

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS-MG

ENGENHARIA MECÂNICA

THIAGO SILVEIRA DE OLIVEIRA

Biblioteca Monsenhor Domingos Prado Fonseca

N. Class. M 622.9

Cutter 0430

Ano/Ed. 2010

**SISTEMA DE BIBLIOTECAS
FEPESMIG
BIBLIOTECA MONSENHOR DOMINGOS PRADO FONSECA**

**OTIMIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS UTILIZANDO A METODOLOGIA DE LEAN
MANUFACTURING**

**Varginha
2010**

THIAGO SILVEIRA DE OLIVEIRA

**OTIMIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS UTILIZANDO A METODOLOGIA DE LEAN
MANUFACTURING**

Trabalho Acadêmico apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico. Orientador: Prof. Ms. Alexandre Lopes.

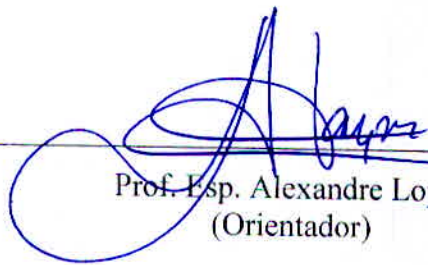
**Varginha
2010**

THIAGO SILVEIRA DE OLIVEIRA

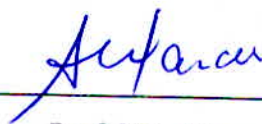
**OTIMIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS UTILIZANDO A METODOLOGIA DE LEAN
MANUFACTURING**

Trabalho Acadêmico apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, UNIS-MG, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em 13/12/2010



Prof. Esp. Alexandre Lopes
(Orientador)



Prof. Ms. Alexandre Soriano



Prof. Esp. Márcio Santana

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo total apoio e dedicação, sem duvida a meu irmão pela paciência e incentivo para vencer mais esta etapa da minha vida. Agradeço a DEUS por ter iluminado meu caminho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me ajudaram a desenvolver este trabalho, e aos professores pelo conhecimento que me foi passado.

RESUMO

A proposta deste trabalho foi racionalizar o número de máquinas com a comunização de dispositivos (calcadores). A fim de aperfeiçoar, o número de máquina e o espaço de trabalho, aumentando a carga de trabalho das máquinas específicas (gargalos) e também melhorar o balanceamento da linha e por conseqüência seu layout. Com isso, as máquinas específicas poderão ser substituídas por máquinas comuns e assim conseguiremos atender um volume maior de produção sem precisar aumentar a estrutura física da planta. Trata-se de uma pesquisa ação, onde devido ao aumento do volume de produção e a limitação do espaço da planta, foi feito uma pesquisa sobre a possibilidade de reduzir o número de máquinas na planta.

Palavras-chave: Comunização. Otimização. Racionalização de máquinas.

ABSTRACT

This job's proposal was rationalizing the number of machines with the comunization of device (pressers) with the purpose of (in order to) improving the number of machines and the work space increasing the charge of specified machines (necks) and also improving the level of the line and consequently its layout. With this, the specified machines will be able to be replaced by common machines and so we'll achuve to answer a bigger production volume wichout nuding to increase the plant's phisical structure. It's abutan action research where due to the increase of production volume and the plant's space limitation was made a research about the possible possibility of reducing the number of machines on the plant.

Key- words: Commonization. Optimization. Racionalization of machines.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. - Elementos do Sistema de Produção (GIRAULT; VALK, 2003)	18
Figura 2. – Desenho do dispositivo. Fonte: Fornecedor (EG Ferramentaria).	29
Figura 3. – Perfis dos retentores que serão passados nos dispositivos (Johnson Controls).....	30
Figura 4. – Foto do retentor com marcação para leitura do laser (Johnson Controls).....	31
Figura 5. – Foto do dispositivo a laser (Johnson Controls).....	32
Figura 6. – Foto do kanban possibilitando retirada de retentores de perfil J (Johnson Controls).....	32
Figura 7. – Foto do kanban possibilitando retirada de retentores de perfil F (Johnson Controls).....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. - Classificação dos Sistemas de Produção (SILVA, 2005)	19
Tabela 2. – Planilha de calculo de carga máquina (Johnson Controls).....	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 PLANEJAMENTO DO PROCESSO	14
2.1 Desenvolvimento de Produtos e de Processos	14
2.1.1 Modelo de Desenvolvimento de Produtos para a Indústria Automotiva.....	15
2.2 Conceitos da Produção.....	16
2.2.1 Sistemas.....	16
2.2.2 Sistemas de Produção.....	17
2.2.2.1 Classificação dos Sistemas de Produção.....	19
2.2.2.2 Planejamento Estratégico da Produção.....	21
2.2.2.3 Aplicações e Benefícios de Um Modelo de Sistemas de Produção.....	21
2.2.2.4 Aplicações dentro da Indústria Automotiva de Simulação a Eventos Discretos.....	22
2.2.2.5 Melhoria Contínua na Indústria Automotiva.....	23
3 ESTUDO DE CASO.....	25
3.1 Desenvolvendo o Projeto Lean Manufacturing.....	25
3.1.1 Etapa 1 - Definindo o Problema.....	25
3.1.1.1 Análise Crítica da Etapa 1.....	26
3.1.2 Etapa 2 – Estudo de carga máquina.....	27
3.1.3 Etapa 3 – Elaborando o dispositivo.....	29
3.1.3.1 Análise Crítica da Etapa 3.....	30
4 CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Desde os anos 90, no final do século passado, o mundo da manufatura convive com os requisitos de precisão e qualidade inerentes tanto aos processos industriais quanto aos produtos finais. A motivação está em buscar o estado da arte, alcançando a cada dia um novo padrão de evolução. A essência da melhoria contínua está nessa busca rumo à evolução constante e consciente, superando os obstáculos, solucionando problemas, aprendendo com erros e acertos, ensinando, conhecendo, compartilhando cada conhecimento, contribuindo, assim, não somente para o crescimento pessoal e individual, mas também profissional e organizacional. O que se vê atualmente é o dinamismo de mercados, clientes, técnicas, metodologias, enfim, do ambiente.

