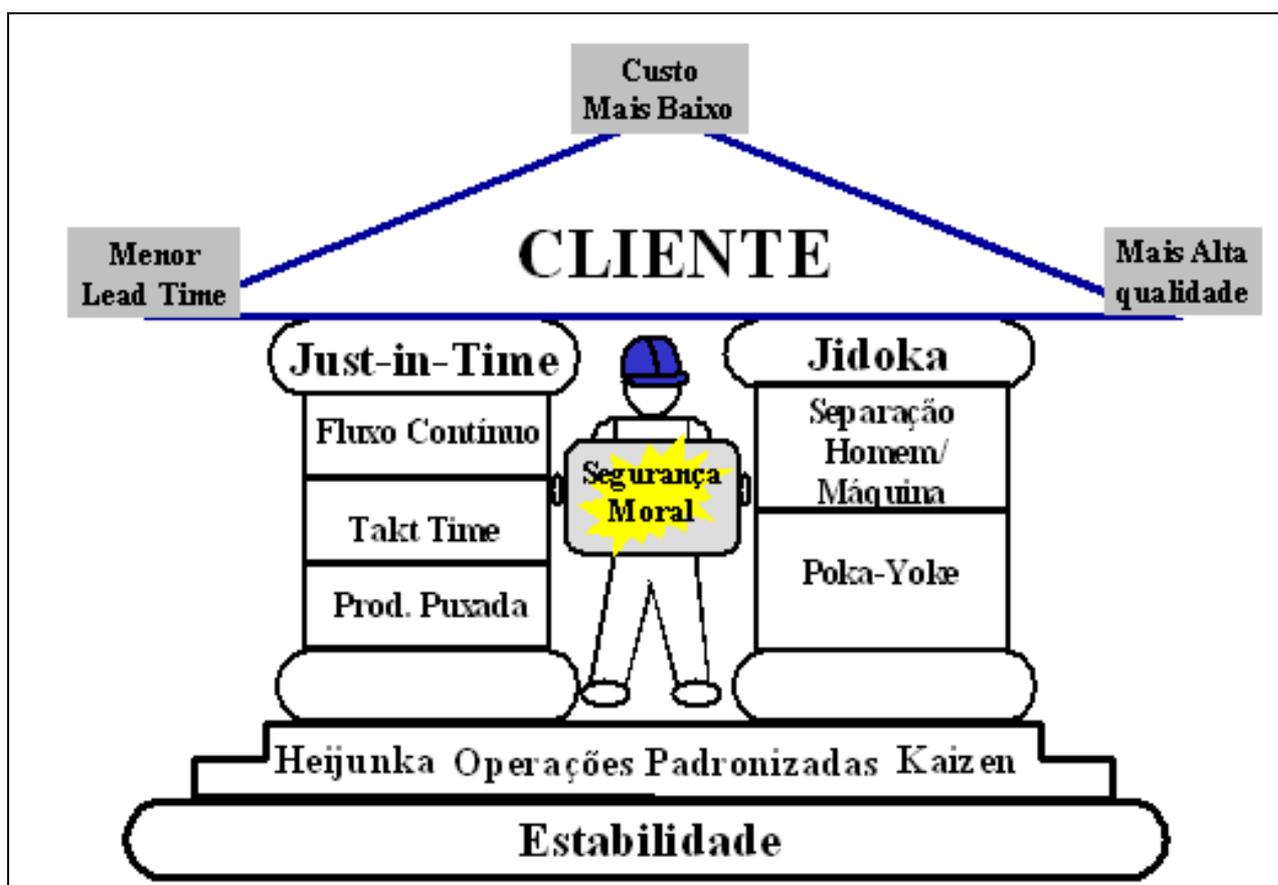


Figura 1 – Estrutura do STP (GHINATO, 2000).

2.4 KAIZEN

Kaizen é uma melhoria incremental e contínua de uma atividade, focada na eliminação de perdas (*muda*), de forma agregar mais valor ao produto/serviço com o mínimo de investimento (GHINATO, 2000).

Antunes Jr. (1994) ratifica que existe uma necessidade premente de envidar esforços no sentido de chegar a uma cultura técnica da engenharia industrial que faça vir à tona a compreensão e a importância das etapas de melhoria em toda abrangência do setor industrial.

O *Kaizen* faz parte da base do sistema e é promovido por um plano diretor dentro das organizações. Isso deve ser feito de forma consensual com o compartilhamento de todos os setores e pessoas envolvidos no processo de mudança para um comprometimento maior (ARAÚJO e RENTES, 2005).

Rother e Shook (1998) definem o *Kaizen* em duas situações, *Kaizen* de fluxo e *Kaizen*

de processo.

Para o *Kaizen* de fluxo, o enfoque está na melhoria de fluxo de valor sendo dirigido ao gerenciamento. Envolve planejamento e execução de melhoria em alto nível gerencial e em operações.

Para o *Kaizen* de processo, o enfoque está na melhoria dos processos individuais, eliminando desperdícios e está dirigido às equipes e líderes de trabalho. É focada em melhorias de pontos específicos dos processos.

A implantação do pensamento enxuto tem como princípio à transparência no processo, destinado a alinhar pessoas e recursos com tarefas de melhorias (WOMACK e JONES, 1998).

2.5 HEIJUNKA

Heijunka é o conceito relacionado ao nivelamento da produção em função da demanda do cliente. Na implantação desse fluxo contínuo do processo, torna-se desejável o balanceamento das operações. Para a manufatura enxuta essa abordagem difere da abordagem tradicional.

O nivelamento da produção desenvolvido pela Toyota é um instrumento visual que auxilia na produção, pois, conforme Rother e Shook (1998), o agrupamento e produção de produtos de uma só vez dificulta o atendimento da demanda dos clientes que querem algo diferente do lote que está sendo produzido. Para Rentes (2003), isso pode provocar um desbalanceamento na produção dos componentes dos processos anteriores.

Balancear refere-se a igualar o tempo. Nivelar refere-se a igualar a quantidade de material em relação ao tempo. Nivelar é também chamado de suavizar a produção de forma a atender a provisão da demanda e também é conhecido como *Heinjunka*. Ghinato (2000), afirma que *Heijunka* é o nivelamento das quantidades e tipos de produtos.

Para produção enxuta o início da produção é dado a partir do momento que o cliente solicita o produto. Como lógica, o ritmo da produção enxuta parte da demanda do cliente e repercute por toda a cadeia de valor do produto, desde os fornecedores de matéria prima até os armazéns de produtos acabados. Então a principal vantagem que o sistema puxado oferece é nivelar a manufatura e proporcionar a produção somente do que está vendido.

2.6 BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO

Na produção enxuta o balanceamento das operações está ligado ao sincronismo do ritmo de produção que acompanha a velocidade das vendas e é conhecido como “*takt time*”. Ou seja, o *takt time* é o tempo necessário para produzir um conjunto completo ou um componente, baseado na demanda do cliente (ROTHER e SHOOK, 1998).

De acordo com Moreira (1998), balanceamento da linha de produção é o fluxo de operações em uma linha, onde o produto (ou parte dele) é dividido e distribuído para que as pessoas executem determinadas operações em seus postos de trabalho, e esses postos de trabalho, são ocupados por um determinado número de funcionários responsáveis pela execução de tarefas conforme os estudos de tempos previamente realizados.

Segundo Barnes (1977), o estudo do tempo é premissa básica para balanceamento da linha de produção, pois, é por meio dele que se determina o tempo que uma pessoa qualificada, trabalhando em condições normais e num cenário real, necessita para realizar uma determinada atividade. Esse tempo gasto e normalmente apresentado em minutos, é chamado de ritmo normal e determinado como tempo padrão para as operações.

Todo posto operativo ou estação de trabalho necessita de um determinado tempo para executar sua tarefa, quando os tempos gastos nessas operações são iguais, podemos dizer que a linha está balanceada, pois o aumento ou diminuição da produção depende apenas da cadência ou velocidade definida no sistema, porém, quando esses tempos são diferentes é necessário um estudo adicional (ROCHA, 2005).

Conforme Tubino (1999), um ponto importante na focalização da produção diz respeito a quanto do processo produtivo pode ser efetivamente organizado por produto dentro de uma estrutura verticalizada. Essa questão está ligada ao balanceamento entre a capacidade de recursos e a demanda esperada pelos produtos que utilizam esses recursos. Em fábricas novas, esse balanceamento pode ser alcançado com um projeto voltado para o equilíbrio dos recursos produtivos, com a demanda negociada com clientes.

A principal dificuldade em balancear uma linha de produção, está na formação de tarefas, ou conjunto de tarefas, que possuam o mesmo tempo de formação. Muitas vezes algumas tarefas não podem ser divididas e algumas tarefas curtas não podem ser agrupadas, o que dificulta o balanceamento (AGUIAR; PEINADA e GRAEML, 2007).

O balanceamento das quantidades e dos tipos é chamado de “uniformização da carga”, no sistema Toyota. A uniformização da carga do sistema de produção é o principal

fator para eliminação do desperdício.

De acordo com a Figura 2, o balanceamento tradicional procura igualar os tempos de ciclo de cada trabalhador, dessa forma cada trabalhador recebe cargas semelhantes de trabalho. O tempo de ciclo é o tempo total que um trabalhador necessita para executar todas as operações alocadas a ele (GHINATO, 2000).

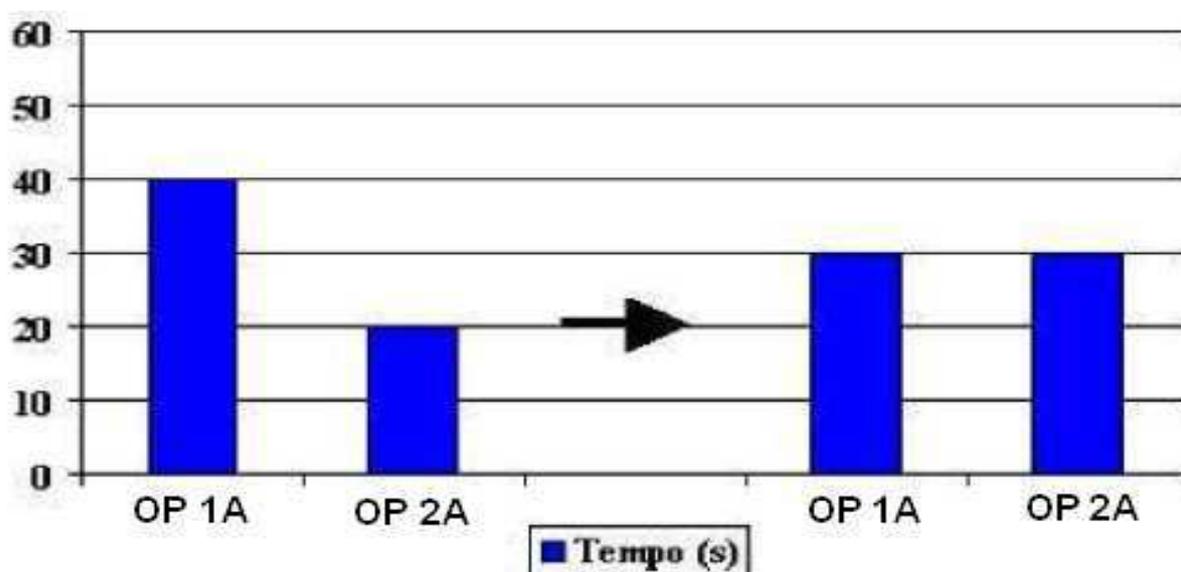


Figura 2 – Balanceamento das operações (GHINATO, 2000).

2.7 JUST-IN-TIME

Passível de ser traduzido como “na hora certa”, o *Just-in-Time* (JIT) é um conjunto de princípios e técnicas de organização industrial, inspirados na organização industrial japonesa, orientados para a simplificação dos processos, redução de custos e melhoria da qualidade dos produtos.

Dentre os princípios que foram implementados pela Toyota e pela Yamaha, e sistematizados por outros, Ohno (1988), em *Just-in-Time for Today and Tomorrow*, destaca-se o seguinte: Para produzir “*just-in-time*” (na hora certa) é necessário tornar o processo de fabricação suficientemente flexível e eficiente para ser possível dar resposta a alterações nos padrões da procura, para isso, se procura diminuir a produção em massa (o ideal seria a produção peça a peça) e conseqüentemente os estoques devem ser reduzidos o máximo possível deixando apenas uma margem de segurança.

De acordo com Ghinato, (2000) e Shingo, (1966), o conceito de (JIT) *Just-in-Time* é uma expressão em inglês adotada pelos japoneses, mas que não se sabe precisar quando surgiu. Fala-se do surgimento na indústria naval, sendo incorporada, logo a seguir, pelas indústrias montadoras.

Segundo Mota (1993), o JIT não é uma ciência, pois, não busca esclarecer hipóteses, teorias ou leis sobre a realidade organizacional. Seus objetivos trabalham com essa realidade e buscam interferir e modificá-la, dessa forma, se coloca no campo do conhecimento técnico cujo objetivo compreende a transformação da realidade mediante uma relação de caráter normativo com os fenômenos que a circundam.

A filosofia JIT tem como objetivo fundamental melhorar continuamente a produtividade, procurando flexibilidade, simplicidade nos processos e eliminação de todas as formas de desperdício que não agreguem valor às atividades desenvolvidas. O JIT tem como estratégia de produção a redução dos estoques em níveis mínimos, por meio da produção no momento certo e na quantidade certa. Com isso, permite-se uma rápida percepção e busca de solução (melhoramento contínuo) para os problemas que ocorrem no chão de fábrica.

Segundo Lubben (1989), a intenção da filosofia JIT é obter um processo de manufatura que atenda seus objetivos usando o mínimo de recursos (materiais, mão-de-obra, equipamentos, espaço, tempo e energia).

O objetivo do JIT é identificar, localizar e eliminar as perdas garantindo um fluxo contínuo de produção (OHNO, 1988).

Shingo (1986) afirma que o fundamental é que se entenda que o JIT é principalmente uma maneira de alcançar os verdadeiros objetivos do STP, que por sua vez objetiva aumentar os lucros por intermédio da eliminação das perdas.

Os sistemas de produção *Just-in-time* buscam continuamente o aumento de flexibilidade, seja pela forma estrutural de distribuição dos recursos em unidades de negócios, focalizadas e com células de fabricação operadas por funcionários polivalentes, ou seja pela diminuição dos lotes de produção a partir da redução dos tempos de “*setup*” e eliminação das atividades que não agregam valor ao produto.

A Figura 3 mostra a comparação de dois processos sendo o tradicional (tipo funcional) e o segundo fluxo contínuo, onde se observa à eliminação de perdas por estoque, espera e redução do lead time de produção (GHINATO, 2000).

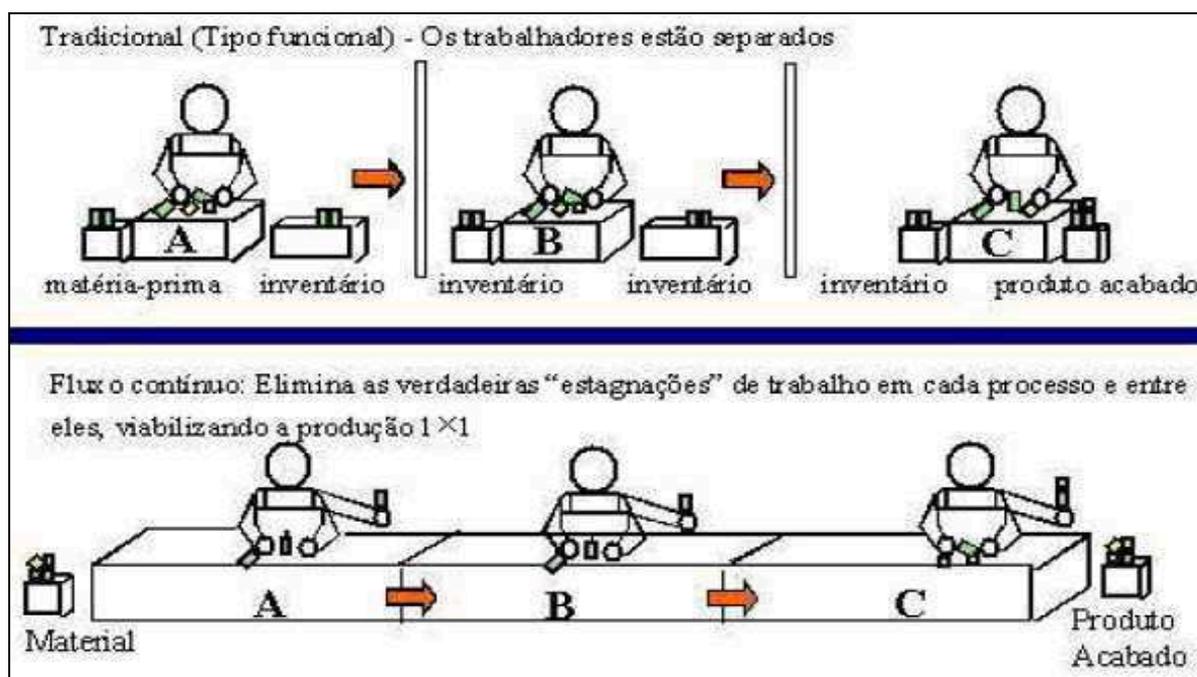


Figura 3 – Fluxo de produção tradicional e fluxo de produção unitário contínuo (GHINATO, 2000).

É essencial para a implantação do fluxo contínuo de produção um balanceamento perfeito das operações ao longo da célula de fabricação e montagem quando houver.

Todo esse sistema se estabiliza quando a produção ocorre conforme planejado, ou seja, determina-se o “*takt time*” e os recursos de pessoal, máquina e materiais, necessários para maior eliminação possível do desperdício, sem afetar a segurança ou garantia da qualidade (KAMADA, 2007).

Essa eficiência para a produção enxuta é alcançada por meio do conceito “*takt time*”, que nivela o ritmo da produção com a programação requerida pelo cliente.

O “*takt time*” é o tempo necessário para produzir um componente ou um produto completo, baseado na demanda do cliente (ROTHER e SHOOK, 1998).

O “*takt time*” funciona como elemento central, em dois subsistemas da manufatura que trabalham com fluxos unitários: na montagem (agregação dos componentes) e internamente nas células de produção. O funcionamento da fábrica orquestrado pelo “*takt time*” depende em ambos os subsistemas, da presença de dois elementos: um sistema para comunicação e controle e um marcador para o ritmo definido pelo “*takt time*” (ALVAREZ e ANTUNES, 2001).

Pode-se obter o “*takt time*” representado pela seguinte fórmula, que mostra o ritmo que cada processo precisa estar produzindo e o que representa oportunidades de melhoria.

Takt time = Tempo total disponível / Demanda do cliente.

Segundo Iwayama (1997), o “*takt time*” é o tempo alocado para a produção de uma peça ou produto em uma célula ou linha. A idéia de “alocação” de um tempo para produção pressupõe naturalmente que alguém “aloca”, porém, o “*takt time*” não é um dado absoluto, mas sim determinado.

2.8 JIDOKA

O segundo pilar que dá sustentação à produção enxuta é o *Jidoka*, que pode ser traduzido como autonomação.

Autonomação é muitas vezes expressa como simplesmente “automação com toque humano” e a palavra “*Jidoka*” também pode ser simplificada utilizada com esse mesmo significado (PRODUCTIVITY PRESS, 1986).

Segundo Shingo (1986), a meta do *Jidoka* é reduzir defeitos, porém os estatísticos se baseiam na expectativa de defeitos e não na prevenção. Dessa forma a ferramenta *Jidoka* auxilia na prevenção dos defeitos.

A autonomação consiste em facultar ao operador ou a máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade (GHINATO, 1996).

Embora a autonomação esteja freqüentemente associada à automação, ela não é um conceito restrito às máquinas (MONDEN, 1983). Na da manufatura enxuta, o conceito de autonomação não se aplica somente às máquinas, esse conceito abrange também todas as linhas de produção que são operadas manualmente. Nesse caso, qualquer operador da linha pode parar a produção quando alguma anomalia for detectada (OHNO, 1988).

Em 1901, quando Sakishi Toyoda começou a pensar em inventar um tear auto-ativado (automático) ele nem se quer imaginava as estrondosas conseqüências de sua pretensão (OHNO, 1988).

A partir dessa concretização e melhorias desse invento, Ohno formulou para si a seguinte questão: “*Porque uma pessoa na Toyota Motor Company pode operar apenas uma máquina enquanto na fábrica têxtil Toyota uma moça supervisiona 40 a 50 teares*

automáticos?” (OHNO, 1988). Porém, como resposta ele tinha que às máquinas da Toyota Motors Company não estavam preparadas para parar automaticamente quando houvesse algum problema ou quando o processo chegasse ao fim para um determinado lote.

Segundo Womack (1992), a paralisação da máquina ou da linha com a imediata pesquisa para levantamento e correção das causas são os procedimentos chaves na obtenção dos índices de qualidade superiores das fábricas da Toyota em relação às outras montadoras de veículos.

Conforme Ohno (1986) afirma: “nós paramos as linhas com os objetivos de não termos mais que pará-las novamente”. Ou seja, toda parada requer uma ação que corrija imediata e definitivamente aquele problema.

Para Ghinato (1996), hoje em dia esse conceito também é visto da seguinte forma, o importante é notar que o conceito de automação tem muito mais identidade com as idéias de autonomia do que com automação. Enquanto a autonomia para a condição da linha é condição fundamental, a automação desempenha um papel secundário, nem sempre presente.

Por meio da automação é possível atacar diretamente 3 das 7 perdas a saber:

1. Perda por superprodução;
2. Perda por espera;
3. Perda por fabricação de produtos defeituosos.

Além de atacar esses três tipos de perdas, a automação (*Jidoca*) elimina perdas secundárias. Um exemplo é a perdas de espaço em estoque, que pode ocorrer quando em uma máquina ou equipamento produziu além da quantidade estritamente necessária, e excesso deve permanecer em estoque até que seja programado novo pedido por parte do cliente (MONDEN, 1984).

É importante a separação entre a máquina, o homem e o *poka-yoke* (GHINATO, 2000). O que ocorre na prática, é a separação da solução do problema e do próprio problema. A detecção pode ser uma função da máquina, pois é técnica e economicamente viável, enquanto a solução ou correção do problema continua como responsabilidade do homem. Sendo assim, o operador tem a capacidade de operar mais de uma máquina simultaneamente quando suas atividades mentais e manuais são transferidas para a máquina no maior nível possível, conforme mostrado na Figura 4.

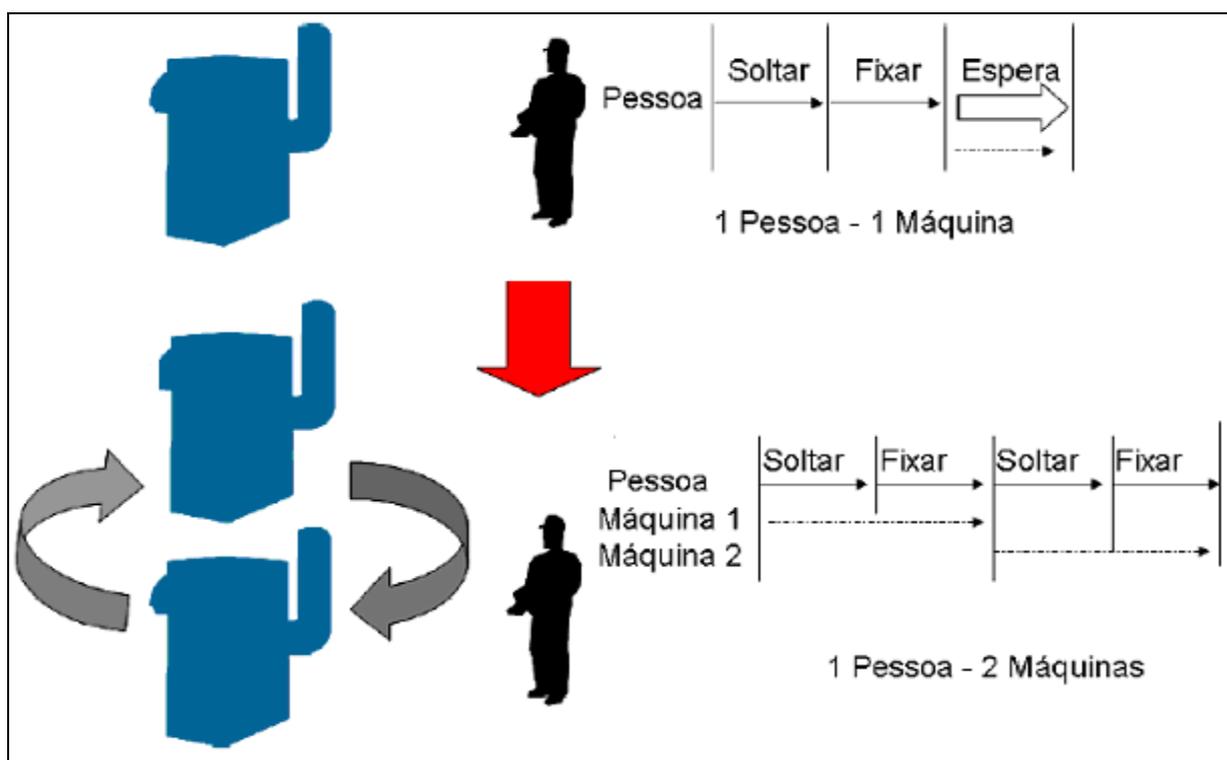


Figura 4 – Separação entre homem e máquina (GHINATO, 2000).

O *poka-yoke* aparece como um importante componente do *jidoka*. Esse mecanismo é responsável pela detecção de anormalidades quando acoplado a uma operação. O *poka-yoke* é uma forma de bloquear as principais interferências na execução da operação (MONDEN, 1998).

Antes de implantar um *poka-yoke*, Shingo afirma que é necessário ter o cuidado de fazer distinções entre erros que são impossíveis de evitar e, defeitos que podem ser totalmente eliminados (NSK FACTORY MAGAZINE, 1987).

A técnica *poka-yoke* tem como objetivo, a garantia da qualidade com retenção todas de um defeito pré-determinado e foi desenvolvida no Japão nos anos sessenta. A idéia principal é mostrar que o ser humano é passível de cometer erros que podem ser facilmente detectados e corrigidos por intermédio da utilização de mecanismos simples (SHINGO, 1996).

2.9 PRÁTICAS DA MANUFATURA ENXUTA

Em um processo enxuto o importante é lembrar que para o perfeito funcionamento do sistema, as empresas devem se esforçar ao máximo para implantar de forma correta e no

tempo certo cada um das técnicas, ferramentas e conceitos, que são utilizadas dentro desse processo produtivo, procurando obter uma completa interação entre eles e permitir com isso obter lucratividade (CARNEIRO, 2004).

Para Ferreira (1975), práticas são atos ou efeitos de praticar, usar ou aplicar a teoria. Então, são consideradas nessa revisão como prática de manufatura enxuta, todas as ferramentas, conceitos e técnicas obtidas na literatura e aplicado em campo. Sendo descritas a seguir.

2.9.1 “5S”

O conceito “5S” é uma filosofia voltada para a mobilização dos colaboradores, por meio da implantação de mudanças no ambiente de trabalho, incluindo eliminação de desperdícios, arrumação de salas, organização e limpeza.

Galsworth (1997) define que o sistema “5S” foi criado para acrescentar no ambiente de trabalho informações visuais simples e objetivas, ou seja, que torne o trabalho auto-explicativo, auto-organizativo e auto-melhorável.

Segundo Greif (1991), um ponto importante sobre os “5S” é que um ambiente com gestão visual, torna-se muito mais fácil à identificação de uma situação fora do padrão, dessa forma os funcionários podem apontar e corrigir tal situação mais facilmente.

O “5S” deve ser uma das primeiras práticas a ser implantada para início da realização dos trabalhos e refere-se a cinco palavras que em conjunto formam uma técnica simples, cujo objetivo é o início de uma mudança na mentalidade de todos os colaboradores fazendo que esses tenham mais responsabilidade e comprometimento do que simplesmente operar equipamentos.

A parte educacional voltada para o treinamento e a busca da qualidade por meio do constante aperfeiçoamento das rotinas também são objetivos do “5S”.

Segundo Osada (1992), o conceito fundamental dos “5S” deve ser entendido, incorporado e praticado por todos os níveis hierárquicos, dos empregados à gerência, visando dentre outras metas, evitar desperdícios e garantir um ambiente de trabalho cada vez mais saudável.

O método é chamado de “5S” porque, em japonês, as palavras que designam cada fase de implantação com o som da letra “S” sendo elas:

- *Seiri* - organização/ utilização/ descarte;
- *Seiton* - arrumação/ ordenação;
- *Seisou* - limpeza/ higiene;
- *Seiketsu* - padronização;
- *Shitsuke* - disciplina.

É afirmado por Takahashi e Osada (1993) que o sucesso na implantação dos “5S” está ligado diretamente a três fatores:

1. Disciplina no ambiente de trabalho, alcançada através de melhorias no gerenciamento dos parâmetros responsáveis por essa avaliação;
2. Ambiente de trabalho limpo, envolvendo as pessoas no intuito de trabalharem com equipamentos, máquinas ferramentas, e principalmente um ambiente de trabalho limpo;
3. Criação de um ambiente de trabalho propício ao gerenciamento visual que evidencia os erros tornando mais fácil sua identificação e correção.

Os principais resultados esperados e evidenciados após a implantação desse programa são a eliminação de estoques intermediários, eliminação de documentos sem utilização, melhoria nas comunicações internas, melhorias nos controles e na organização de documentos, maior aproveitamento dos espaços, melhoria do *layout*, maior conforto e ergonomia, melhoria do aspecto visual das áreas, mais limpeza em todos os ambientes, padronização dos procedimentos, maior participação dos colaboradores, maior envolvimento, economia de tempo e esforço, melhoria geral do ambiente de trabalho.

2.9.2 Padronização das operações

Segundo Spear e Bowen (1999), a padronização é o grande segredo do STP. A padronização da produção e seus processos são fundamentais para o STP alcançar seu sucesso.

As regras básicas obedecidas para padronização das operações estão descritas a

seguir:

1. Especificação abrangente das etapas. Essa regra está relacionada a uma abordagem completa do conteúdo, seqüência e resultados do processo. Assim que as tarefas são executadas, o processo é analisado quanto à necessidade de modificação de etapas, ou treinamentos dos operadores;
2. Padronização nas relações internas e externas (fornecedor-cliente). Forma de fazer solicitações e receber respostas. Sendo assim, toda comunicação deverá estar com procedimentos definidos, minimizando as possíveis confusões operacionais;
3. Facilitar e objetivar o fluxo simples e direto. Todas as linhas de montagem e manufaturas devem ser projetadas inicialmente já visando o fluxo ideal e específico para o produto;
4. Desde o nível operacional, as melhorias devem estar embasadas teoricamente por alguma metodologia científica. Portanto, estas melhorias são feitas por meio dos operadores orientados e conduzidos por supervisores que fornecem toda teoria e assistência.

Os três objetivos principais da padronização para Monden (1998), são:

1. A quantidade de material em processo manipulada pelos operadores deve ser a mínima possível;
2. Melhorar a produtividade dos operários evitando que esses façam movimentos perdidos;
3. Utilização do conceito de *takt-time* para balanceamento da linha entre todos os processos em termos da produção.

Toda padronização de tarefas exige dos gerentes e supervisores a capacidade e comprometimento no questionamento dos problemas para facilitar a aprendizagem de como fazer (SPEAR e BOWEN, 1999).

Para Ghinato (2000), o máximo da produtividade é obtido através da eliminação e padronização de elementos de trabalho que agregam valor e eliminam as perdas, assim como a definição do menor nível de estoque em processo e padronização de operações.

2.9.3 *Layout* celular

Um dos principais objetivos e vantagens do *layout* celular é permitir a flexibilização da produção por intermédio do ajuste e reprogramação dos operadores. Isso também torna disponível a redução dos custos operacionais e elimina desperdícios no processo produtivo atendendo as necessidades dos clientes (MONDEN, 1998).

Dessa forma, são necessários três requisitos:

- Contínua avaliação e periodicidade definida para as rotinas das operações padronizadas;
- Treinamento eficiente e versatilidade nas operações;
- Adequação do projeto ao *layout* das máquinas.

2.9.4 Flexibilidade no projeto da célula

Conforme Black (1998), o ponto chave de um projeto funcional para uma célula de manufatura de montagem é a flexibilidade.

O equipamento no chão de fábrica deve ser facilmente reposicionado de maneira a reestruturar e realocar as células dentro da fábrica. Conexões de energia, de água e de ar, devem ser posicionadas em dutos elevados para facilitar o acesso. As máquinas não devem ser chumbadas ou presas no chão, a não ser que seja absolutamente necessário.

O *layout* celular divide os processos de fabricação em famílias de peças ou produtos, podendo assim ser controladas por meio de um sistema *Kanban*. Sua caracterização se dá pelo fato do agrupamento de máquinas de tipo ou funções diferentes, porém de acordo com as especificações do processo de manufatura ou montagem (BLACK, 1998).

Conforme Slack et al. (1999), as características do *layout* celular são:

- É possível ajustar o sistema ao *Just-in-time*;
- Lotes menores ou de tamanho menor possível;

- Processos ajustados e especiais a cada produto;
- Agrupamento das máquinas e equipamentos preferencialmente em forma “U”.

A Figura 5 ilustra um *layout* celular em “U”, conforme Monden (1998):

Os operadores são representados pelos números 1, 2 e 3. Nessa aplicação está disposta uma quantidade de operadores, três vezes menor do que o número de máquinas existentes.

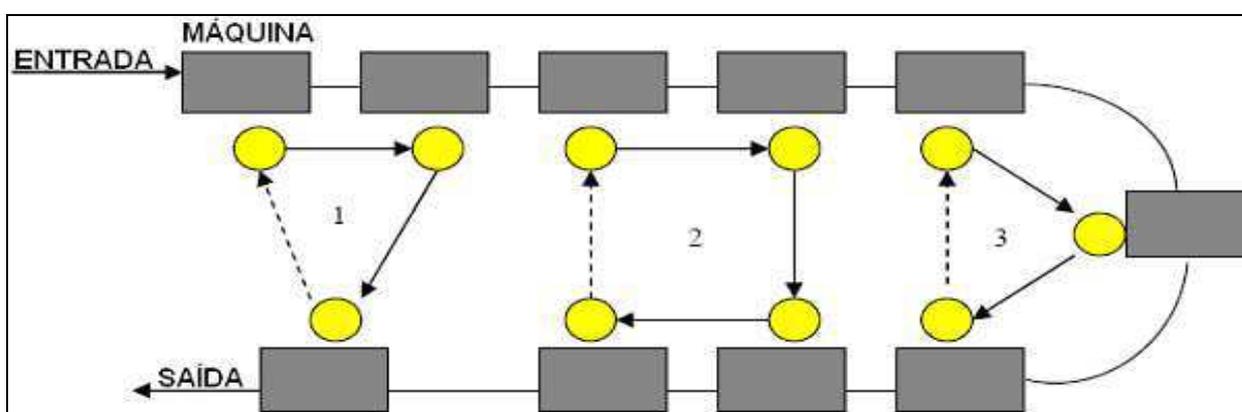


Figura 5 – Layout em forma de “U” (MONDEN, 1998).

Para Black (1998), o *layout* celular permite uma flexibilidade maior na produção, nas operações de abastecimento e desabastecimento de máquina ao se movimentarem entre elas. Sendo essa a principal vantagem com relação ao *layout* em linha.

Para trabalhar em uma situação ideal, o tempo de *setup* com o tempo de troca igual a zero, entretanto essa possibilidade só torna-se viável se todo esse processo for dimensionado especialmente para um fluxo de valor. Para determinação do tempo disponível em uma linha produtiva é feita por meio do seguinte procedimento, conforme Nishida (2005):

- Determinação do tempo de trabalho disponível menos o tempo gasto na produção (tempo de realização do *setup*);
- Determinar no processo a quantidade de *setups* realizados;
- Determinar o tempo de *setup* da máquina, dividindo o tempo total de realização dos *setups* pelos *setups* realizados.

2.9.5 Troca rápida

Um dos responsáveis pela eficiência do sistema JIT é a implantação de trocas rápidas, buscando dessa forma, rapidez na manufatura de pequenos lotes de fabricação. A troca rápida foi desenvolvida por Shingo na década de 70, após vários anos de experiências em empresas japonesas, em especial na Toyota Motors, onde conseguiu transformar *setups* de prensas, que passaram do consumo de duas horas para três minutos.

De acordo com Chase (1989), a abordagem japonesa de produtividade tem como requisito pequenos lotes na produção e isso é impossível, quando os tempos de *setup* levam horas. Para alcançar eficiência na implantação dessa técnica é necessária alteração nas atitudes de todo o pessoal da fábrica.

Para Monden (1984), nas fábricas japonesas a educação do tempo de troca de ferramentas é implantada pela ação de pequenos grupos de operários, sejam “clientes de qualidade” ou “zero defeitos”.

2.9.6 Kanban

Kanban em japonês significa cartão e nesse contexto trata-se de uma ferramenta muito importante utilizada no controle de forma coordenada das quantidades de produção em todos os processos na quantidade e tempos exatos (MONDEN, 1998).

Para Moura (1992), o *Kanban* é um elemento essencial na implantação do JIT, que é um dos pilares do STP, pois reduz o tempo de espera, diminui os estoques, melhora a produtividade e interliga todas as operações em um fluxo uniforme e ininterrupto.

Segundo Rother e Shook (1999), o *Kanban* funciona como um marcapasso ligado diretamente no cliente e dessa forma, orienta o processo pelo qual a produção é programada.

O *Kanban* é uma ferramenta visual usada para chegar à produção *JIT*. Trata-se geralmente de um cartão de papel dentro de um envelope de vinil e serve como uma autorização para produzir ou parar (JAPANESE MANAGEMENT ASSOCIATION, 1989).

De forma geral o *Kanban* é responsável no sistema de produção por toda a comunicação interna, não importando como ela seja ou sua padronização, o importante é

que todas as informações necessárias para o fluxo estejam contidas nela, isso para cada empresa (RIBEIRO, 1986).

Dessa forma, essa ferramenta simples acaba sendo importantíssima no controle da produção, auxiliando no fluxo contínuo do processo, assim como o acesso às informações necessárias de forma rápida e no momento necessário.

O sistema *Kanban* acaba também funcionando como uma forma de “puxar” a produção e controlar o material. Seu funcionamento é inverso do que é feito no sistema tradicional. Esse sistema visual indica ao operador sobre as decisões do que produzir ao invés das ordens de produção tradicionais.

Nesse sistema, são comuns dois tipos de *Kanban*, um para a produção do material e outro para retirada e transporte (MONDEN, 1998):

1) *Kanban* de produção: responsável pela disparada da produção. Indica a quantidade que deve ser produzida de acordo com a solicitação do cliente.

2) *Kanban* de retirada e transporte: responsável pela retirada e movimentação de material, tanto os que estão em processo quanto do almoxarifado. Indica a quantidade a ser movimentada de acordo com o balanceamento da linha pelos intervalos de abastecimento.

Conforme Rentes (2003), os sistemas de *Kanban*, podem ser implantados de três formas, sendo elas com um cartão, com dois cartões ou *Kanban* de sinal.

A principal característica do *Kanban* de um cartão é o fato dele possuir apenas um local de estoque, e dessa forma esse local de estoque funciona como supermercado, sistema fornecedor cliente e pode ser aplicado para um processo produtivo ou não. Esse sistema trabalha com um *kanban* de produção, ou à medida que o processo evolui e o cliente vai consumindo as peças, os cartões que estavam nos lotes são colocados em um quadro e sinalizam a necessidade para a produção daquelas peças na mesma quantidade definida no cartão. No início dessa produção, o operador retira o cartão do quadro e ao final da produção ele coloca o cartão na embalagem e envia para o supermercado.

No sistema de *Kanban* de dois cartões, de acordo com Moura (1992), se parte para uma implantação mais complexa, e mesmo dessa forma é o sistema *Kanban* mais difundido. Normalmente ele é implantado em substituição ao sistema de um cartão implantado em um primeiro momento. Sua caracterização se dá pela existência de cartões

de produção e cartões de retirada.

Os cartões de produção sinalizarão a ordem de produção e quando finalizada a quantidade estabelecida no cartão, são repostos ao seu quadro de origem. Já os cartões de retirada, funcionam como uma lista de compra, ou seja, um abastecedor executa essa atividade repondo os cartões de retirada com uma caixa com o item correspondente.

Já o sistema *Kanban* de sinal, é caracterizado por um cartão que acompanha o material estocado desde que esse material é retirado e transportado. O cartão vai para o quadro e sinaliza quando é necessário repor o estoque devido ao seu nível mínimo estabelecido. Quando o processo produtivo é finalizado, é feita a reposição do material e o *Kanban* de sinal retorna para o material estocado e dessa forma, esse tipo de cartão auxilia no controle e reposição de estoques.

Como todo o sistema é conduzido pelos colaboradores da fábrica, o envolvimento de todo esse pessoal é fundamental. Conforme Moura (1992), o sistema *Kanban* foi desenvolvido para propiciar e mostrar de uma maneira simples e clara o fluxo da produção e os níveis de *work-in-process* (WIP), facilitando o envolvimento de todos para buscarem melhorias na produtividade.

As principais vantagens dos sistemas *Kanban* são apontadas por Shingo (1996) da seguinte forma:

- 1) Maior autonomia no chão de fábrica;
- 2) Simplificação nos trabalhos administrativos;
- 3) Fluxo de informação transmitida de forma rápida e organizada;
- 4) Melhoria total e contínua dos sistemas de produção;
- 5) Execução mais precisa das funções pela facilidade do recebimento de informações (visual).

2.9.7 Mapa do fluxo de valor (MFV)

De acordo com Rother e Shook (1998), o fluxo de valor pode ser entendido como a trilha que um produto segue em sua produção, ou seja, compreende desde o fornecedor até o consumidor.

A Figura 6 representa as macro-etapas do mapeamento de valor.



Figura 6 – Etapas do mapeamento do fluxo de valor (ROTHER e SHOOK, 1998).

O mapeamento do fluxo do valor é uma ferramenta utilizada para entender e visualizar de uma forma que todo o processo de manufatura de um produto, desde o desenvolvimento inicial começando pela matéria prima até a venda do produto acabado, incluindo todo o fluxo de informações.

O mapa do fluxo de valor auxilia na identificação de desperdícios ao longo do processo produtivo além de mostrar uma visão com as melhorias. A identificação dos desperdícios seguida do planejamento e ações para sua eliminação, garante dessa forma que esteja no fluxo, apenas as etapas que agregam valor ao produto.

As principais vantagens dessa ferramenta destacadas por Andrade (2002), são:

- Não identifica isoladamente cada processo e sim uma visão ampla de todo fluxo do produto;
- Melhora e auxilia a eficiência na identificação dos desperdícios considerados na manufatura enxuta;
- Relaciona simultaneamente as informações e os fluxos de matérias;
- Trata-se de uma forma simples, comum e objetiva dos processos realizados;
- Torna as decisões mais visíveis facilitando a escolha de possíveis alternativas dos problemas identificados;
- Auxilia na formação de uma base para um plano de ações.

Para aplicação dessa ferramenta é comum a utilização do procedimento a seguir, guardada as devidas alterações para cada caso particular de acordo com Rother e Shook

(1988).

A identificação de famílias similares de produtos de acordo com a semelhança de seus processos e utilização de equipamentos similares é a primeira etapa.

A partir desse momento já é possível desenhar um mapa do estado atual do processo, que é feito a partir da coleta de informações do chão de fábrica. Esse mapa deve ser representado por uma figura que contempla todo o fluxo da matéria prima, manufatura do produto e as informações relativas ao processo.

Depois de mapeado e análise do estado atual, é mais fácil identificar as possíveis melhorias por meio da eliminação dos desperdícios, podendo assim mapear um estado futuro, ou seja, o ponto onde a empresa deseja chegar naquele processo.

Por fim, é desenvolvido e implantado um plano de ações que devem ser suficientes para alcançar o estado projetado para o futuro (etapa anterior). A Figura 7 representa um modelo de mapeamento do fluxo de valor.

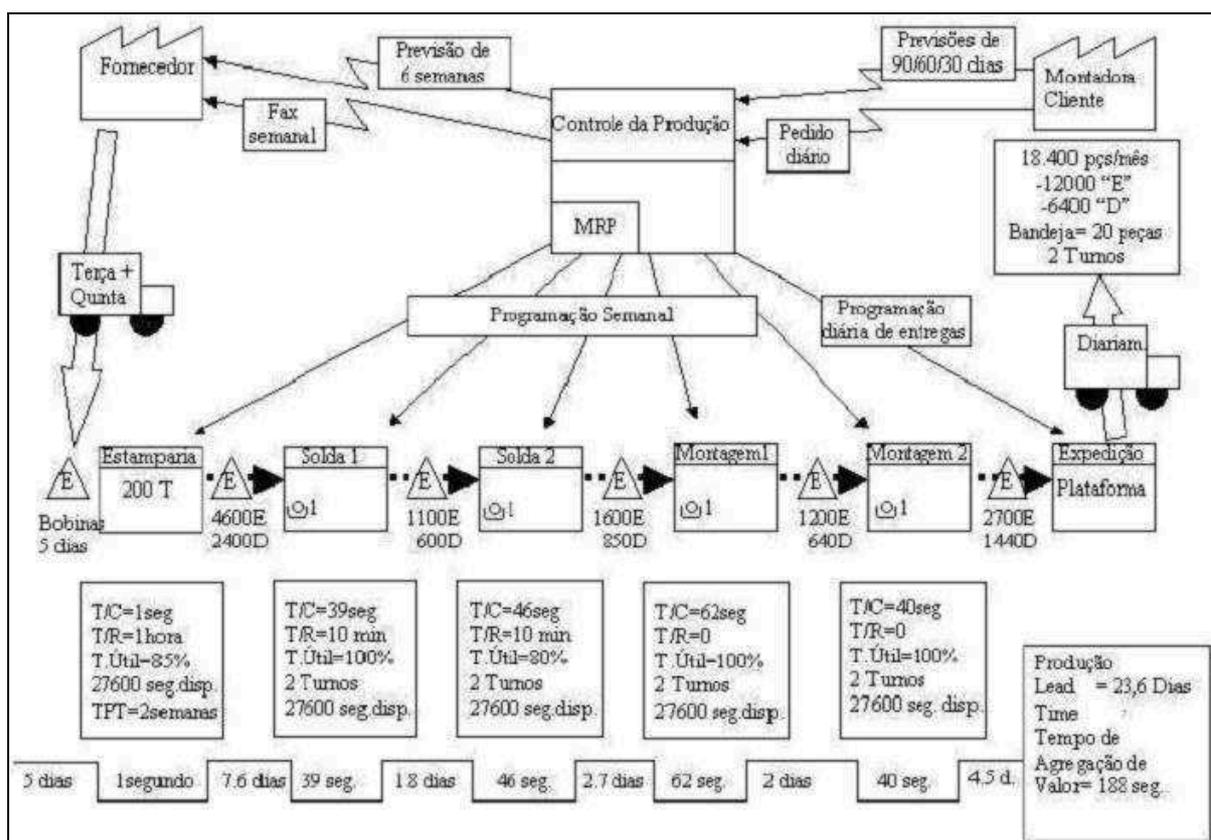


Figura 7 – Mapa do fluxo de valor (ROOTHER e SHOOK, 1998).

Para a manutenção do processo de melhoria, é feita a repetição de todo procedimento após a implantação das ações buscando implantação do estado futuro.

Para Rother e Shook (1998), existem dois pontos principais no mapeamento do fluxo do valor e que são fundamentais para a análise do estado futuro e das ações a serem tomadas.

1. *Lead Time* de Produção: É o tempo necessário que um produto precisa para mover-se na cadeia de valor.
2. Identificação do tempo que agrega valor ao produto: É a parte de tempo do processo em que realmente agrega valor ao produto.

Para elaboração do plano de ações responsável pela passagem do estado atual para o estado futuro, Rentes (2003), considera os passos a seguir como os mais importantes:

- Demanda de produção puxada pela demanda do cliente;
- Produção puxada por fluxo contínuo, tanto interno quanto externo em fornecedores;
- Eliminação de inventários;
- Produção orientada por fluxo de famílias de produtos similares;
- Layout em células com forma “U” sempre que possível;
- Trabalhadores com autonomia para tomada de decisões e com multi-funções;
- Controles visuais para produção e movimentação;
- Padronização da montagem mediante a ordem, ao invés de produção por ordem e montagem pelo estoque.

De acordo com Ferro (2003), o envolvimento da alta direção em todo processo de melhoria empresas é fundamental, pois deixa claro para todos os funcionários a importância de se alcançar o estado futuro estabelecido como meta anteriormente.

2.9.8 Eficiência da linha e medidas de desempenho

Dani e Tubino (1996) propõem sete medidas de desempenho específicas para a

filosofia enxuta, que serão consideradas para avaliar quanto cada alternativa atingiu em vista da meta proposta. O sistema de avaliação deve ser desenvolvido para as atividades e os processos importantes e os objetivos da empresa.

Dentre esses, os modelos mais utilizados estão descritos a seguir:

1. Volume de produção – o volume de produção tem como objetivo medir a quantidade de produtos fabricados num determinado período. Sob a ótica da filosofia enxuta, o volume de produção deve ser visto como a quantidade de produtos fabricados e vendidos, interna ou externamente, dentro do conceito de produção puxada:

$$MD1 = \text{Quantidade produzida} / \text{Quantidade vendida};$$

2. Tempo de passagem (*lead time*): é a diferença de tempo que leva desde a solicitação de um determinado item até que ele seja entregue ao cliente. É calculado da seguinte maneira:

$$MD2 = \text{Data de entrega} - \text{Data do pedido};$$

3. Estoque em processo: a quantidade de estoques em processo necessários para atender uma determinada demanda relaciona-se, de forma direta, com a eficiência do sistema produtivo, pois quanto maior o nível de estoques intermediários maiores os custos diretos e indiretos associados aos produtos fabricados:

$$MD3 = \text{Quantidade de estoques em processo};$$

4. Taxa de ocupação das máquinas: analisada isoladamente pode induzir à produção excessiva de estoques em sistemas desbalanceados. O enfoque convencional de maximização da taxa de utilização das máquinas encoraja a compra de equipamentos modernos com base apenas na velocidade de fabricação, dificultando a formação de células. Dentro do enfoque JIT, a taxa de utilização das máquinas deve estar associada ao desempenho global do sistema:

$MD4 = \text{Tempo produtivo da máquina} / \text{Tempo disponível da máquina};$

Tempo produtivo da máquina = tempo total de operação da máquina;

Tempo disponível da máquina = tempo total de disponibilidade da máquina.

5. Taxa de utilização de mão-de-obra: nos sistemas convencionais a avaliação da mão-de-obra privilegia o tempo total trabalhado comparado às horas pagas, sendo exigido dos empregados, assim como das máquinas, o máximo de tempo operando. A nova mentalidade de envolvimento dos empregados exige a participação dos mesmos não apenas na produção imediata de peças, mas também na manutenção preventiva das máquinas, na limpeza e na organização do ambiente de trabalho, na análise e na solução de problemas:

$MD5 = \text{Horas totais trabalhadas} / \text{Produção do período};$

6. Taxa de utilização do espaço físico: com a nova disposição da fábrica focalizada, eliminam-se estoques, movimentações, corredores de acesso, aproximam-se máquinas, diminuem-se os lotes, etc. Calcula-se o quociente entre o espaço físico utilizado e o total de produtos fabricados:

$MD6 = \text{Espaço físico} / \text{Total produtos fabricados};$

7. Margem de segurança: a margem de segurança indica o quanto as vendas podem ser reduzidas mantendo-se o lucro. Com operários polivalentes, equipamentos e instalações passíveis de mudança no volume e tipos de produtos fabricados, é permitido à empresa alterar seu volume de produtos, tanto em variedades:

$MD7 = \text{Volume máximo de produção} / \text{Volume mínimo de produção}.$

É possível visualizar, por meio do desenho do fluxo de fabricação, as perdas que ocorrem no sistema em função da movimentação das peças entre as máquinas. A partir desse diagnóstico é possível medir futuramente a eficiência do sistema.

Além das medidas de desempenho, a eficiência operacional é uma ferramenta que auxilia na redução dos desperdícios em um processo. A eficiência pode ser definida da seguinte forma:

$$\text{Eficiência} = \text{Produção} / \text{Mão-de-obra.}$$

Sendo assim, a redução de mão-de-obra é a ação mais adequada para melhorar a eficiência. Os colaboradores dispensados podem ser distribuídos em novas funções ou em projetos novos.

Para Rother e Harris (2001), a forma para determinar a medida de eficiência e quantos operadores são necessários para executar cada função pode ser vista conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Diretrizes para eliminar o número de operadores em célula.

<u>Arredondamento de no. de operadores exigido pelo cálculo.</u>	<u>Diretriz / Alvo.</u>
< 0,3	Não acrescente mais operador. Reduza ainda mais o desperdício e trabalho incidental.
0,3 ~ 0,5	Não acrescente mais uma operação ainda. Após duas semanas de operação <i>Kaizen</i> , re-avalie se quantidades de desperdício e trabalho incidental podem ser removidos.
> 0,5	Se for necessário acrescente mais um operador e continue reduzindo os desperdícios e trabalho incidental para eliminar ao decorrer do tempo a necessidade desse operador.

2.9.9 Manutenção produtiva total (MPT)

A manutenção produtiva total teve origem no Japão onde era tratada como uma extensão natural da manutenção e uma das suas principais características é a autonomia que os operários adquiriram a fim de executar melhorias para prevenir falhas.

A manutenção produtiva total é definida por Nakajima (1988) como:

“... a manutenção realizada por todos os empregados por meio de atividades de pequenos grupos”.

De acordo com Takahashi e Osada (1993), pode-se definir MPT como todo o conjunto de atividades voltadas para a manufatura produtiva, e que são voltadas para qualquer estágio do ciclo de vida desses equipamentos, envolvendo todos os colaboradores inclusive a alta direção. Nesse envolvimento todos devem voltar sua atenção para os equipamentos da fábrica.

Para que os sistemas de fluxo contínuo tenham o melhor funcionamento possível, é necessário que todos os operários possuam muitas habilidades e que as máquinas estejam em condições de funcionamento e que permitam um trabalho com eficiência e precisão aumentando assim a qualidade e produtividade (WOMACK e JONES, 1998).

Maggard e Rhine (1992) definem a MPT como uma abordagem de parceria que engloba todos os setores industriais assim como suas funções, mas particularmente entre a produção e a manutenção, buscando a melhoria contínua da qualidade do produto, eficiência da operação, garantia da capacidade e segurança.

Maruyama (1991) afirma que MPT resulta em obter perda zero por meio de ações de pequenos grupos, onde se reforçam as ligações entre a MPT e a redução de custos pela eliminação de perdas.

A manutenção produtiva total é essencial para estabilidade e eficácia de qualquer sistema produtivo (NAKAJIMA, 1988).

Takasan (1992) descreve as 6 grandes perdas que a MPT, busca eliminar da cadeia produtiva da seguinte forma: falha do equipamento, ajuste para mudança de linha, operação em vazio e pequenas paradas, queda de velocidade, defeitos ou retrabalhos em produtos e perdas no início de operação ou durante a operação por baixo desempenho. Essas perdas são um desdobramento das sete grandes perdas do STP aplicadas especificamente para o monitoramento das condições de máquinas e equipamentos produtivos.

Um aspecto importante da manutenção produtiva total é descrito por Imai (1986), onde afirma que os maquinistas são encorajados a reportar todos ou quase todos os problemas. Esses problemas são registrados e membros de equipe que são bons observadores são reconhecidos.

Como uma das principais características da manutenção produtiva total a prevenção

de falhas através da manutenção autônoma, são propostos por Murata e Harrison (1991), três níveis de responsabilidade pela manutenção:

1. Nível de consertos: Onde as instruções são executadas, porém não é analisada prevenção para o futuro;
2. Nível de prevenção: São realizadas ações corretivas, após uma análise que anteviu a possibilidade de um problema futuro;
3. Nível de melhoria: São realizadas ações corretivas, após uma análise que anteviu a possibilidade de um problema futuro, não somente com sua prevenção, mas também sugerindo melhorias que evitem a repetição do problema.

A MPT visa também a excelência no rendimento operacional, ou seja, zero-defeito ou quebra-zero, evitando assim qualquer tipo de parada na produção onde o motivo seja o equipamento.

Takahashi e Osada (1993) descreveram seis grandes perdas que a MPT busca eliminar:

1. Perda por máquina quebrada;
2. Perda por necessidade de regulagem;
3. Perda por parada temporária;
4. Perda por queda de rendimento, diminuição da velocidade de funcionamento;
5. Perda falta de eficiência causando defeitos e retrabalhos;
6. Perda para início de operação.

Hartmann (1992) apresenta três medidas centrais da manutenção preventiva total que buscam alcançar a eficácia das máquinas:

- 1) Disponibilidade = $(\text{tempo de carregamento} - \text{tempo de parada}) / \text{tempo de carregamento}$;
- 2) Eficiência de desempenho = $(\text{tempo de operação líquido} - \text{tempo perdido}) /$

tempo de operação líquido;

- 3) Eficácia geral de equipamento = (disponibilidade x eficiência x desempenho).

O ponto fundamental na implantação da MPT é fazer com que sua implantação esteja associada com outros esforços que também busquem melhorias, contribuindo assim com aumento geral da produtividade, eliminação de desperdícios e reduções nos custos (TAKAHASHI, 1993).

2.9.10 Administração total da qualidade

A mais significativa das novas idéias que apareceram no cenário da administração da produção nesses últimos anos foi a que tratou da administração da qualidade total.

Armand V. Feigenbaum foi quem propôs o conceito de “Controle da Qualidade Total” (CQT) a partir da publicação do artigo “Total Quality Control” (TQC) em 1956, onde o autor argumenta a favor de um entendimento sistêmico ou total da qualidade (CAMPOS, 1993).

A administração da qualidade ou Total Quality Management (TQM) é uma forma de pensar e trabalhar que se preocupa em atender as necessidades e expectativas dos clientes (MARTINS, 1998).

Toda essa filosofia é descrita por Deming (1986), em 14 características essenciais descritas a seguir:

1. Criar e divulgar os objetivos e propósitos;
2. Comprometimento na adoção da nova filosofia;
3. Cessar a dependência da inspeção tradicional;
4. Evitar as negociações levando em conta apenas o preço;
5. Manutenção de melhorias constantes no sistema de produção e serviços;
6. Instituir a realização e participação de treinamentos;
7. Ensinar e instituir a liderança;
8. Eliminar os medos e contribuir para um ambiente que facilite melhorias;
9. Romper barreiras a fim de aperfeiçoar esforços;

10. Eliminação de *slogans* e metas para mão-de-obra que exija falha zero e dificulte um ambiente propício à identificação de melhorias;
11. Eliminação de cotas numéricas na produção;
12. Criar um ambiente onde todas as atividades são igualmente importantes;
13. Estimular a educação e a autmelhoria;
14. Trabalhar com foco na concretização das metas.

O CQT é baseado em três processos, descritos por Juran (1990) e mostrados a seguir:

1. Planejamento da qualidade: Responsável pelo desenvolvimento de produtos e processos;
2. Controle da qualidade: Responsável em manter as etapas, processos e procedimentos que foram planejados;
3. Melhoramento da qualidade: Responsável pela implantação de melhorias e combate a baixa qualidade.

É muito citado por vários estudiosos em qualidade que existem pontos em comum que são responsáveis por influenciar o sucesso das iniciativas do CQT. São eles:

- Início com uma estratégia de qualidade bem elaborada;
- Orientação de um grupo de comando envolvido diretamente com o assunto;
- Trabalhos de melhorias realizados em grupos;
- Reconhecimento por parte dos envolvidos dos sucessos alcançados pela qualidade;
- Ênfase em treinamento e reciclagem constante buscando aprimoramento.

2.10 PRODUÇÃO FOCALIZADA

A produção focalizada é um sistema de produção que visa fazer com que cada produto ou família de produtos possa ser tratado como um negócio específico, com suas

características produtivas e mercadológicas próprias. Essa produção reorganiza a fábrica em pequenas unidades produtivas mais simples e ágeis.

Pelo sistema tradicional, há um crescimento desorganizado da empresa, com altos estoques em processos, grandes lotes de fabricação. Com a produção focalizada, haveria a criação de novas unidades de negócios focalizados.

Segundo Monden (1984), para resultados superiores a reorganização das fábricas existentes em múltiplas e menores fábricas dentro de uma fábrica constitui o mais importante aspecto individual para aumentar a produtividade.

De acordo com Chase (1989), ao invés de se construir uma grande estrutura de produção que faça tudo (empresa verticalizada), os japoneses construíram pequenas plantas especializadas.

Segundo Harmon e Peterson (1991), uma fábrica focalizada possui as seguintes vantagens na busca pelos princípios da filosofia JIT:

- Domínio do processo produtivo: por ser uma fábrica pequena a comunicação flui mais facilmente, permitindo que cada gerente, cada supervisor e cada funcionário conheçam todos os aspectos importantes da fabricação dos produtos;
- Gerência junto à produção: com o enxugamento dos níveis hierárquicos pela redução da complexidade dos processos, a gerência pode ficar localizada próxima ao chão de fábrica, aumentando a velocidade de resposta na tomada de decisões;
- *Staff* reduzido e exclusivo: o pessoal de apoio pode ficar junto ao local onde presta o serviço, especializando-se em suas tarefas;
- Estímulo a polivalência de funções: em fábricas pequenas, tanto as funções produtivas como as de apoio são executadas por um número menor de pessoas, induzindo ao conceito de funcionário polivalente. Isso permite o uso efetivo do conceito de círculos de controle de qualidade (CCQ) e de remuneração variável pelo desempenho do grupo.

Por serem técnicas de origem oriental, situações simples de chão de fábrica podem ser criadas para aumentar a produtividade, como apresenta Shingo (1996) em um exemplo

de uma indústria metalúrgica que, no sentido de buscar um balanceamento em fluxo unitário de produção para as peças, substitui as convencionais cabines de pintura de grande porte por pequenas caixas de um metro cúbico de volume com dispositivos de pintura em *spray*, posicionadas dentro da linha, imediatamente após a furação e o rosqueamento das peças. Ganhos significativos foram alcançados não só em termos de eliminação do transporte e armazenagem intermediária das peças, como principalmente pela eliminação da insalubridade.

2.11 DIRECIONAMENTO PARA FABRICAÇÃO REPETITIVA EM LOTES

Conforme Tubino (1999), o crescimento desorganizado das empresas que trabalham com processos de fabricação repetitiva em lotes, produzindo peças para as linhas de montagem ou vendendo-as como produtos acabados, fez com que as mesmas desenvolvessem seus *layouts* produtivos de forma departamental ou por processo. A escolha pelo *layout* departamental levou a uma série de desperdícios como: superprodução, espera, movimentação, transporte, processamento e estoques.

Como forma de eliminar ou, pelo menos, reduzir esses desperdícios, precisa-se agrupar as máquinas por produto, focalizando-as em um produto ou em uma família de produtos, ou seja, utilizar o *layout* celular.

Os tempos de fabricação são reduzidos pela adoção do *layout* celular, pelos seguintes motivos:

- Tempo de espera na fila: é eliminado pela disposição adequada das máquinas, segundo o roteiro de fabricação do item e pela produção;
- Tempo de setup: o simples fato de organizar o fluxo de produção por item ou por famílias, evita os *setups* para o processamento de itens diferentes.

2.12 MANUTENÇÃO DAS MEHORIAS

Uma das últimas técnicas, porém uma das mais importantes ocorre após a implantação e verificação da eficácia das melhorias. Trata-se do acompanhamento de

manutenção das melhorias ao passo que essas são implantadas.

Conforme Imai (1994), o princípio de melhoria contínua, conhecido como *Kaizen*, significa que nenhum dia deve passar sem que melhore sua posição competitiva. Todos dentro da empresa devem estar com o foco voltado para a melhoria contínua, com objetivo de direcionar o incremento de produtividade.

Nesse novo sistema deve-se manter o ambiente limpo e organizado (utilizando a técnica do 5S), usando ferramentas como o CCQ (Círculos de Controle de Qualidade) para implantar melhorias e fazer o grupo crescer em conhecimentos. No CCQ usa-se muito o ciclo PDCA (*Plan* - planejar, *Do* – Executar, *Check* – verificar, *Action* – agir corretamente.). Com CCQ, usa-se ainda a análise de solução de problemas (diagrama de causa-efeito, de Ishikawa, ou espinha de peixe).

Todo esse processo de melhoria deve ser constante e ininterrupto, pois quando se atinge um patamar, propõe-se lutar para alcançar um novo degrau na melhoria do processo do produto ou do sistema. Esse será um processo contínuo, já que a empresa deverá lutar para obter funcionários treinados, com maior grau de instrução e motivados para colocar suas sugestões em prática, sendo recompensados. Seus líderes e gerentes devem ser dinâmicos e com visão futura e ampla do negócio, possibilitando que esse sistema alcance seus objetivos com maior eficiência.

2.13 CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA MANUFATURA ENXUTA

Como filosofia, a manufatura enxuta está baseada na identificação, redução dos desperdícios e do valor, isso do ponto do usuário e principalmente do cliente, sendo realizado de forma organizada e por meio de ferramentas flexíveis e adaptáveis às particularidades de cada aplicação.

Para Homer (2001), o desperdício de conhecimento talvez seja o desperdício mais comum e difundido de todos. O mais comum desperdício de conhecimento é proveniente da falta de planejamento. Planejar compreende a princípio duas etapas, a primeira para onde vamos, e a segunda como chegaremos lá.

Na manufatura enxuta é comum a utilização do planejamento Hoshin. O Hoshin é uma estratégia para alcançar uma meta de uma situação entendida como melhor do que a atual e tem como alvo poucos problemas, porém os mais críticos. É comum a utilização do

5W1H aliado a bons planejamentos. Os 5W e 1H representam palavras (*who, what, when, where, why e how*). Para essa atividade é adequado seguir a orientação “*nemawashi*” que significa ir até o chão de fábrica para ver no local e poder responder as perguntas (DENNIS, 2008).

Segundo Dennis (2006), é comum a utilização da ferramenta PDCA em todos os níveis da organização como uma ferramenta que consegue alcançar os objetivos planejados independente de onde estão.

As principais vantagens do planejamento Hoshin, segundo Akai (1988), tratam no alinhamento de recursos com o objetivo de focar os problemas, identifica-los e reagir às mudanças no ambiente de negócios mais rápida e objetivamente, sendo assim intensifica a lógica do gerenciamento por objetivos.

Por fim, Ferro (2004) enfatiza que a produção enxuta é uma cultura empresarial a ser seguida. Portanto, os bons resultados não dependem apenas da implantação corretas das ferramentas, mas principalmente, do comprometimento de todos os colaboradores envolvidos, desde a alta direção até o chão de fábrica.

CAPÍTULO 3 – PROPOSIÇÃO

Por meio da revisão da literatura, se confirma a viabilidade de utilizar ferramentas da manufatura enxuta para esse caso.

Nesse novo sistema, as melhorias estão voltadas para a fabricação em pequenos lotes, flexibilizando a demanda. Esse balanceamento é essencial para se obter uniformidade e flexibilidade na fabricação, isso com operadores polivalentes e ágeis para mudança de direção, de acordo com a demanda.

O modelo proposto utiliza ferramentas e técnicas tradicionais e visuais durante toda a aplicação, procurando com isso facilitar o entendimento rápido e preciso desde a liderança até o chão de fábrica. Como exemplo, podemos citar o mapeamento do fluxo de valor (visualização do cenário atual e cenário futuro), levantamento de índices de melhoria, 5W1H (Plano de ações), cronograma de implantação, implantação da filosofia 5S, melhorias no *layout* e no processo de manufatura. Essas técnicas permitem que a utilização seja feita de forma interativa e visual, o que reduz a margem de erro na descrição do sistema proposto. Nos estudos de *layout*, apesar de toda a confecção dos desenhos, cronogramas e fluxos serem apresentados fisicamente, toda elaboração é realizada com a utilização de sistemas computadorizados que facilitam a mudança de posição das máquinas na planta industrial, permitindo visualizações prévias que auxiliam na escolha do *layout* ideal durante o estudo.

Pelas características apresentadas, o modelo proposto é adequado para processos repetitivos em lotes. Em processos sob encomenda, poderá ser aplicado em produtos cuja demanda seja alta.

Para melhorias de um sistema de produção convencional, aplicando técnicas e prática da manufatura enxuta cada empresa deve definir e priorizar os objetivos que esperam alcançar. Nesse estudo os principais objetivos são:

- Redução da distância / tempo de movimentação interna;
- Redução do estoque em processo;
- Redução do espaço necessário para manufatura;
- Redução do *lead time*;
- Balanceamento da célula de produção;
- Redução dos tempos de *setups*;

- Redução do estoque de produtos prontos;
- Melhoria na qualidade do produto;
- Melhoria nas condições e ambiente de trabalho;
- Diminuição do índice de retrabalho;
- Diminuição do índice de refugo.

CAPÍTULO 4 – MATERIAL E MÉTODO

4.1 PRODUTO

O produto estudado é um conjunto soldado composto por duas peças tubulares de aço carbono normalizado SAE 1020. A peça que forma o corpo principal do conjunto tem diâmetro aproximado de 70mm, espessura de 3mm e comprimento de 400mm. A peça do componente menor possui 80mm de comprimento, 50mm de diâmetro e espessura de 1,5mm, esse componente não é manufaturado internamente, ele é recebido de um fornecedor e depois de aprovado pelo departamento da qualidade, é liberado para a linha de produção.

Esse conjunto é manufaturado em uma linha de autopeças tubulares de uma indústria metalúrgica, localizada na região da grande São Paulo, com porte médio e aproximadamente 350 funcionários.

Ao seguir por sua linha de manufatura, esses componentes sofrem diversas transformações mecânicas, onde o resultado é o produto apresentado na Figura 8.



Figura 8 – Produto estudado.

4.1.1 Particularidades do produto

Toda a transformação sofrida pela matéria prima, desde o início do processo até a manufatura do produto final, faz com que essa peça tenha um nível elevado de dificuldade de manufatura.

O produto final estudado é um sub-componente de um conjunto maior. Nesse conjunto maior, são montadas várias outras peças por todo o corpo do produto estudado, dessa forma, praticamente todo seu perímetro deve ser cuidadosamente controlado.

Grande parte do “*know-how*”, necessário para o processamento do produto, está em prever o comportamento do produto após as transformações sofridas em cada operação; dentre as principais destacam-se, achatamento, expansão, estampagem, dobra e solda.

4.1.2 Processo de manufatura

O processo de manufatura do produto estudado é composto por 12 operações que agregam valor, sendo elas as operações (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 100, 110 e 120) além de mais 12 operações de inspeção por “*poka-yoke*”, (chapelona de controle ou dispositivos passa-não-passa), subseqüentes às operações de manufatura, a fim de garantir a especificação dimensional realizada na operação isso em 100% dos produtos. É possível visualizar rapidamente o processo de manufatura por meio do diagrama de fluxo de processo, conforme Figura 9.

Durante todo o processo de manufatura as operações de transformação mecânica e operações de inspeção, têm suas características, método de controle e plano de reação, com procedimentos de acordo com o plano de controle das operações e análise de modo e efeitos de falha potencial do processo (FMEA de processo).

FLUXOGRAMA DO PROCESSO			
SIMBOLOGIA:			
FABRICAR	ARMAZER	MOVER	INSPECIONAR
○	▽	◡	□
Fluxo	Operação	Descrição da Operação	
▽	10	Receber material	
□	15	Inspeccionar material	
▽	16	Estocar material	
□	17	Realizar ensaios mecânicos	
○	20	Extrudar	
□	21	Inspeccionar	
○	30	Estampar pré furo e furar (dois estágios)	
○	40		
□	41	Inspeccionar	
○	50	Furar lateral e estampar lote	
□	55	Inspeccionar	
○	60	Curvar	
□	65	Inspeccionar	
○	70	Extrudar lado oposto	
□	75	Inspeccionar	
○	80	Pré-estampar raios	
□	85	Inspeccionar	
○	90	Recortar meia-lua	
□	91	Inspeccionar	
○	95	Rebarbar meia lua	
□	96	Inspeccionar	
○	100	Montar conjunto	
○	110	Soldar cordões lado direito e esquerdo e limpar	
□	115	Inspeccionar	
○	120	Calibrar diâmetro interno da boccola e Inspeccionar	
□	125	Inspeccionar	
▽	130	Acondicionar em caçambas enviar para expedição.	

Figura 9 – Fluxograma do processo.

Segue a descrição do processo de manufatura nos postos operativos, onde os componentes são recebidos e é agregado valor ao produto.

- Operações 10, 15, 16 e 17 - Receber, inspecionar, estocar e ensaiar material.

Essas operações iniciam todo o processo com o recebimento da matéria-prima, a partir daí, são verificadas as propriedades mecânicas e químicas do material, por meio de certificados e testes práticos, realizados no laboratório. Os ensaios e inspeções dimensionais do “blank” recebido visam atender às normas e especificações dimensionais (comprimento, diâmetro e espessura) solicitadas pelo cliente. Após as inspeções

dimensionais e do material, o produto é armazenado no almoxarifado.

- Operações 20 e 21 - Extrudar extremidade e inspecionar:

A operação 20 é realizada por meio de prensa hidráulica, conformando a extremidade obtendo como resultado quatro superfícies retangulares, sendo duas maiores e duas menores. Na operação 21 é realizada a inspeção da característica por meio da utilização de um dispositivo passa-não-passa.

- Operações 30, 40 e 41 - Estampar pré-furo, furar e inspecionar.

As operações 30 e 40 são realizadas em uma prensa excêntrica com uma ferramenta de estampo de dois estágios, no primeiro estágio, é realizado um pré-furo na superfície maior obtida pela conformação resultante da operação 20, após a execução do pré-furo, a peça é rotacionada 180 graus e é finalizada a furação. Após a furação da peça, é realizada a operação 41 onde se inspeciona o dimensional com a utilização de um paquímetro.

- Operações 50 e 55 - Furar lateral, estampar lote e inspecionar.

A operação 50 é realizada em prensa excêntrica com uma ferramenta de dupla função onde as duas funções são executadas ao mesmo tempo. A primeira função do ferramental é a execução de dois furos em uma das superfícies menores obtidas na operação 20. A segunda função é a gravação da rastreabilidade da peça na superfície posterior a da dupla furação. A operação 55 inspeciona visualmente a presença dessas características.

- Operações 60 e 65 - Curvar e inspecionar.

Utilizando como referência os furos resultantes das operações 30 e 40, a peça é fixada em uma ferramenta de estampo, e seu perímetro externo é curvado na operação 60 utilizando uma máquina curvadeira hidráulica. Na operação 65 as peças desse processo são 100% inspecionadas de acordo com dispositivo de controle da curva.

- Operações 70 e 75 - Extrudar lado oposto e inspecionar.

A operação 70 realiza nova extrusão do tubo, porém no lado oposto ao da operação 20; os resultados dessa nova extrusão são três planos retangulares (um maior, e dois menores e opostos) além da manutenção de um trecho do tubo raiado, oposto ao lado do plano maior gerado. Para essa extrusão do tubo é utilizada uma prensa hidráulica. A operação 75 inspeciona essa característica por meio de dispositivo passa-não-passa.

- Operações 80 e 85 - Pré-estampar raios e inspecionar.

A operação 80 resulta na manufatura de uma janela na peça com formato de meia-lua passante e localizada nas duas faces menores obtidas após a extrusão da operação 70, essas janelas são pré-furos facilitadores da operação seguinte. A inspeção dessa característica realizada na operação 85 é verificada por meio de um dispositivo passa-não-passa.

- Operações 90, 91, 95 e 96 - Recortar meia-lua, rebarbar e inspecionar.

Na operação 90 a estampagem da meia-lua é realizada por meio de dois punções com movimentos horizontais e simultâneos, que resultam em duas janelas laterais com formato de meia-lua. Essa meia-lua é inspecionada na operação 91 com o auxílio de um dispositivo passa-não-passa. A operação 95 é manual e realizada com o auxílio de uma rebarbadeira pneumática. O perímetro rebarbado é o resultante da estampagem das operações 80 e 90. As peças são 100% inspecionadas visualmente na operação 96 quanto a rebarbação completa do perímetro estampado.

- Operação 100 - Montar conjunto.

A operação 100 é a montagem da peça maior com um outro componente tubular chamado de Bócola. A montagem desse sub-componente compreende a introdução da peça menor nos furos resultantes das operações 30 e 40.

- Operações 110 e 115 - Soldar conjunto e inspecionar.

Na operação 110 realizada a solda do conjunto (bócola mais braço) por meio de um robô com parâmetros de solda previamente definidos. Na operação 115 é realizada a inspeção visual da solda durante o processo e os testes no laboratório, de acordo com um plano de controle.

- Calibrar diâmetro interno da bócola e inspecionar - Operações 120, 125 e 130.

A operação 120 é responsável pela calibração do diâmetro interno da bócola utilizando uma prensa excêntrica, após a soldagem do conjunto. Na operação 125 é realizada a inspeção final, visual e dimensional da peça, de acordo com as especificações do dispositivo de montagem do cliente. O processo é finalizado na operação 130, onde se realiza o acondicionamento das peças na embalagem e liberação para expedição.

4.2 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Após a confirmação das cronoanálises em todas as etapas do processo, foi elaborado o mapeamento do fluxo de valor da peça estudada (Figura 10), assim são obtidas todas as etapas do processo de fabricação.

Os dados principais verificados no fluxo são analisados com o objetivo de verificar e reduzir os desperdícios, eliminar os estoques e diminuir o *lead-time* por operação no processo como um todo, além de ações de melhoria sobre as operações com o objetivo de aumentar a produtividade e qualidade dos produtos manufaturados.

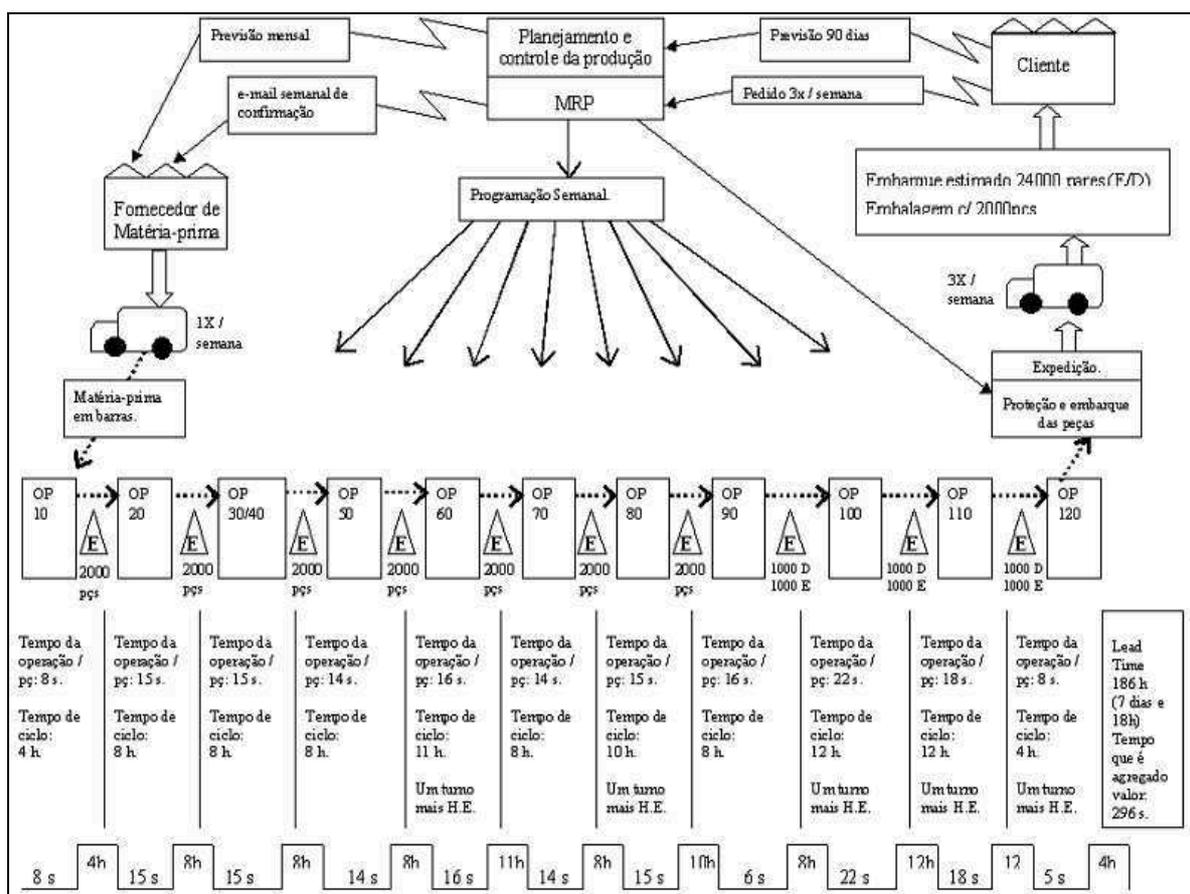


Figura 10 - Mapeamento do fluxo de valor.

4.3 BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO

Com o decorrer do tempo é comum encontrar as células de manufatura desbalanceadas, situação de certa forma esperada, pois, o balanceamento inicial é idealizado de forma teórica antes mesmo da linha existir. Sendo assim, é necessário executar uma nova cronometragem dos postos operativos, evidenciando dessa forma os gargalos e esperas do processo.

Após a nova cronometragem dos tempos de máquinas em seus respectivos postos operativos, obtem-se o balanceamento atual da célula conforme Figura 11, que também representa, um índice de produtividade. O gráfico mostra o "takt time" para as 2200 peças solicitadas pelo cliente e produzidas em um turno de 7,3 horas diárias em seis dias por semana de trabalho.

Utilizando os conceitos da manufatura enxuta, a carga de trabalho para os operadores

deve ser distribuída igualmente e com eficiência próxima a do “*takt time*”; isso, eventualmente com exceção de um operador, que assume a responsabilidade de substituir, quando necessário, os demais operadores em descansos periódicos ou afastamentos por necessidades pessoais.

No caso dessa célula, as atividades são realizadas por um líder de produção que assume exclusivamente essa atividade e não opera máquinas durante seu turno de trabalho.

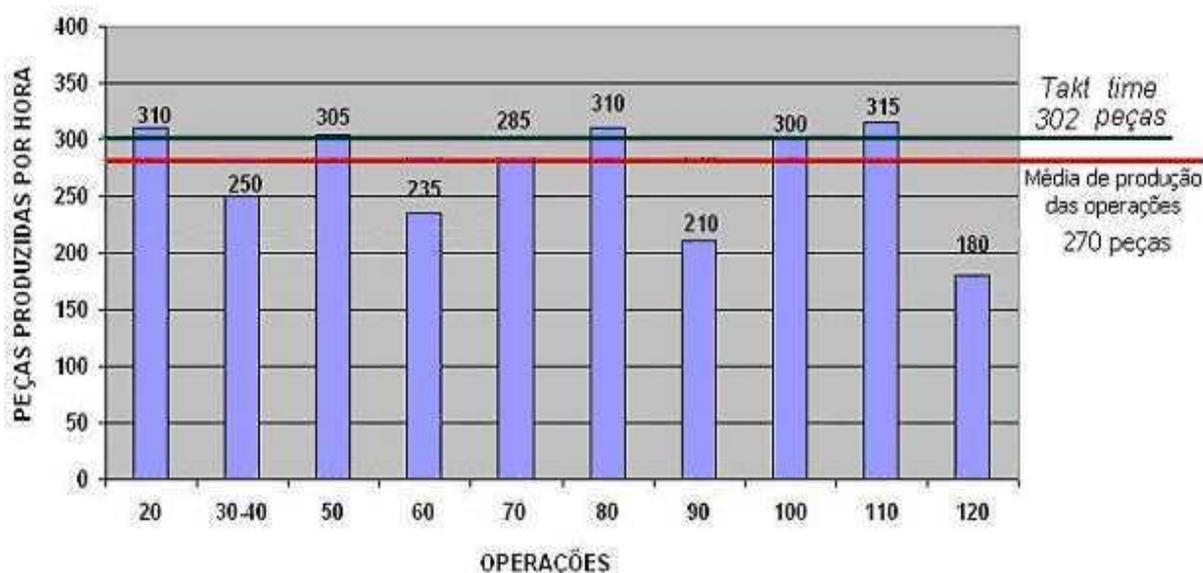


Figura 11 – Balanceamento da célula (peças produzidas por operação por hora).

A Figura 11 apresenta uma produtividade média de 270 peças, essa média representa um valor 8,9% menor que o necessário para produção diária, em função do valor do *takt time* (302 peças).

Como o gráfico do balanceamento apresentou uma produtividade bem abaixo da média nas operações 30/40, 60, 90 e 120, essas etapas do processo serão o foco das melhorias, a fim de alcançar um balanceamento celular mais equilibrado e nivelado com o “*takt time*” determinado pela programação do cliente.

O gráfico de eficiência atual dos operadores para cada posto operativo é apresentado na Figura 12. Por meio desse gráfico, verifica-se que alguns postos têm baixa eficiência. Esses postos atualmente são cobertos por horas-extras diárias, que formam um “pulmão” e abastecem a produção durante o processo.

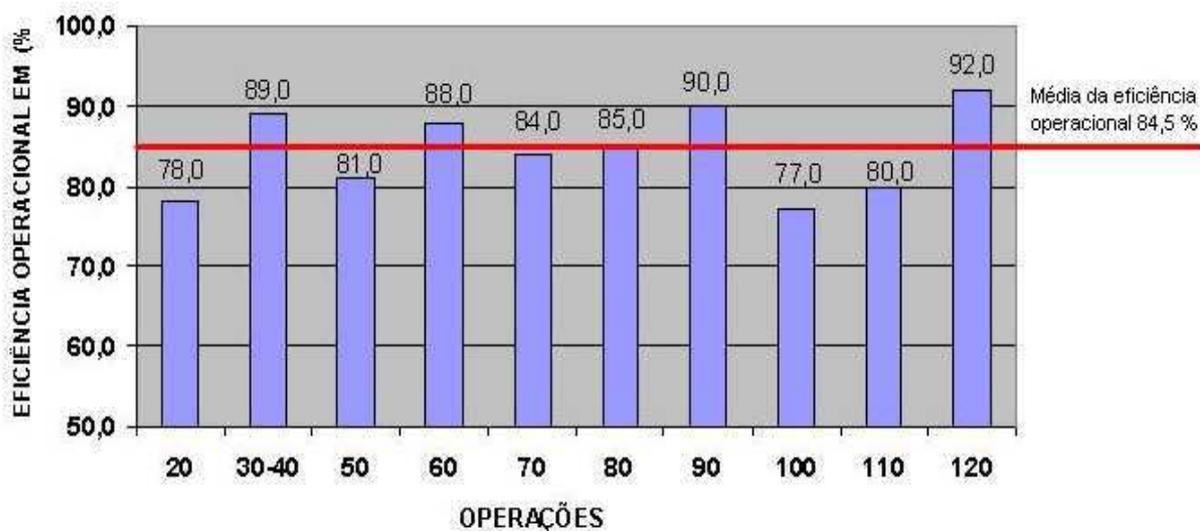


Figura 12 – Eficiência operacional da célula de manufatura.

Nota-se na Figura 12 que os operadores dos postos de trabalho 30-40, 60, 90 e 120, trabalham com eficiência mais próxima de 100%, porque são mais exigidos durante a produção, sendo uma forma de também compensar a menor produtividade nessas operações.

O balanceamento celular pode ser aplicado em uma linha de produção, assim como em uma linha de montagem, com o objetivo comum de eliminar os gargalos e esperas durante o processo, além de evitar doenças do trabalho por esforços repetitivos que afetam de maneira negativa a produção, gerando um índice elevado de absenteísmo e sobrecarregando demais os operadores.

Quando essa técnica é aplicada em uma linha de montagem, predominam os tempos manuais (ritmo dos operadores) e, conseqüentemente, o balanceamento é mais flexível. Para a aplicação em uma linha de produção, os tempos de máquina não podem ser alterados e são determinantes para definir o tempo da operação, exigindo maior eficiência dos operadores.

Esse balanceamento quando em produção, é realizado em função do ritmo ou cadência da produção, relacionado diretamente pelos equipamentos produtivos do setor. Dessa forma, foram realizados “*kaizens*” nos ferramentais referentes aos postos operativos onde a produtividade era menor.

Os principais esforços para balanceamento da linha de produção foram direcionados

pelos índices de produtividade, cuja melhoria é um dos focos principais do trabalho. A partir desse ponto, a linha foi balanceada analisando as medidas de desempenho da célula, ou seja, quantidade de peças produzidas por hora em cada operação, tomando ações para o balanceamento da linha e eliminação dos gargalos.

Após remanejamento da linha de produção, agrupamento das operações possíveis, treinamento de operadores para trabalhar em multi-funções e definição do “*takt time*” com a média de produção de 302 peças por hora por operação, fica clara a necessidade de ações nos ferramentais dos postos operativos onde a produtividade estava muito abaixo de 302 peças por hora, a fim de nivelar o balanceamento da linha.

4.4 NÍVEIS DE REFUGO E RETRABALHO

A Figura 13 mostra os valores de refugo e retrabalho por mês da linha de produção. Os índices representam à condição antes da aplicação da metodologia enxuta para os cinco últimos meses.

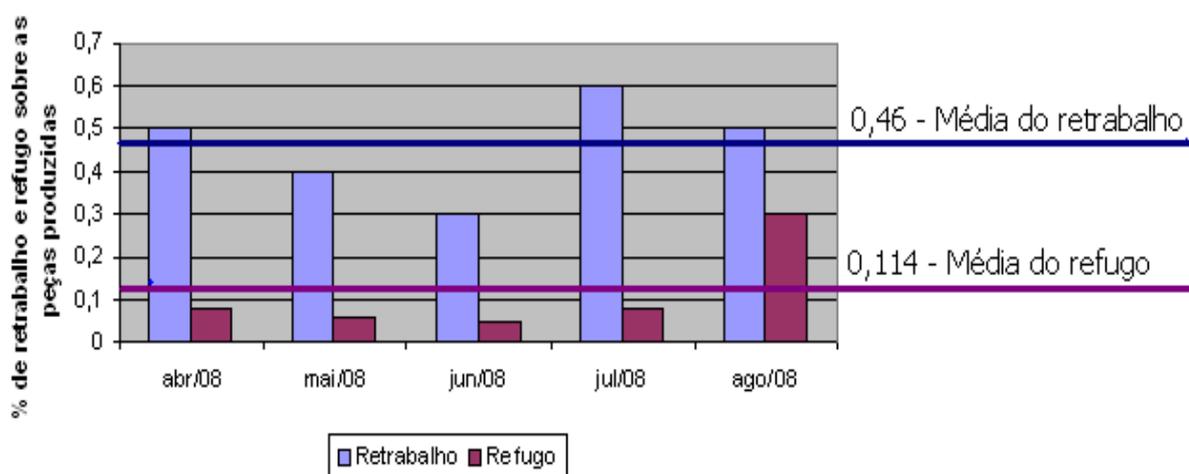


Figura 13 – Índice de refugo e retrabalho da linha de produção

Tomando-se como parâmetro à média de retrabalho 0,5% e refugo 0,2% por mês para as peças produzidas, pois o “*know-how*” da empresa mostra por meio de resultados que essa é uma boa média e com custos previstos no orçamento para um produto com essa complexibilidade, foi definido então que o foco das melhorias deveria ser voltado para os resultados obtidos nos cinco últimos meses estratificados para as operações do

processo.

É apresentada na Figura 14 a estratificação do índice de refugo e retrabalho por operação para os cinco referidos meses; por meio dessa estratificação é possível visualizar mais objetivamente as operações que são responsáveis pelos maiores índices de retrabalho e de refugo nesse processo.

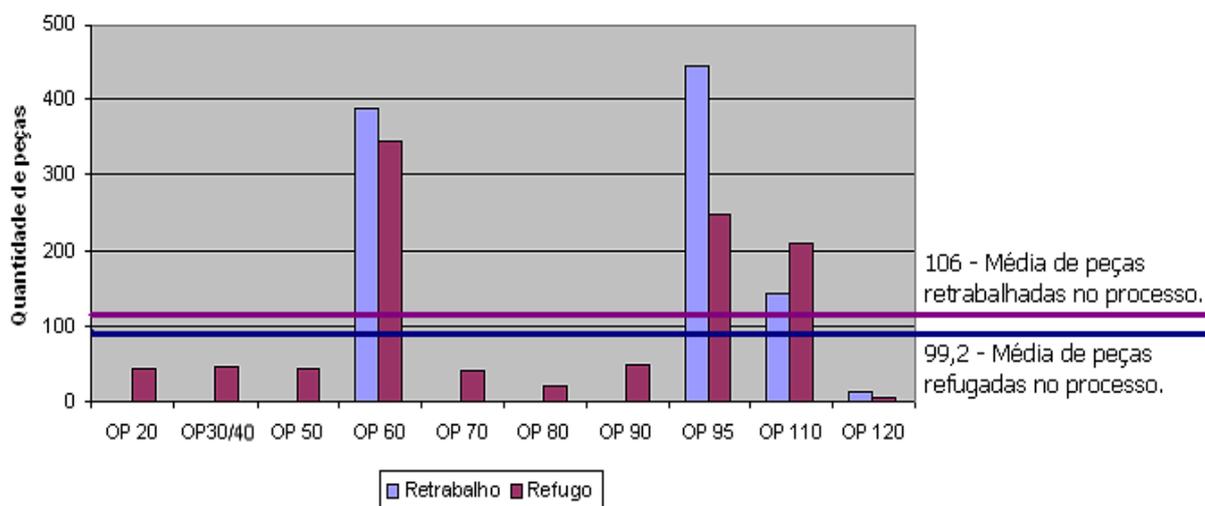


Figura 14 – Índice de refugo e retrabalho extratificado por operação.

A Figura 14 mostra uma média por mês de refugo em 99,2 peças e retrabalho de 106 peças do programa mensal de 2.200 peças por mês. Tomando-se como base à quantidade de peças por operações para os cinco meses, ficou definido que as melhorias visando melhorar a qualidade deveriam ser executadas nas operações 60 (curvar), 95 (rebarbar) e 110 (soldar cordões), pois, apresentam os maiores índices. Essas melhorias têm como finalidade à redução do desperdício da mão de obra necessária para realizar os retrabalhos dos produtos com baixa qualidade, além de minimizar a quantidade de produtos que são sucitados pelo mesmo motivo.

4.5 OPORTUNIDADES DE MELHORIAS E PLANO DE AÇÕES

Nessa etapa é executado o diagnóstico do sistema produtivo atual. Diante dos dados quantitativos e qualitativos da produção que foram levantados, foi possível visualizar o novo sistema produtivo.

O processo como um todo foi analisado e essa análise iniciou com o mapeamento do fluxo de valor, verificação balanceamento da produção e dos índices de produtividade, retrabalho e refugo do processo atual. Após a análise dos dados, foi realizada visita ao chão de fábrica e, por meio de um *brainstorming*, as principais ações de melhorias foram consolidadas com uma equipe composta por líderes dos seguintes departamentos da empresa: engenharia, qualidade, produção, ferramentaria, manutenção e expedição.

Com essa primeira análise finalizada, realiza-se uma reunião com os principais pontos de melhoria abordados; a partir daí, é verificada a viabilidade tanto econômica, quanto operacional para cada uma das melhorias propostas.

A Tabela 2 apresenta o levantamento dos 10 pontos de melhorias identificados como principais oportunidades, bem como as práticas utilizadas, além da situação esperada após aplicação das melhorias:

Tabela 2 – Apresentação dos pontos de melhoria, práticas utilizadas e situação esperada.

MELHORIAS PARA IMPLANTAÇÃO	Ferramentas e práticas utilizadas.	Situação esperada após aplicação das melhorias
Melhoria do Layout da planta industrial (eliminação de desperdícios de transporte).	Estudo de Layout.	Redução de custo, aumento de produtividade
Melhoria do Layout da célula I para U.	Flexibilidade no layout da célula, (MFV), Balanceamento da produção;	Aumento de produtividade e redução de custos em mão de obra.
Implantação de escorregadores para transporte das peças entre operações, diminuição de peças estocadas em processo.	Balanceamento da produção; Mapeamento do fluxo de valor; JIT;	Aumento de produtividade, eliminação de estoques.
Implantação e reciclagem dos colaboradores quanto a filosofia "5S" na célula.	Implantação de "5S"	Aumento de produtividade e qualidade, eliminação de desperdícios de tempo.
Balanceamento da célula	Balanceamento enxuto	Fluxo contínuo, eliminação de desperdícios, eliminação de estoques intermediários
Melhoria do ferramental, unificação da unificação de operações.	Melhoria no processo. Unificação de operações (MFV).	Aumento da produtividade.
Aumento de produtividade e durabilidade.	Manutenção produtiva total, melhoria no processo.	Melhoria de produtividade e qualidade.
Melhoria da operação de rebarbação (chicotinho manual)	Troca rápida de ferramenta; Melhoria no processo; Poka-Yoke;	Aumento da produtividade e qualidade.
Melhoria do dispositivo de soldagem.	Troca rápida de ferramenta; Melhoria no processo.	Aumento da produtividade e qualidade.
Melhoria da operação de inspeção final. (diminuição de mão de obra).	Troca rápida de ferramenta; Melhoria no processo.	Aumento da produtividade redução de custo em mão de obra.

A Tabela 2 está dividida em três colunas; na coluna da esquerda foram descritos os 10 tópicos referentes às principais melhorias que deveriam ser implantadas, na coluna

central determinou-se qual a prática da manufatura enxuta que deveria ser utilizada para implantação e, por fim, na coluna da direita está sintetizada a situação macro que se deseja alcançar após a implantação.

Tomando-se como base o levantamento anterior, onde foram definidas as 10 principais melhorias necessárias, foi aplicada a ferramenta 5W1H (O que, Quem, Quando, Onde, Porque, Como); essa ferramenta auxilia na implantação das ações na linha de produção, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Aplicação da ferramenta 5W1H aos pontos de melhoria levantados.

AÇÃO	FERRAMENTA - 5W 1H					
	<i>(What)</i> O que	<i>(Who)</i> Quem	<i>(When)</i> Quando	<i>(Where)</i> Onde	<i>(Why)</i> Por que	<i>(How)</i> Como
Melhoria do Layout da planta industrial (eliminação de desperdícios de transporte).	Alterar locais de armazenagem de materias.	Supervisão da Produção.	De 11 à 15 de Agosto	Planta Industrial	Diminuir tempo de abatecimento da linha.	Alterar layout industrial
Melhoria do Layout da célula I para U.	Alterar Layout da célula.	Equipe de Manutenção	De 11 à 15 de Agosto	Linha de Produção (Lay-out)	Melhorar dinamismo na célula	Estudo para alteração de layout
Implantação de escorregadores para transporte das peças entre operações, diminuição de peças estocadas em processo.	Melhoria de movimentação de produto na célula.	Equipe de Manutenção / Soldagem / Ferramentaria.	De 11 à 15 de Agosto	Linha de Produção (Lay-out da célula)	Melhorar eficiência na locomoção do produto em processo (fluxo contínuo)	Elaborar projeto de escorregadores de acordo com novo layout.
Implantação e reciclagem dos colaboradores quanto a filosofia "5S" na célula.	Implantar 5S.	Operadores de Máquina.	De 11 à 15 de Agosto	Linha de produção (Célula de manufatura)	Melhoria contínua (Nova filosofia)	Conforme treinamento realizado previamente
Balanceamento Celular	Balanceamento da célula de manufatura	Eng. de processo e produção.	De 11 à 15 de Agosto	Linha de produção (Célula de manufatura)	Eliminar estoques intermediários, eliminar horas extras, implantar fluxo contínuo, produzir conforme demanda do cliente.	Nivelar a produtividade da célula próximo a demanda do cliente por meio de melhoria nos ferramentais.
Melhoria do ferramental, unificação da unificação de operações.	Estudo para melhorar produtividade	Eng. de processo e produção.	De 11 à 15 de Agosto	Linha de produção (OP30 e 40)	Melhorar produtividade	Alteração para melhoria do ferramental.
Aumento de produtividade, durabilidade e qualidade.	Eliminar gargalo, melhoria de Qualidade.	Eng. de processo e produção.	De 11 à 15 de Agosto	Linha de produção (OP60)	Melhorar estabilidade da operação	Melhoria do ferramental.
Melhoria da operação de rebarbação (chicotinho manual)	Estudo para melhorar produtividade e eliminar gargalo.	Eng. de processo e produção.	De 11 à 15 de Agosto	Linha de produção. (OP 95)	Aumentar a produtividade	Estudar novo rebolo e facilitar substituição.
Melhoria do dispositivo de soldagem.	Estudo para melhorar produtividade e eliminar gargalo.	Eng. de processo e produção.	De 11 à 15 de Agosto	Linha de produção (Robo de solda - OP 110)	Facilitar e melhorar fixação	Alterar projeto do dispositivo
Melhoria da operação de inspeção final. (diminuição de mão de obra).	Estudo para melhorar produtividade e reduzir custo.	Eng. de processo e produção.	De 11 à 15 de Agosto	Inspeção final (Linha de produção - OP 120)	Melhorar produtividade e reduzir custos operacionais.	Alterar projeto do dispositivo de inspeção final.

4.6 IMPLANTAÇÃO DAS MELHORIAS

A estratégia de implantação escolhida deve ser particular para cada caso analisado de acordo com os objetivos que são almejados e isso varia para cada empresa.

Como premissa, toda estratégia deve ser escolhida antes do início de qualquer desenvolvimento do projeto; a partir daí é idealizada a sua definição, os responsáveis pelo projeto, o plano de implantação, cronograma estruturado e coerente com as atividades que serão necessárias para realização. Nesse caso particular foi escolhida a implantação piloto, devido ao fato das características acima coincidirem com os objetivos desejados pela direção da empresa, ou seja, foi realizado inicialmente em uma célula e posteriormente poderá se estender para o restante da empresa.

Toda implantação foi acompanhada por um cronograma, definido após a avaliação do estado atual e definição da implantação das melhorias na célula de manufatura. Esse cronograma, elaborado pelos responsáveis pela implantação, contou com a participação da equipe técnica, da direção e de representantes de colaboradores do chão de fábrica. A Figura 15 mostra o cronograma detalhado da implantação.

Fazem parte do cronograma os pontos abaixo citados:

- Etapas da implantação;
- Atividades a serem executadas;
- Responsabilidades das etapas de implantação;
- Tempos necessários para implantação.

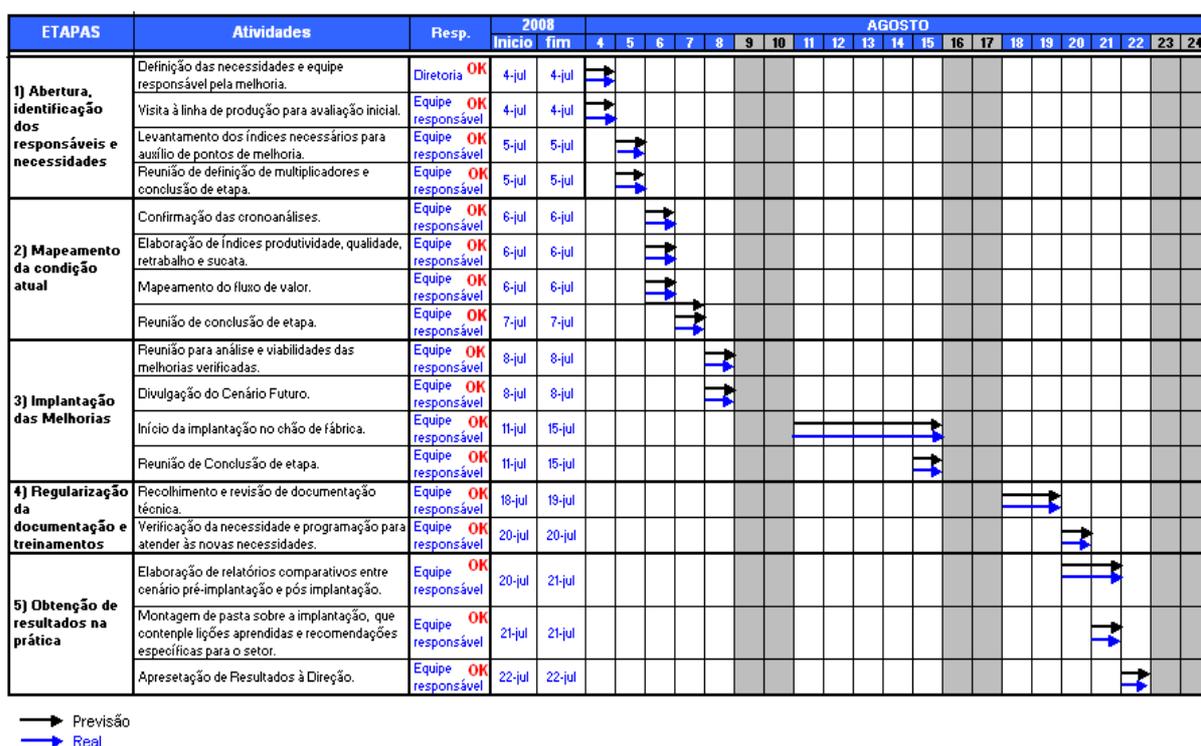


Figura 15 - Cronograma detalhado da implantação.

4.7 MELHORIAS NO LAYOUT

As melhorias no *layout* foram divididas em duas partes. A primeira foi denominada como melhoria no *layout* industrial, onde é definida a localização da célula na planta industrial; a segunda, foi à definição do *layout* da própria célula, onde o objetivo é obter um posicionamento que favoreça a aplicação dos conceitos enxutos durante a manufatura do produto.

A Figura 16 apresenta o *layout* inicial, ou seja, anterior às alterações. É possível observar à esquerda do galpão industrial e destacado dentro de um retângulo verde, a posição da célula de manufatura onde é manufaturado o produto, as linhas em marrom representam o caminho percorrido pelas empilhadeiras para abastecimento da linha com matéria prima que sai do recebimento de materiais, assim como o envio de produto acabado até o armazenamento na expedição.

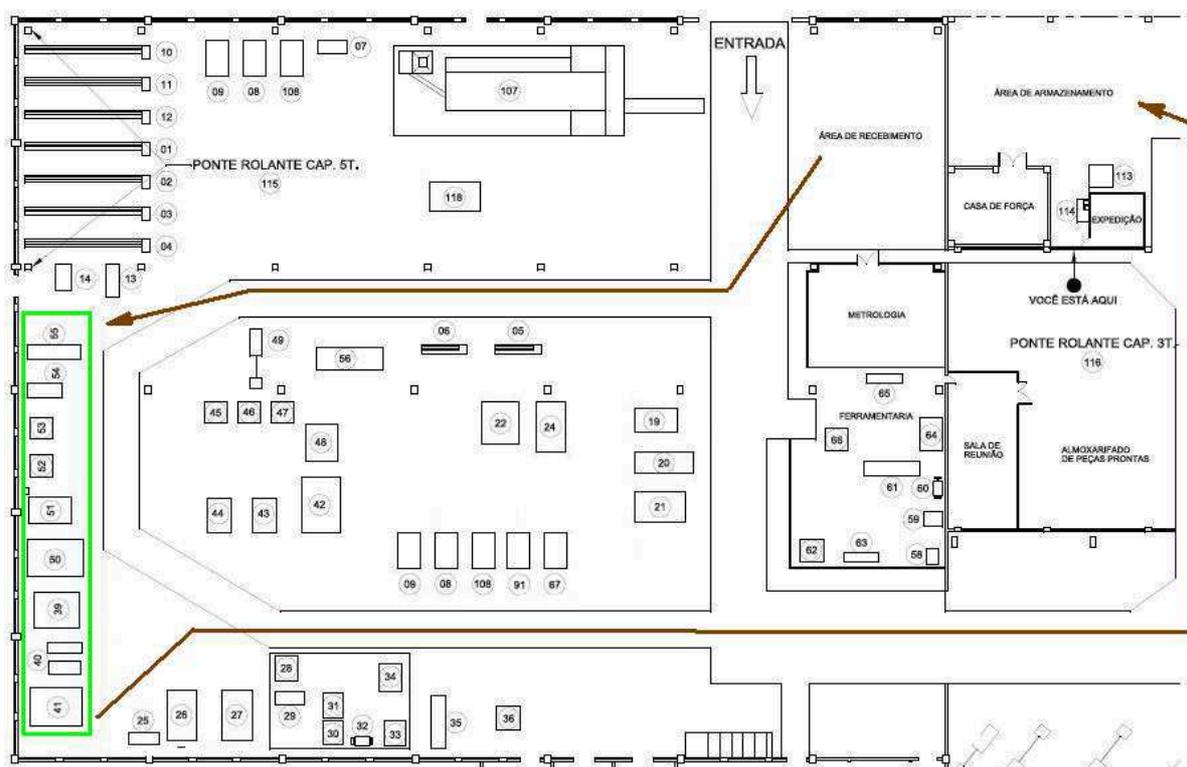


Figura 16 - *Layout* inicial.

4.7.1 Melhoria no *layout* da planta industrial

A instalação da linha inicialmente foi definida na planta industrial em uma localização longe da área de recebimento e expedição de produtos. Apesar dessa localização prever toda necessidade de instalação, é possível minimizar as distâncias percorridas diariamente pelas empilhadeiras que abastecem a linha de produção e levam os produtos acabados para a expedição.

Como se trata de uma produção volumosa e de uma peça com dimensões que dificultam o transporte em quantidades numerosas manualmente, a movimentação é realizada por meio de carrinhos de mão ou empilhadeiras, que transportam caçambas acomodando aproximadamente 400 peças. A distância percorrida diariamente, é de cerca de 2000 metros. As melhorias desse *layout* têm como objetivo diminuir essas distâncias, disponibilizando o uso das empilhadeiras em outras atividades da fábrica, assim como otimizar o percurso diário e, conseqüentemente, seu tempo.

4.7.2 Melhoria do *layout* da célula “I” para “U”

A instalação inicial da linha de produção era definida em “I”. A linha de produção nessa condição facilitava o posicionamento de caçambas intermediárias e que, devido ao desbalanceamento da célula, era frequentemente abastecido para evitar parada de produção durante o processo.

Essa condição dificulta alguns objetivos que a metodologia enxuta procura alcançar para a produção como, por exemplo, a flexibilização da célula, rodízio dos operadores e colaboradores que podem atuar em multi-funções.

Procurou-se localizar a célula de manufatura situando-a de forma a facilitar o fluxo de materiais recebidos para a manufatura assim como sua expedição. Dessa forma se evitou desperdício de tempo em movimentações internas na planta fabril, com transporte de matéria-prima do recebimento para processamento e envio de produtos acabados à expedição. A principal melhoria no *layout* buscou facilitar a flexibilização da célula e viabilizar o fluxo contínuo dos produtos.

4.7.3 Melhoria na movimentação das peças na célula de manufatura

A movimentação do produto durante seu processamento, ou seja, passagem de um posto operativo para outro, era realizada manualmente. Quando um colaborador finaliza uma operação, coloca o produto em uma caçamba apresentada na Figura 17, e nela o produto aguarda até que o operador da próxima operação gere a necessidade e utilize a peça, dando continuidade ao processo de produção.



Figura 17 – Caçamba para acomodação da peças entre as operações.

Com a alteração do *layout* celular e o balanceamento da produção, se verificou a possibilidade e necessidade de melhorar a produtividade da linha e minimizar os estoques em processo. Esses estoques acumulados em caçambas entre as operações, além de apresentarem um risco em caso de qualquer não conformidade do produto, “camuflam” o desbalanceamento da linha e seus desperdícios embutidos.

Para diminuir esse impacto, as caçambas foram substituídas por escorregadores que agilizam o fluxo e não permite estoques de peças em processo. Esses escorregadores foram manufaturados de forma que os produtos deslizassem pela superfície sem nenhuma avaria ao produto tanto em seu deslizamento pela superfície quanto em seu impacto de parada.

Todas as peças depositadas no escorregador se acomodam na mesma posição e assim percorrem toda a superfície até o destino final, repondo automaticamente a última peça utilizada na operação seguinte. Também estão previstas e incluídas no projeto dos escorregadores, regulagens de altura em ambos os lados, para melhorar a regulação para qualquer operador e escolha da inclinação adequada.

4.8 IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA “5S”

A metodologia “5S” é uma ferramenta aplicada pelas empresas para assegurar a implantação da qualidade, produtividade, prontidão nos serviços prestados e a melhoria da qualidade de vida dos funcionários. Quando implantada é esperado que ela seja capaz de capacitar de forma simples e objetiva a assimilação dos conhecimentos sobre a qualidade, produtividade e excelência no atendimento, melhorarem a comunicação dentro da empresa, junto a fornecedores e clientes internos e externos, capacitando-os para enfrentar a competição do mercado. As situações onde a aplicação dos 5S seria mais vantajosas foram verificadas no chão de fábrica, conforme Figura 18, onde havia falta de limpeza, organização e falta de locais e objetos identificados.



Figura 18 – Situações encontradas no chão de fábrica antes da implantação dos “5S”.

Com a implantação da ferramenta os principais objetivos foram atingidos nesse caso são:

- Melhoria na condição de trabalho dentro da empresa;
- Aumento da auto-estima;
- Comunicação interpessoal assertiva;
- Promoção do pensar e realizar;
- Incentivo ao trabalho em grupo;
- Proteção do meio ambiente;
- Proteção das instalações, maquinaria (manutenção preventiva) e estoque da empresa;
- Arrumação da empresa: instalações, locais de trabalho e estoque;
- Eliminação de desperdício e retrabalho, redução de custos.

Como todo o programa que tem como objetivo a melhoria da qualidade, é necessário que haja mudanças de comportamento e, para isso, é necessário fornecer novos valores sobre qualidade de vida e qualidade profissional a todos os envolvidos.

A implantação do programa foi realizada em cinco etapas, cujos principais aspectos iniciam com a conscientização e comprometimento da liderança e de todos os funcionários envolvidos, montagem de estrutura para apoio à implantação do programa, treinamento para todos os funcionários e multiplicadores, formação de comissão de auditoria e

treinamento de auditores. Seguem abaixo detalhadas as cinco etapas de implantação do programa.

Etapa 1 - Sensibilização da direção.

Nessa etapa, participaram todos os elementos que dirigem a empresa, sem distinção de cargo ou função. Realiza-se uma palestra onde o objetivo é apresentar a necessidade da implantação da filosofia na empresa, apresentando os ganhos que advirão.

Etapa 2 – Estabelecimento da estratégia.

Após a apresentação da importância de se trabalhar com a filosofia “5S”, é estabelecida, em conjunto com alguns elementos da liderança e colaboradores uma estratégia de ação, onde iremos estruturar: divulgação interna do projeto, data das próximas etapas e equipe de execução.

Etapa 3 – Treinamento.

O treinamento é realizado para todos os funcionários inclusive para a liderança dos departamentos envolvidos com a implantação. A equipe de execução é preparada para multiplicar o conhecimento da filosofia dos “5S”.

Etapa 4 – Estratégia de implantação.

Após o treinamento, se determina o dia que marca o primeiro passo do plano de implantação, e inicia com a identificação de materiais sem utilização e descarte. Essa é a data mais importante da implantação, e é nessa fase que as transformações devem começar a aparecer.

Etapa 5 – Manutenção dos resultados

Após a execução, é de vital importância a manutenção do programa no longo prazo, mantendo-se o comprometimento e as atitudes “vivas” em toda empresa. Para que isso ocorra, é dimensionada uma estrutura que visa a manutenção do ambiente, implantando uma sistemática de auditorias internas nos mesmos moldes da NBR ISO 9001:2008.

4.9 MELHORIAS NO PROCESSO PRODUTIVO

Com base na análise do balanceamento celular e dos índices de refugo e retrabalho, ficou evidenciada a necessidade de melhoria do ferramental a fim de se obter melhores resultados nesses dois indicadores.

As melhorias do ferramental têm dois objetivos: O primeiro deles é buscar o aumento da produtividade nos postos operativos, cujo gráfico do balanceamento celular apresenta os menores índices de produtividade (operações 30/40, 60, 90 e 120). Essa melhoria no balanceamento da célula viabiliza o fluxo contínuo projetado por meio do novo *layout* celular. O segundo ponto e não menos importante, trata das melhorias dos ferramentais que visam eliminar os refugos e retrabalhos e, conseqüentemente, buscam melhorar a qualidade dos produtos, reduzindo custos e eliminando desperdícios (operações 60, 95 e 110).

4.9.1 Melhoria no processo de estampagem

Operações 30 e 40 – Essa operação inicialmente era realizada em duas etapas, onde na primeira etapa o produto era posicionado na ferramenta e, em um ciclo de operação da prensa, o ferramental executa um pré-furo; em seguida a peça é retirada, rotacionada 180 graus, reposicionada e a operação é finalizada executando a furação completa da peça, dessa maneira, são necessários dois ciclos da prensa para obter uma peça com a operação completa.

A melhoria executada nessa operação trata da execução da operação completa, utilizando apenas um ciclo da prensa. Para isso, foi projetado novo ferramental, onde são posicionadas duas peças ao mesmo tempo; nesse ciclo único, o ferramental executa o pré-furo na primeira peça e a conclusão do furo da segunda peça simultaneamente.

Com essa alteração, o operador começou a trabalhar com duas peças durante a operação. O manuseio das duas peças durante praticamente todo o ciclo, provoca fadiga mais rapidamente. Essa condição evidenciada no *try-out* do ferramental será amenizada com o rodízio dos operadores possibilitado pelo novo *layout* da célula.

4.9.2 Melhoria no processo de curvamento da peça

Operação 60 – A operação, responsável pela execução da curva na peça, apresenta baixa produtividade e um índice elevado de retrabalhos e conseqüentemente refugos. Esse cenário ocorre principalmente, pelo projeto inicial da máquina, que é dedicada para essa operação. Verifica-se que da forma que esse projeto foi concebido, durante o decorrer dos anos, as reformas e manutenções não foram suficientes para assegurar uma condição ideal de funcionabilidade. Conseqüentemente, esse equipamento não assegura uma fixação adequada do produto e, no projeto inicial, também não foi prevista a possibilidade de aumento da produção com o decorrer do tempo. Dessa forma, as melhorias nessa operação além de aumentar a produtividade do equipamento, têm que ser eficiente também para melhoria da qualidade dos produtos manufaturados.

Como a máquina de curvar utilizada nessa operação, é uma máquina dedicada, foi realizada uma manutenção completa do equipamento e implantados dispositivos posicionadores pneumáticos que funcionam como um sistema de troca rápida durante o *setup* em cada ciclo de operação. Esses posicionadores pneumáticos aumentaram a rapidez com que a máquina era preparada para processamento, além de garantir a fixação adequada, eliminando a movimentação da peça antes ou no início da operação, melhorando a qualidade dos produtos manufaturados.

4.9.3 Melhoria na operação de rebarbação

Operação 95 – Do mesmo modo como a operação 60, a operação de rebarbar a peça era carente de melhorias para aumentar a produtividade e qualidade dos produtos. A rebarbação manual executada em 100% dos produtos apresentava baixa produtividade e nível elevado de refugo, pois, dependia unicamente da habilidade dos operadores que poderiam rebarbar exageradamente uma peça ou deixar pontos falhos.

Foi implantada nessa operação uma mesa com eixos para referenciar o diâmetro a ser rebarbado, assim o dispositivo funciona como um *poka-yoke*, ou seja, os operadores conferem instantaneamente na operação o material que realmente necessita ser retirado dos produtos, além de não desperdiçar tempo rebarbando onde não é necessário.

Nesse caso também foram realizados estudos a fim de executar essa operação por

meio de um dispositivo automático, essa alternativa foi descartada pela necessidade de elevados investimentos.

4.9.4 Melhoria no dispositivo de solda

Operação 110 – A operação de solda do conjunto apresenta um nível de refugo elevado na mesma medida em que é uma operação com produtividade baixa. Nessa operação é posicionada e soldada uma peça por ciclo, e a fixação dessa peça é feita por meio do corpo do tubo. Essa fixação pelo corpo do tubo, expõe a peça a uma variação de posicionamento, por não garantir que a superfície de todas as peças varie da mesma forma durante as operações anteriores.

Os tubos metálicos, após sofrerem transformações mecânicas apresentam irregularidades por toda sua superfície, sendo assim, a posição da solda está sujeita a variações indesejadas. Foram projetados novos dispositivos que posicionam duas peças por vez. A fixação dessas peças no dispositivo de solda é realizada pelas referências de montagem, resultante das operações 30/40 e 110, minimizando, dessa forma, as variações que poderiam prejudicar o posicionamento da peça na aplicação da solda.

4.9.5 Aumento de produtividade e eficiência do dispositivo de controle

Operação 120 – A operação de calibração e inspeção final apresentava baixa produtividade na etapa de inspeção dos produtos, pois, após posicionar a peça no dispositivo de controle, era necessária a conferência de sete características diferentes, por meio de ferramentas passa-não-passa.

Com o objetivo de melhorar a produtividade nessa operação, foram realizadas alterações no dispositivo, facilitando seu manuseio e melhorando a vida útil com a diminuição de seu desgaste. Foram adicionados rolamentos na parte deslizante, a fim de facilitar a operação e aumentar a durabilidade do dispositivo; também foi padronizado o calibrador passa não passa, com o objetivo de facilitar e agilizar as conferências.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS

5.1 MELHORIA NO *LAYOUT* INDUSTRIAL

O *layout* industrial foi analisado com toda a planta fabril em mãos, onde foram levadas em consideração todas as áreas que tem relação com o produto. Como se trata de um produto diferenciado e que representa uma parcela significativa do faturamento da empresa, as situações pertinentes ao estudo, quando possível, foram privilegiadas em relação aos demais produtos, pois é uma peça com muito valor agregado em suas operações além do alto volume de produção.

Com o novo local privilegiado no centro do galpão industrial, tendo as máquinas representadas por retângulos vermelhos, conforme Figura 19, mostra a entrada da linha de manufatura próxima ao recebimento de materiais e a operação de inspeção final posicionada próximo ao setor de saída da expedição da empresa. Essa melhoria diminuiu a distância percorrida por dia pelas empilhadeiras de 2000 metros em 16 minutos para 1200 metros em 10 minutos em média. Essas diminuições nas distâncias percorridas e menores tempo de movimentação, trouxeram além da economia logística, maior segurança e melhor qualidade do ar devido à diminuição nas movimentações internas.

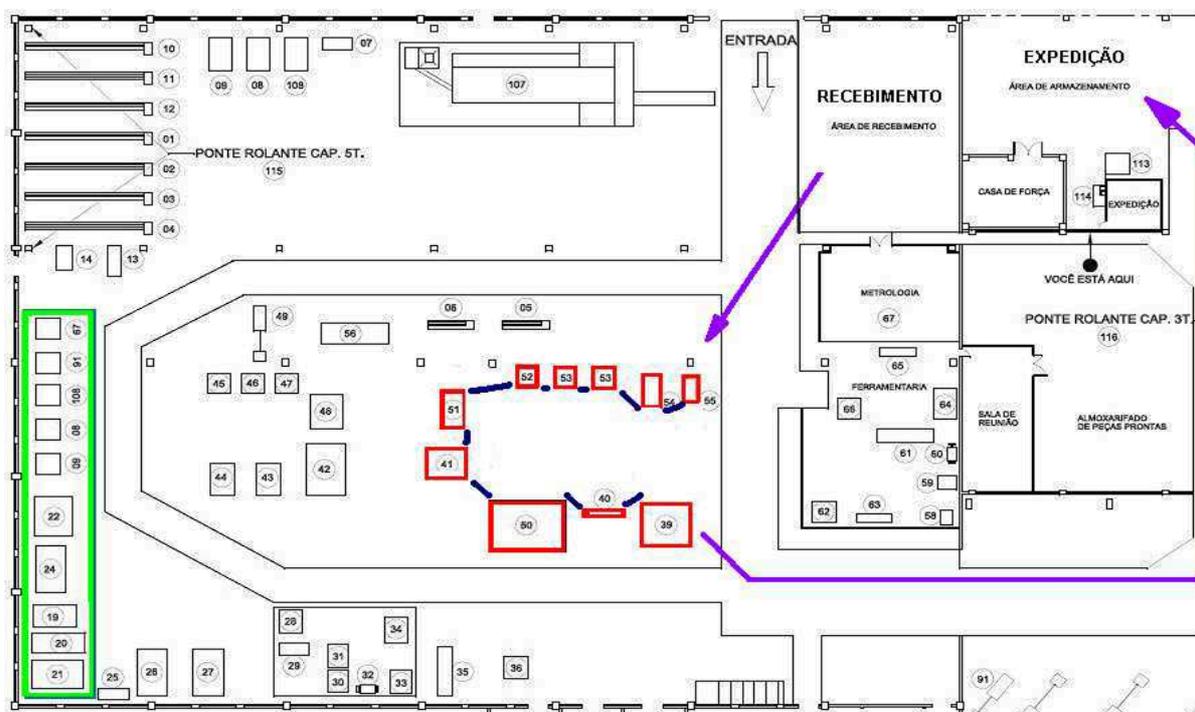


Figura 19 – Novo *layout* industrial.

Além das vantagens citadas, a localização desse novo *layout*, ele oferece toda infraestrutura predial necessária para instalação das máquinas e equipamentos que fazem parte da célula de produção.

As máquinas que ocupavam o local onde a célula foi instalada foram transferidas para a antiga localização da célula. Esses postos de trabalho tiveram, por sua vez, as distâncias de transporte aumentadas; porém, como o abastecimento nessas máquinas é realizado com uma frequência bem menos intensa do que na célula estudada, não foram considerados os tempos aumentados nesse caso.

5.2 MELHORIA DO *LAYOUT* CELULAR

Esse estudo teve como objetivo, melhorar em vários aspectos a manufatura do produto. Dentre eles, os principais são: melhorar a flexibilidade da célula, auxiliar na manutenção do balanceamento da produção e facilitar adequação às instalações pré-existentes.

Foram verificadas várias alternativas para melhoria do *layout* celular, essas alternativas foram simuladas através de figuras, utilizando como ferramenta, um software de desenho em computadores. Dentre as alternativas estudadas destacam-se os formatos em “U”, em “L”, em linha e em *loop*.

O formato em *loop* foi descartado, pois todos os postos operativos são necessários para manufatura do produto. O formato em *loop* seria mais aconselhável, se houvessem postos operativos que pudessem ser utilizados em algumas famílias de produtos e em outras não.

O *layout* celular em “I” trata-se de uma opção interessante quando as máquinas são interligadas e o transporte é automático. Nesse caso, devido ao desbalanceamento das operações, tornava-se inadequado, pois são necessárias caçambas intermediárias causando estoque de peças em processo além de suprimir a flexibilidade dos operadores nesse *layout*.

O formato em “L”, não era adequado devido às instalações pré-existentes, além da desvantagem de se menos flexível para o rodízio dos operadores em comparação com o *layout* em forma de “U”.

O sistema escolhido, devido às vantagens apresentadas, foi o *layout* celular em

formato “U”, conforme verificado na Figura 19, onde se prestigiou os seguintes pontos: manutenção de um ritmo de produção, flexibilidade na capacidade de produção com a utilização de multi-funções para os operadores, manutenção do padrão individual da operação e facilidade em adequar o *layout* às instalações, minimização dos estoques em processo.

5.3 IMPLANTAÇÃO DE ESCORREGADORES PARA MOVIMENTAÇÃO DAS PEÇAS

Para facilitar o fluxo contínuo das peças, melhorar a eficiência dos operadores e reduzir os estoques em processo que poderiam omitir desperdícios, foram apontadas em um *brainstorming*, algumas sugestões para melhoria do transporte dos produtos durante o processo de manufatura; dentre elas, a escolhida pelo grupo foi à substituição das caçambas de estoque intermediário entre as operações, que freqüentemente acumulavam um número elevado de peças (em torno de 400) e eram reabastecidas durante o turno nos caso da operação anterior trabalhar com uma cadência menor de produção.

As caçambas foram substituídas por escorregadores que não permitem um estoque de processo superior a 20 peças colocando em evidência os desperdícios e facilitando assim sua eliminação, além de aumentar a produtividade da linha pela facilidade de colocar as peças no escorregador sempre na mesma altura e mesma posição ao invés de acomodá-las na caçamba, conforme é possível observar na Figura 20.



Figura 20 – Escorregador implantado na linha “U”.

Outra vantagem verificada com a implantação dos escorregadores foi a melhoria a ergonômica para os operadores. Devido às dimensões, as caçambas de estoque causavam maiores esforços e desconforto para o operador que iriam processar a manufatura da peça. Com a implantação dos escorregadores, as peças estavam sempre a uma altura adequada e na mesma posição. Na Figura 19 ainda é possível verificar a posição dos escorregadores representados por linhas azuis na célula de manufatura ligando os retângulos vermelhos.

5.4 MELHORIAS EVIDENCIADAS APÓS A IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA “5S”

O clima dos trabalhos caracteriza-se pela desconcentração e leveza, pela linguagem fácil e próxima, permitindo uma participação efetiva de todos os elementos. Assim, foram utilizadas vivências, exibição de vídeos educativos, trabalhos em grupos, seguidos de resgates dos conceitos envolvidos, pelos próprios participantes.

A partir da introdução aos conceitos, os participantes são estimulados a estabelecer uma ligação entre esses conceitos e sua vida pessoal e profissional e sua aplicação no seu dia a dia.

Ao final do programa, os participantes estabeleceram compromissos mútuos, na direção da mudança de comportamento em linha com os conceitos aprendidos. De imediato essa metodologia foi aplicada na linha de produção e no restante do galpão onde a célula está localizada.

Dessa forma, os resultados qualitativos evidenciados são:

- Aumento do comprometimento do pessoal e do grupo, com a qualidade do ambiente de trabalho e do produto;
- Eliminação da poluição visual no ambiente de trabalho;
- Facilidade de encontrar e guardar objetos, ferramentas, com a definição dos seus locais;
- Melhoria da limpeza e manutenção das instalações;
- Melhoria da limpeza e manutenção de áreas comuns – refeitório, banheiros, pátio, onde a preservação (não quebrar ou danificar) e limpeza (não sujar)

serão responsabilidade de todos;

- Melhoria nas comunicações interpessoais: diretoria, gerentes, funcionários e clientes;
- Aumento da auto-estima, que advém da auto-aceitação e da aceitação do “outro”;
- Auto-disciplina – para que tudo o que foi aprendido e implantado possa ter continuidade.

Na Figura 21 são apresentadas duas fotos onde são apresentadas as situações de organização e limpeza do chão de fábrica após a implantação do programa “5S”. As imagens representam as situações onde as mudanças foram mais radicais e tiveram o maior impacto visual, como organização de prateleiras para guardar ferramentais, pintura de chão da fábrica e limpeza dos lixos anteriormente espalhados pela área produtiva.



Figura 21 – Cenário após a implantação dos “5S” no chão de fábrica.

5.5 MELHORIA NOS FERRAMENTAIS

5.5.1 Melhoria no processo de estampagem

As melhorias nesse ferramental obtiveram resultados expressivos, pois, a operação passou a manufaturar uma peça por ciclo a partir do primeiro ciclo de produção. Antes das melhorias, eram necessários dois ciclos de operação para concluir a operação e liberá-la

para o próximo posto de trabalho, conforme Figura 22. No ferramental dessa operação, é possível verificar o grampo acrescentado e responsável pela fixação das duas peças ao mesmo tempo e dessa forma possibilitando o processamento simultâneo de duas peças.



Figura 22 – Ferramental operação 30/40.

Quantitativamente eram produzidas 250 peças por hora. Com a alteração no ferramental, esse resultado passou a 305 peças por hora, ainda um pouco menor que as outras operações similares em prensa excêntrica, onde os operadores trabalham com apenas uma peça durante o tempo todo. Nessa operação as atividades são executadas com duas peças durante todo o tempo, o que ainda justifica um tempo de ciclo um pouco maior. Como esse índice ainda é um pouco maior que o *takt time*, o tempo é suficiente para acompanhar tranquilamente o ritmo de produção sem que em algum momento essa operação seja responsável por um “gargalo”.

5.5.2 Melhoria no processo de curvamento da peça

Nessa operação foram executadas duas alterações principais e responsáveis por melhorias. No ferramental da operação 60, responsável pelo curvamento da peça, é possível verificar os cilindros pneumáticos (lado esquerdo e acima da Figura 23). O mordente em formato de meia-lua, responsável pela melhor fixação da peça durante a operação, se localiza no centro da foto.

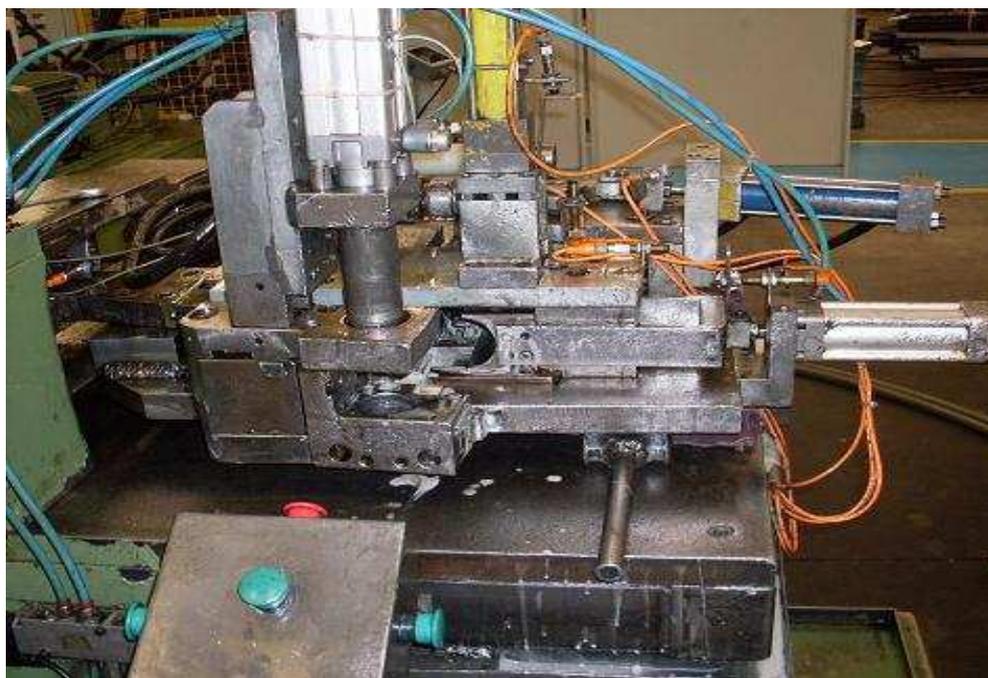


Figura 23 – Ferramental operação 60.

A primeira alteração que aumentou a produtividade na operação tratou da implantação de trocas rápidas no *set-up* dos produtos manufaturados. Essa alteração representou aumento de produtividade de 235 para 280 peças por hora. Como esse indicador ainda estava abaixo do tempo do *takt time* da linha, o operador que estiver nesse posto operativo é auxiliado na inspeção das peças, por operadores cuja operação está com produtividade acima do *takt time*.

A segunda melhoria alterou o projeto dos mordentes assim como a localização dos pontos onde a peça era presa, o que garantiu a fixação completa durante todo o ciclo e melhorou o resultado das curvas nas peças. Essa condição é evidenciada por meio dos índices de retrabalho e refugo na operação. O retrabalho diminuiu de 380 para 160 nas

peças produzidas durante um mês. O refugo diminuiu de 350 para 110 peças durante um mês de produção.

Nessa operação é previsto um número de refugo e retrabalho com média maior do que a média do restante da linha, devido á própria dificuldade encontrada na operação (curvamento).

Além da dificuldade maior durante o processamento, o ajuste e a preparação da máquina para o início de produção também são mais demorados, pois, em cada corrida de matéria prima, ocorrem pequenas variações nas propriedades químicas e mecânicas do aço, onde, mesmo dentro da especificação, resultam em condições totalmente diferentes nos resultados finais das peças. Essas variações que não são absorvidas pelo processo, impactam nos índices de refugo e retrabalho da operação.

5.5.3 Melhoria na operação de rebarbação

A implantação do *poka-yoke* nessa operação eliminou a possibilidade das peças serem segregadas posteriormente para retrabalho, além de servir como referência para o perfil rebarbado. Dessa forma, o trabalho executado é somente o necessário para obter a condição desejada do perfil da peça, sem desperdício de tempo que resultava em uma produtividade menor e, conseqüentemente, mais operadores, conforme se observa na Figura 24.



Figura 24 – Operação de rebarbação e verificação.

Essa nova operação está em duas imagens onde a foto do lado esquerdo representa

a execução da operação, e a foto do lado direito mostra o pino responsável pela conferência do produto.

Após a implantação, as comparações dos tempos de ciclo mostram que a produtividade com dois trabalhadores passou de 210 para 265 peças rebarbadas por hora.

Os retrabalhos diminuíram de 430 para 45 peças por mês. Todas essas peças, onde foi executado o retrabalho, tiveram como motivo uma melhor ajustagem da peça no calibre final de controle e não necessidade de corrigir o perfil da meia-lua que passou a ser verificado por meio de *poka-yoke*.

Apesar da difícil eliminação dos refugos por se tratar de uma operação manual, o *poka-yoke* foi também utilizado como referência para o perfil da meia-lua e esse auxílio representou uma diminuição no número de refugos de 248 peças para 12 peças refugadas por mês.

5.5.4 Melhoria no dispositivo de solda

Na operação de solda, as alterações dos pontos de fixação das peças para as referências de montagem do produto no conjunto, auxiliaram na manutenção da repetibilidade da posição da solda aplicada pelo robô, conforme Figura 25.



Figura 25 – Dispositivo de fixação para a operação de soldagem.

A foto da Figura 25, representa o dispositivo responsável pela fixação das peças que serão soldadas. É possível observar que os novos pontos de fixação dos dois produtos são resultados de operações de estampagem anteriores e não mais o corpo do tubo que possui uma variação mais difícil de ser controlada durante o processo.

Essas melhorias foram responsáveis pela diminuição da quantidade de peças retrabalhadas de 140 para 90 peças por mês. A redução de peças refugadas também foi observada na mesma proporção, apresentando como resultado diminuição de 214 peças para 40 peças por mês.

5.5.5 Aumento de produtividade e eficiência de dispositivo de controle

As alterações no dispositivo final de controle, apresentado na Figura 26, foram responsáveis por facilitar a montagem e retirada da peça do dispositivo, facilitando o manuseio e diminuiu a fadiga dos operadores.

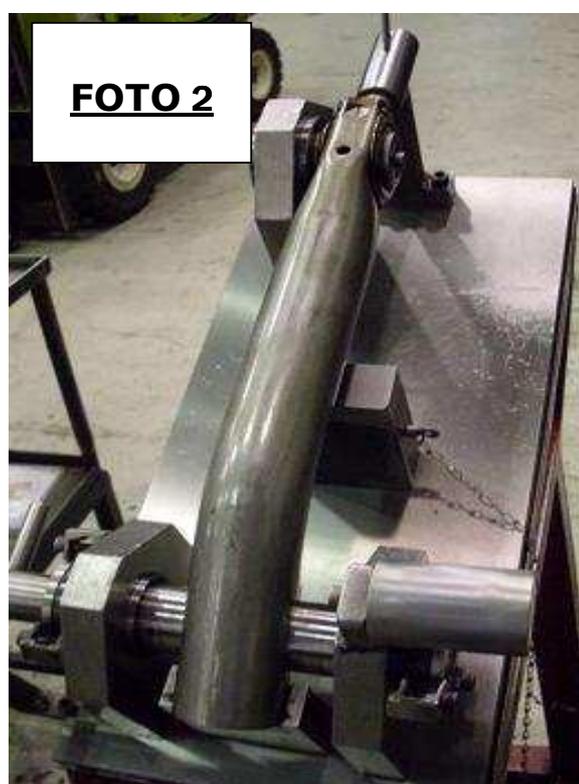
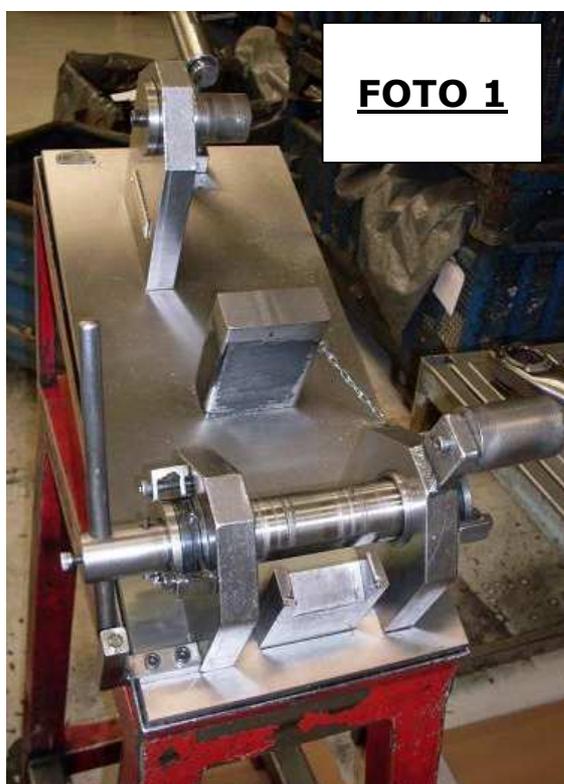


Figura 26 – Dispositivo final de controle.

O dispositivo final de controle utilizado na operação 120 é apresentado por meio de duas fotos, mostra na foto1 (Figura26), apenas o dispositivo de inspeção final e a foto 2 (Figura 26), ilustra o dispositivo com uma peça pronta para verificação.

Essa melhoria foi responsável por um aumento de produtividade de 180 para 270 peças conferidas por hora. Como esse tempo ainda não é o ideal, visto a demanda programada pelo cliente, nessa operação o operador é freqüentemente auxiliado por outro operador na armazenagem do produto na embalagem e na liberação da caçamba de produtos acabados para expedição.

5.6 BALANCEAMENTO E NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO

O balanceamento e nivelamento da produção próximo à demanda do cliente foram realizados após a efetivação do novo *layout*. A manufatura em grandes lotes, característica dos sistemas convencionais foi substituída pela fabricação de pequenos lotes, acompanhando a demanda e flexibilizando a produção. O ajuste da célula também ocorreu reduzindo e remanejando trabalhadores em determinados postos operativos.

Com a utilização do conceito enxuto, o nivelamento para a carga de trabalho foi distribuído igualmente para os trabalhadores e com eficiência próxima a do “*takt time*”.

Todos os esforços para balanceamento da linha de produção, foram direcionados pelos índices de produtividade cuja melhoria é um dos focos principais do trabalho. A partir desse ponto, a linha foi balanceada analisando as medidas de desempenho da célula, ou seja, quantidade de peças produzidas por hora em cada operação, tomando ações para o balanceamento da linha e eliminação dos gargalos. Após essa análise as ações utilizadas para efetuar o balanceamento foram:

- Diminuição dos lotes de fabricação;
- Remanejamento de operadores na célula;
- Nivelamento do tempo padrão;
- Melhorias no ferramental;
- Alteração em projetos de dispositivos;
- Aumento de produtividade em dispositivos de controle e inspeção.

A Figura 27 mostra o gráfico do balanceamento da célula após aplicação do conceito enxuto e aplicação das melhorias nos ferramentais, verificando que o nivelamento está com a média mais próxima do *takt time* da produção.

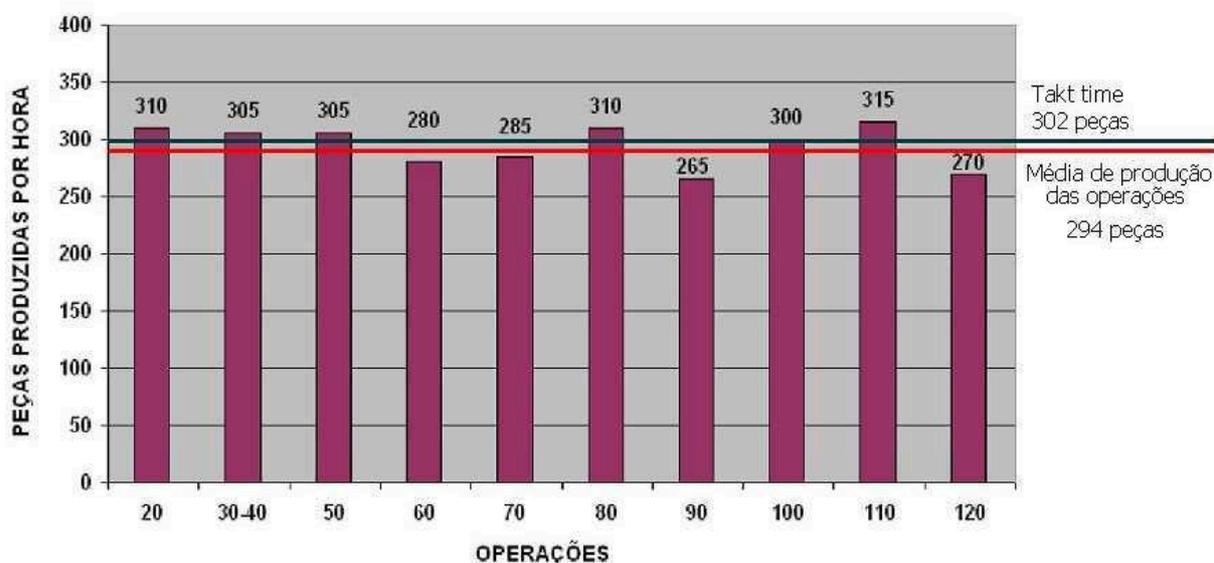


Figura 27 – Balanceamento da célula (peças produzidas por operação por hora)

Nas operações que ainda apresentam produtividade acima do *takt time*, 302 peças, (operações 20, 30-40, 50, 80 e 110) isso devido às próprias características da operação que realizam, auxiliam na realização das inspeções dos postos operativos que ainda apresentam produtividade menor (operações 60, 70 90 e 120). Além dessa orientação, a atividade na célula passou a ser dinâmica, ou seja, são realizados rodízios em momentos pré-estabelecidos que minimizem os efeitos que a fadiga exerce nos operadores.

Com a flexibilização de operadores na célula, as horas extras necessárias para formar um “pulmão” de peças que abasteceria a linha durante o processo foram eliminadas. A flexibilização ocorreu principalmente nas etapas de inspeção das peças que são realizadas de acordo com um plano de amostragem, e em média são executadas em uma peça a cada 25 peças produzidas.

Como o tempo de máquina influi de forma limitante para o balanceamento celular em uma linha de produção, as melhorias nos ferramentais nas operações 30/40, 60, 90 e 120, foram fundamentais para o aumento da produtividade e possibilitaram uma suavização do balanceamento, conforme se observa na Figura 28.

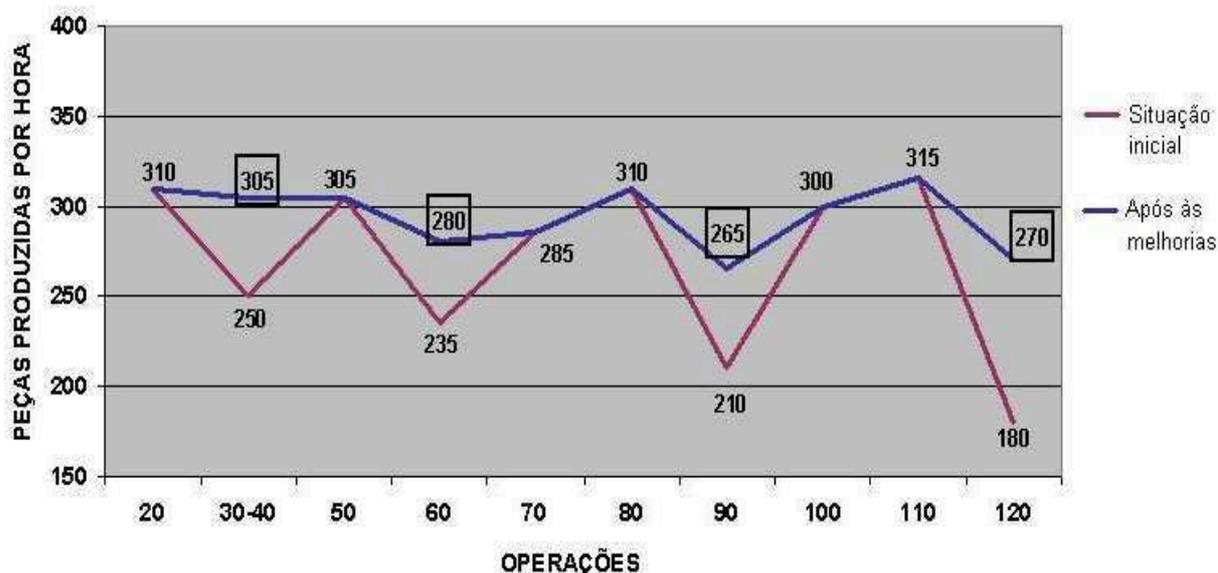


Figura 28 – Comparação do balanceamento antes e depois das melhorias.

Na Figura 29 é apresentado o gráfico de eficiência dos operadores em seus respectivos postos operativos, após a aplicação do conceito enxuto e melhorias no ferramental para 2200 peças produzidas por dia. Esse gráfico mostra o índice médio de eficiência dos operadores de 89,4%, quando anteriormente era 84,5%.

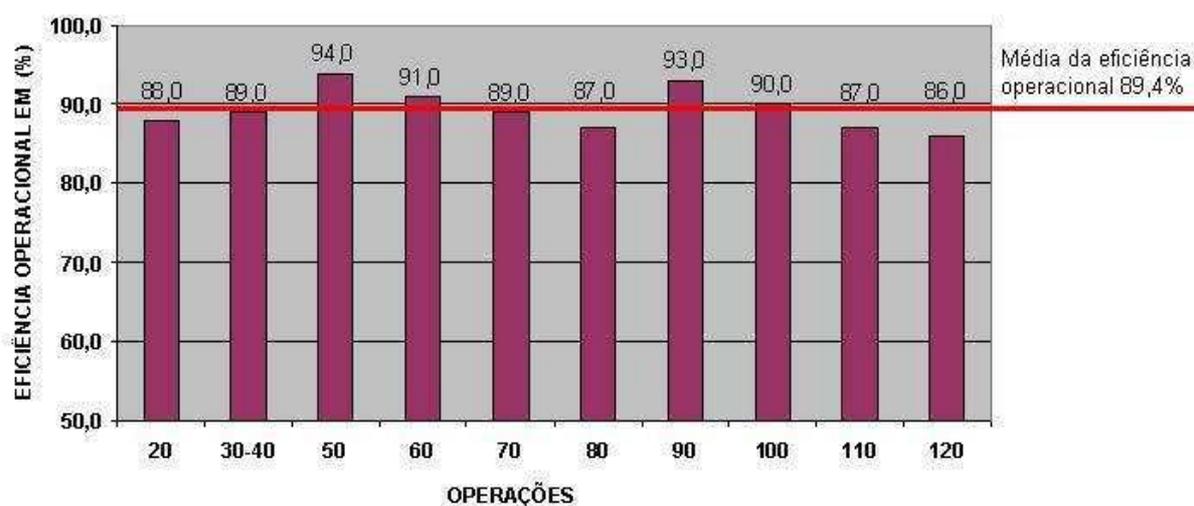


Figura 29 – Eficiência operacional após melhorias.

Atribui-se ao melhor equilíbrio e aumento da eficiência dos operadores da célula, os rodízios dos operadores nos postos operativos, fator que auxilia na diminuição da fadiga e consequentemente aumento da produtividade.

5.7 ÍNDICES DE REFUGO E RETRABALHO

A Figura 30 representa o gráfico com os índices de retrabalho e refugo, referente aos quatro meses posteriores à aplicação dos conceitos do balanceamento enxuto.

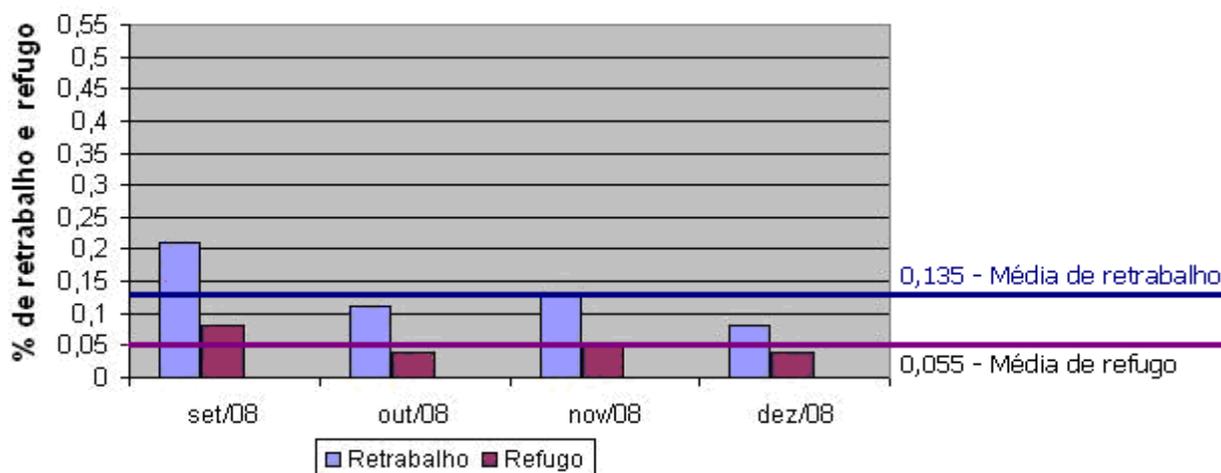


Figura 30 – Índice de refugo e retrabalho após implantação das melhorias.

No gráfico é possível observar a redução da média dos índices de retrabalho de 0,46% das peças produzidas por mês para 0,135%, representando uma diminuição para 29,3% dos retrabalhos que eram realizados anteriormente e uma redução dos índices de refugo de 0,114% das peças produzidas por mês para 0,055%, representando 48,2% de redução dos refugos que eram efetuados anteriormente.

A Figura 31 mostra o índice de refugo e retrabalho entre abril e dezembro de 2008. Os primeiros cinco meses são anteriores a aplicação dos conceitos da manufatura enxuta e os quatro últimos meses são posteriores à aplicação.

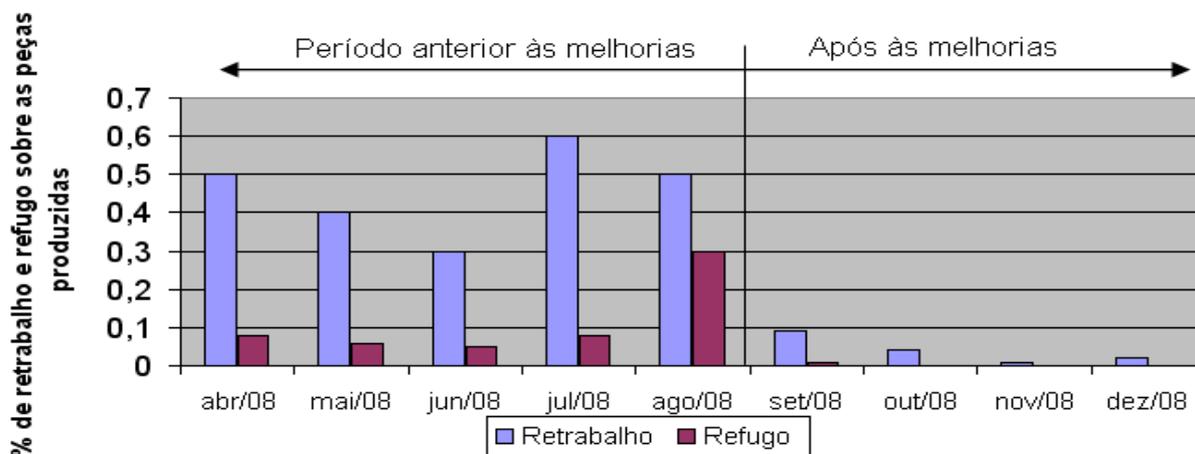


Figura 31 – Comparação dos índices de refugo e retrabalho antes e após a implantação da metodologia.

Por meio desse gráfico fica evidente a diminuição dos índices de trabalho, conforme quantificados anteriormente, de retrabalho para 29,3% e de refugo para 48,2%.

A Figura 32 estratifica e evidencia os resultados das melhorias nas operações. A média de peças refugadas passou a ser 46,8 quando anteriormente eram 99,2 peças. As peças retrabalhadas seguiram na mesma ordem e passaram de uma média de 106 para 24,7 peças por mês.

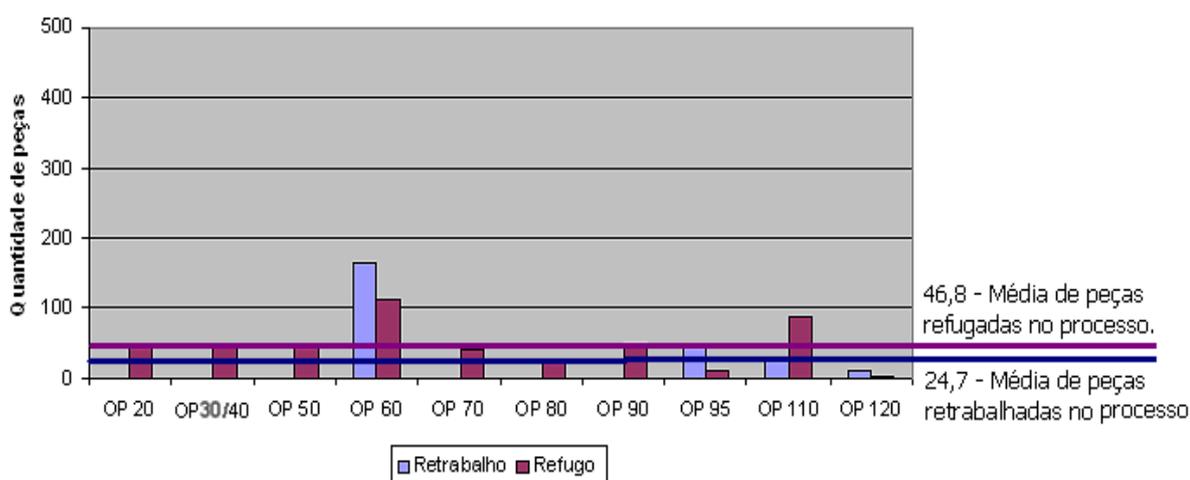


Figura 32 – Índices de refugo e retrabalho estratificado por operação após aplicação das melhorias.

É possível verificar no gráfico que apesar da melhoria, a operação 60 ainda apresenta elevados índices de refugo e retrabalho em comparação aos demais postos operativos. Essa situação é admissível, pois se trata da operação responsável pela execução da curva na peça, e o *set-up* dessa operação é de regulagem mais demorada e complexa resultando e que resultam em maiores perdas.

5.8 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR APÓS AS MELHORIAS

O mapeamento do fluxo de valor foi fundamental para o novo dimensionamento do processo produtivo. Como algumas ferramentas da manufatura já estavam implantadas e funcionavam bem no processo, dentre elas o *JIT* e o *Kanban*, não foi alterado a cadência de produção, ou seja, a necessidade de produtos fabricados para o atendimento do cliente sem gerar estoques, porém após a implantação do fluxo

contínuo foram realizadas novas cronometragens e observou-se a diminuição do *lead time* de produção de 186h (7 dias e 18 horas) para 20 minutos. As melhorias nos ferramentais que aumentaram a produtividade também diminuíram o tempo de processamento que agrega valor ao produto de 4 min e 7s para 3 min e 10s.

5.9 ATUALIZAÇÃO DE DOCUMENTOS

Diante desse novo cenário, o fluxograma do processo também foi otimizado conforme a Figura 33. As principais mudanças em comparação ao cenário anterior são resultado da implantação do fluxo contínuo na célula e que permitiu a unificação da operação e inspeção em uma única etapa no processo. Além da unificação de operações das operações 30/40 que anteriormente eram executadas em dois ciclos.

FLUXOGRAMA DO PROCESSO			
SIMBOLOGIA:			
FABRICAR	ARMAZER	MOVER	INSPECIONAR
○	▽	◡	□
Fluxo	Operação	Descrição da Operação	
▽	10	Receber material	
□	15	Inspeccionar material	
▽	16	Estocar material	
□	17	Realizar ensaios mecânicos	
○	20	Extrudar e inspecionar*	
○	30 / 40	Estampar pré furo e furar (dois estágios) e inspecionar*	
○	50	Furar lateral e estampar lote e inspecionar*	
○	60	Curvar e inspecionar*	
○	70	Extrudar lado oposto e inspecionar*	
○	80	Pré-estampar raios e inspecionar*	
○	90	Recortar meia-lua e inspecionar*	
○	95	Rebarbar meia lua e inspecionar*	
○	100	Montar conjunto	
○	110	Soldar cordões (ambos lados), limpar e inspecionar*	
○	120	Calibrar diâmetro interno da boccola e Inspecionar**	
□			
▽	130	Acondicionar em caçambas enviar para expedição.	
* Inspeção conforme plano de amostragem			
** Inspeção 100%			

Figura 33. Fluxograma de processo após aplicação das melhorias.

Além do fluxograma do processo, toda documentação referente à qualidade engenharia e produção foram analisadas. As instruções de trabalho, planos de controle, processos de manufatura foram atualizados. Como se trata de um item fornecido a uma montadora de automóveis cujo atendimento da norma ISO/TS 16:469 é obrigatório, toda documentação fornecida ao cliente no início do desenvolvimento teve que ser submetida a uma nova aprovação.

5.10 DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS

No conceito da manufatura enxuta, verificou-se uma série de técnicas e ferramentas que podem ser aplicadas, mais de uma vez inclusive, em um mesmo material, e que nesse caso tratou-se de uma célula de produção de autopeças.

As técnicas da manufatura enxuta que foram estudadas e aplicadas nesse caso, não são as únicas existentes, porém, foram as técnicas escolhidas. Essa escolha foi realizada com base na teoria que explica as próprias técnicas e que mostrou a possibilidade de alcançar os objetivos esperados por meio de sua aplicação.

Apesar de predominar inicialmente um cenário de produção tradicional na célula estudada, ao longo do tempo foram aplicadas algumas técnicas que, de certa forma auxiliaram a aplicação dos da metodologia. Na Tabela 4 são apresentadas as ferramentas e práticas estudadas, as aplicadas, e as práticas que já haviam sido aplicadas anteriormente na linha de produção.

Tabela 4 – Ferramentas e práticas estudadas, aplicadas e as que já estavam implantadas anteriormente.

Ferramentas e práticas da manufatura enxuta.	Ferramentas e práticas aplicadas no trabalho.	Ferramentas e práticas que já eram utilizadas e permaneceram.
"5S"	X	
<i>Heijunka</i> (nivelamento da produção)	X	
Balanceamento da produção	X	X
<i>Kaizen</i>	X	X
<i>Just-in-time</i> (JIT)		X
<i>Jidoka</i>	X	
<i>Poka-Yoke</i>	X	X
Padronização das operações	X	
Flexibilidade no <i>lay-out</i> .	X	
Troca rápida de ferramentas	X	
<i>Kanban</i>		X
Mapeamento do fluxo de valor (MFV)	X	
Produção focalizada	X	X
Manutenção produtiva total		X
Administração total da qualidade		X

A Tabela 4 apresenta 04 ferramentas da manufatura enxuta apresentadas na revisão da literatura que não foram aplicadas neste trabalho, sendo elas; o *JIT*, o *Kanban*, a Manutenção Produtiva Total e a Administração Total da Qualidade.

A aplicação dessas ferramentas não ocorreu, pois, na análise inicial, foi observado que elas já haviam sido implantadas anteriormente e que, funcionavam da mesma forma que são explicadas na literatura, guardadas as particularidades para o cenário estudado.

O *JIT* estava sendo atendido, pois, as peças já eram produzidas no tempo certo, e de acordo com a demanda diária do *takt time*, sem que houvesse estoque superior ao estoque de segurança exigido pelo cliente.

O *Kanban* de processo já havia sido implantado anteriormente na célula e, aplicado junto ao *JIT*, é eficiente ao disparar a produção no momento certo, além de indicar a quantidade exata de peças que devem ser produzidas.

A Manutenção Produtiva Total é realizada na célula em duas etapas, a primeira etapa é realizada pelos próprios operadores das máquinas, que seguem um procedimento de verificação, onde o principal objetivo é checar no início de todos os turnos; o aperto de parafusos da ferramenta e da máquina, identificar folgas ou desgastes prematuros e identificar trincas ou quebras nos ferramentais. A segunda etapa é realizada por ferramenteiros, que são responsáveis pelo acompanhamento e execução das manutenções preventivas de acordo com a utilização das máquinas e equipamentos,

incluindo principalmente as substituições; óleo, rolamentos, buchas, machos e matrizes, punções de corte, pistões, cilindros, mangueiras, etc.

A administração Total da Qualidade tem atendimento conforme especificado pelo cliente, ou seja, tanto para o planejamento da qualidade, para o controle da qualidade e para as melhorias contínuas, haviam sido previamente determinados pelo cliente. Todas as especificações foram transferidas no início do desenvolvimento. Nesta transferência, foram verificadas as especificações pertinentes ao produto dentre elas; os planos de controle para todas as etapas do processo, os dispositivos de controle para cada operação e os *poka-yokes*.

Todas essas ferramentas pré-existentes podem ser reaplicadas ou melhoradas, a fim de se aumentar a eficiência da atual, porém, foi definido na análise inicial que, essas ferramentas atendiam de modo satisfatório ao seu propósito e, dessa forma, não seriam o foco do trabalho nesse momento, podendo ser reavaliadas posteriormente.

As ferramentas que já existiam e foram implantadas novamente, como o balanceamento da produção, os *kaizens* no processo, os *poka-yokes* e a produção focalizada em lotes, além das ferramentas que não haviam sido implantadas anteriormente como; os “5S”, o nivelamento da produção, o *jidoca*, a padronização das operações, a flexibilização do *layout*, as trocas rápidas e o mapeamento do fluxo de valor, tiveram melhorias fundamentais e um papel significativo nos resultados, a fim de alcançar os objetivos propostos no início do projeto.

Resultados qualitativos também foram verificados na prática depois de aplicada a metodologia enxuta. As ações de melhoria na célula que mais se destacaram foram:

- Flexibilidade dos operadores na célula, diminuindo os gargalos e as esperas entre as operações;
- Melhoria na uniformização da carga de trabalho dos operadores e aumento da eficiência nos postos operativos;
- Menor impacto negativo em situações de absenteísmo, pois vários operadores poderiam assumir a mesma função;
- Eliminação de horas extras que eram responsáveis pelo suprimento de produtos em operações cuja produtividade era menor;

- Minimização do fator de fadiga e conseqüentemente aumento da produtividade quando implantado o sistema de rodízio nos postos operativos.

Outro ponto observado foi a possibilidade da utilização da moda ao invés da média principalmente nos gráficos de refugo e retrabalho de peças, para dessa forma, privilegiar os resultados obtidos, porém, é cultura da empresa estudada, a apresentação de valores, gráficos, e análises de uma forma geral, a adoção da média dos valores como referência.

De uma forma geral, os resultados mostraram de forma objetiva que o método enxuto é mais eficiente na busca pela identificação e eliminação de desperdícios no processo e conseqüentemente no aumento da produtividade, isso em comparação ao método tradicional, que por sua vez, omite os desperdícios durante o processo, dificultando assim sua identificação e eliminação.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Por meio da aplicação das ferramentas e técnicas enxutas, concluiu-se que:

- A aplicação de melhorias nos ferramentais das operações 30-40, 60, 90 e 120, aumentou em 8,9% a produtividade na célula;
- A eficiência dos operadores aumentou em média de 84,5% para 89,4%, representando uma melhoria de 5,8% na média;
- Foram eliminadas em média 8 horas extras realizadas diariamente, que antes eram necessárias para abastecer a produção durante o processo;
- Houve a diminuição das distâncias de transporte necessárias para o abastecimento da célula com o *blank*, e envio do produto acabado para a expedição de 60% (de 2000m para 1200m) e redução do tempo de movimentação em 37,5% (de 16 para 10 minutos em média).
- Houve a diminuição média dos refugos de 0,114% para 0,055% das peças produzidas, representando uma redução de 48,3%;
- Houve a diminuição média dos retrabalhos de 0,46% para 0,135% das peças produzidas, representando uma redução de 29,3%;
- Houve a diminuição do *lead time* de 186 horas para 20 minutos;
- Houve a diminuição do tempo que é agregado valor ao produto de 4 min e 7s para 3 min e 10s;
- Houve a eliminação dos estoques intermediários na produção;
- Houve a diminuição dos esforços dos operadores com a melhoria na ergonomia;
- Houve a melhoria da condição geral de trabalho e satisfação dos operadores.

É esperado que esse trabalho tenha valia para aplicações similares no mesmo setor, ou mesmo em outros segmentos, visto que em um cenário industrial, a globalização acirrou a concorrência e não permite a sobrevivência de empresas cujo processo não seja o mais enxuto e produtivo possível. Por fim, após a conclusão desse trabalho, verifica-se que quando se fala de manufatura enxuta, trata-se muito mais do que um conjunto de técnicas e ferramentas ou mesmo uma metodologia, trata-se da imersão em uma nova cultura,

transpondo inúmeros paradigmas cujos resultados alcançados espelham o ideal dos executivos das indústrias, ou seja, a máxima lucratividade aliada ao mínimo desperdício.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Devido aos resultados alcançados frente às expectativas dos objetivos, é sugerida para trabalhos futuros, a extensão do conceito enxuto em toda a produção industrial da empresa estudada, buscando-se alcançar os mesmos resultados, que neste caso diminuiram os refugos e retrabalhos, e aumentaram a produtividade eliminando desperdícios.

REFERÊNCIAS

AGUIAR G.F.; PEINADO, J.; GRAEML, A. R. – **Simulações de arranjos físicos por produto e balanceamento de linha de produção: O estudo de um caso real no ensino para estudantes de engenharia.** XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2007.

AKAI, Y. - **Hoshin Kanri**, Productivity Press, Portland, OR.52, 1988.

ALVAREZ, R. R.; ANTUNES, J. A. V – **Takt-time: Conceitos e Contextualização Dentro do Sistema Toyota de Produção** - GESTÃO & PRODUÇÃO v.8, n.1, p.1-18, abr. 2001.

ANDRADE, M. O. - **Representação e análise de cadeia de suprimentos: uma proposta baseada no mapeamento e valor.** Dissertação – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.

ANTUNES, J. A. V. - **Elementos para a construção de um sistema de produção nacional ... do ponto de vista da engenharia industrial.** Proposta para tese de doutorado – PPGA/UFRGS. Porto Alegre, 1994.

ARAUJO, C. A. C.; RENTES, A. F.- **Implementação de sistemas de manufatura enxuta por meio de eventos Kaisen.** Banas Qualidade. Agosto, 2005.

BARNES, R. M. - **Estudo de Movimentos e de Tempos.** 6^a. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

BLACK, J. T. - **O projeto da fábrica com futuro.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

BOZZONE, V. - **Speed to market – lean manufacturing for job shops.** New York: Amacom, 2002.

BRASSARD, M. - **Qualidade: ferramentas para uma melhoria contínua.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

CAMPOS, V. F. - **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês).** 2. ed. Belo Horizonte, fundação Christiano Ottoni, 1993.

CARNEIRO, F.L. - **Proposição de melhoria para o sistema corporativo de produção da Volkswagen do Brasil e uma aplicação piloto desta proposta.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. - **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico.** 2.ed. São Paulo: Atlas, 1993.

DANI, T. S.; TUBINO, D. F. - **Avaliação Operacional no Ambiente Just-in-time**. Anais do 16 ENEGEP, Piracicaba, 1996.

DEMING, W. E. - **Out of crisis**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1986.

DENNIS, P. - **Getting the Right Things Done – a Leader’s Guide to Planning and Execution** (Cambridge, MA: Lean Enterprise Institute, 2006).

DENNIS, P. - **Produção Lean Simplificada**. Bookman, Porto Alegre, 2008.

FERREIRA, A. B. H. - **Novo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1975.

FERRO, J. R. - **A essência da ferramenta “mapeamento do fluxo de valor”**, 2003. Disponível em <<http://www.lean.org.br>> Acesso em: 4 Mar. 2004.

FERRO, J. R. - **O que é Lean Thinking**, 2004. Disponível em: <<http://www.lean.org.br>> Acesso em: 10 Mai. 2005.

GALSWORTH, G. **Visual Systems**, AMACOM, New York, 2004.

GHINATO, P. - **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**. Recife: UFPE, 2000.

GREIF, M. - **The Visual Factory**, Productivity Press, Portland, OR, 1991.

HARTMANN, E. - **Successfully Installing TPM in a Non-Japanese Plant**, TPM Press, Pittsburgh, 1992.

HINES, P.; TAYLOR, D. - **Going lean**. Lean Enterprise Centre, 2000.

HOMER, D. T. - **The Ingenuity Gap**. Vintage Canadá, Toronto, 2001.

IMAI, M. - **Kaizen – The Key to Japan’s Competitive Success**, McGraw-Hill, New York, 1986.

IMAI, M. - **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. 5 ed. São Paulo: Imam, 1994.

IMAI, M. - **Gemba-kaizen: estratégias e técnicas de kaizen no piso de fábrica**. São Paulo: IMAN, 1996.

IWAYAMA, H. - **Basic Concept of Just-in-time System**, mimeo, IBQP-PR, Curitiba, PR, 1997.

JAPANESE MANAGEMENT ASSOCIATION - **Kanban – Just-in-time at Toyota**, Productivity Press, Portland, OR, 1989.

KAMADA, S. - **Estabilidade na Produção da Toyota do Brasil**. Disponível em www.lean.org.br/download/artigo_44.pdf. Acesso em: 06/maio/2007.

LEAN SUMMIT - **Gramado. Anais...** Gramado: Lean Institute Brasil, 2002.

MACDONALD, T.; AKEN, E.; RENTES, A. F. - **Utilization of simulation model to support value stream analysis and definition of future state scenarios in a hightechnology motion control plant. Research Paper**. Department of Industrial & Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University & São Carlos Engineering School, University of São Paulo, 2002.

MAESTRELLI, A. - **A manufatura enxuta e sua aplicação aos processos de conformação de metais**. Máquinas e Metais, São Paulo, 2002.

MAGGARD, B. N.; RHINE, D. M. - **Total Productive Maintenance: A timely integration of production and maintenance**. Production and Inventory Management Journal, [S.1.], p. 6-10,4, 1992.

MARTINS, P. G. - **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 1998.

MONDEN, Y. - **Produção sem estoques: uma abordagem prática do sistema de produção Toyota**. São Paulo, IMAN, 1984.

MONDEN, Y. - **Toyota Production System**. São Paulo: IMAN, 1984.

MOREIRA, D. A. - **Administração da Produção e Operações**. 3^a. ed. São Paulo: Editora Pioneira, 1998.

MOTTA, P. C. D. - **Ambigüidades metodológicas do Just-in-time**. Encontro Anual da ANPAD, Salvador, 1993.

MOURA, R. A. - **Kanban, a simplicidade do controle de produção**. São Paulo: Imam, 1992.

NAKAJIMA, S. - **Total Productive Maintenance**, Productivity Press, Portland, OR, 1988.

NISHIDA, L. T. - **Como determinar metas para o tempo de setup**. Lean Institute. Disponível em: <http://www.lean.org.br/bases.php?&interno=artigo_18>. Acesso em: 26 abr. 2005.

NSK FACTORY MAGAZINE - **Poka-Yoke – Improving Quality by Preventing Defects**, Productive Press, Portland, OR, 1987.

OSADA, T. - **Housekeeping.5S's: seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke**. São Paulo: Imam, 1992.

OHNO, T. - **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Porto Alegre : Bookman, 1997.

OHNO, T.; MITO, S. - **Just in time for today and tomorrow, Productivity Press**. Cambridge, Masschussets and Norwalk, Connecticut, 1988.

OHNO, T. - **Toyota Production System – Beyond Large Scale Production**, Productivity Press, Portland, OR, 1988.

PRODUCTIVITY PRESS. - **Kanban and just-in-time at Toyota; management begins at the workplace**. Cambridge, MA, 1986.

PORTER, M. E. - **Competição – estratégias competitivas essenciais**. Tradução de Afonso Celso da Cunha Serra, Rio de Janeiro: Campus, 1999.

RENTES, A. F. - **Recomendações para o estado futuro**. Taubaté, notas de aula, 2003.

RIBEIRO, P. D. - **Kanban, resultados de uma implementação bem sucedida**. 2. ed. Rio de Janeiro: COP, 1986.

ROTHER, M.; SHOOK, J. - **Learning to see – Value Stream mapping to Add Value and Eliminate Muda**. The Lean Enterprise Institute, MA, USA, 1998.

ROTHER, M. ; SHOOK, J. - **Learning to See**, The Lean Enterprise Institute, Brookline, MA, 1999.

ROTHER, M.; HARRIS, R. - **Creating Continuous Flow**, The Lean Enterprise Institute, Brookline, MA, 2001.

ROCHA, D. R. - **Balanceamento de linha – Um enfoque simplificado**: Material preparado por Duílio Reis da Rocha, 2005. Disponível em <http://www.fa7.edu.br.rea7/artigos/volume2/artigos/read3.doc>. Acesso em 20/abril/2008.

SHINGEO, S. - **Zero Quality Control: Source Inspection and Poka-yoke System**, Productivity Press, Portland, OR, 1986.

SHINGO, S. - **Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para estoque zero**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARISON, A.; JOHNSTON, R. - **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SPEAR, S.; BOWEN, H.K. - **Decoding the DNA of the Toyota Production System**. Harvard Business Review , Boston, v. 77, n.5, p.97 – 106, 1999.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. - **TPM/MTP manutenção produtiva total**. São Paulo: Imam, 1993.

TAKASAN, K. - **TPM: confiabilidade e otimismo de equipamentos industriais**.

Seminário internacional de TPM. Tokyo, JIPM, 1992.

TAYLOR, F. - **Scientific Management**, McGraw Hill, New York, 1908.

TUBINO, D. F. - **Sistemas de Produção**: A produtividade no chão de fábrica. Porto Alegre: Bookman, 1999.

WOMACK J. P.; JONES D. T.; ROOS, D. - **A máquina que mudou o mundo**. 2. ed Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1992.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. - **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

WOMACK, J. P. - “**The Challenge of Value Stream Management**”, Value Stream Management Conference, Dearborn, MI, dezembro, 2000.

YOSHINARI, M. - **Japanese production system and flexibility**. [S.1. : s.n.], p320-323, 1991.