Há um ritmo acelerado de mudanças. E, para acompanhar esse ambiente em constante transformação, torna-se essencial ter pensamentos e ações voltados para a melhoria contínua, desenvolvendo uma cultura com base nela. Sua prática facilita a criação de um ambiente de aprendizagem continuada, buscando o melhor uso do conhecimento existente na organização e potencializando a capacidade de criação de novos conhecimentos. Isso posiciona a melhoria contínua como uma prática útil nessa era do conhecimento.

A idéia de melhoria contínua está relacionada à capacidade de resolução de problemas (BESSANT et al., 2001) por meio de pequenos passos, alta frequência e ciclos curtos de mudança (BESSANT et al., 1994). Esses ciclos de mudança são causados pela alternância de momentos de ruptura e de controle do desempenho dos processos. Ruptura (do inglês, breakthrough) significa mudar os padrões de desempenho para níveis melhores, e controle podem ser conceituados como a aderência ao padrão, levando à manutenção do status quo. Com significados opostos, essas duas atividades, complementares entre si e partes do mesmo ciclo, são vitais para a sobrevivência da maioria das organizações na medida em que elas possibilitam a esta organização programar mudanças e perpetuá-las ao longo do tempo (JURAN, 1995).

As atividades de ruptura e controle formam a base do processo de melhoria contínua, que pode ser caracterizado por esforços sistemáticos e iterativos que causam impactos positivos e acumulativos no desempenho da organização. A melhoria é sistemática porque utiliza uma abordagem científica, ou seja, o processo de resolução de problemas é estruturado em etapas como a identificação das causas, escolha, planejamento e padronização da solução.

A melhoria é iterativa porque o ciclo de resolução de problemas é realizado indefinidamente para buscar uma solução ou melhorar algo já atingido.

Lean Manufacturing é, acima de tudo, uma iniciativa estratégica de alto nível. É um processo científico que procura focar no desenvolvimento e entrega de produtos e serviços próximos da perfeição. Do ponto de vista dos processos, trata-se de uma abordagem sistemática para reduzir falhas que afetam pontos críticos para o cliente, aumentando a sua satisfação e reduzindo custos.

Porém, as falhas tratadas nos projetos Lean Manufacturing voltados à manufatura e as soluções advindas da aplicação dessa metodologia, resolvem o problema apenas em nível de chão de fábrica, enquanto que diversos problemas surgem numa fase anterior que é a elaboração do projeto do processo, suas especificações e requisitos. Atualmente, é razoável admitir haver carência nas empresas quanto à coordenação das atividades de melhoria dentro de uma visão sistêmica dos processos existentes. As atividades normalmente focam a solução necessária para se adequar a um ou outro indicador de desempenho, e não estendem a análise para implicações em outros processos. A falta de análise das falhas que deveriam ser vistas durante o projeto colaboram com a afirmação anterior, sendo pouca a integração e compartilhamento de informações entre equipes de produção e projeto, não gerando um conhecimento integrado entre áreas e conseqüentemente não havendo uma análise crítica das documentações de projeto existentes. Isto pode levar a três problemas principais:

- a) Perda de tempo no desenvolvimento de um projeto, quando o problema estiver na adesão aos padrões, ou seja, o processo não estar implementado conforme projetado, o que é um problema de disciplina e cultura, onde não cabe a demanda de um time aplicando o método Lean Manufacturing;
- b) Possibilidade de se tentar implementar ações as quais já foram testadas anteriormente e não deram certo, porém o time não sabe. Isso pode ocorrer ou pela verificação da documentação não ser uma das etapas realizadas pelo time, ou pelo fato da inexistência de uma documentação "viva" onde todas as melhorias implementadas no chão-de-fábrica devem estar devidamente registradas;
- c) Time de projetos continuarem cometendo os mesmos erros e propondo processos que outrora já precisaram ser modificados na manufatura devido a sua ineficácia e levando o time de processo a manter engenheiros trabalhando em melhorias que deveriam ser vistas antes da implementação no chão-de-fábrica.

É importante atentarmos para o fato de que a globalização da economia ocorrida nos

último tempo levou a profundas mudanças no processo produtivo, fazendo surgir novas formas de fabricação e comunicação. Os sistemas de produção modernos requerem grandes investimentos e são muito complexos. Eles são usualmente compostos de produtos, máquinas, sistemas de transporte etc. O adequado projeto de tais sistemas tem um grande impacto no desempenho, e em última análise no seu sucesso econômico. Devido a sua complexidade, é freqüentemente difícil prever o comportamento de tais sistemas com relativa precisão sem o auxílio de técnicas de modelagem e avaliação qualitativa e quantitativa.

O autor da dissertação atua há três anos na área de engenharia de processos tendo recebido treinamento de Lean Manufacturing e conhecendo os problemas de integração entre os times de projeto e produção. Com base nisso, vemos com entusiasmo a possibilidade da aplicação prática dessa dissertação.

A importância do tema deste trabalho pode ser justificada pelos seguintes aspectos:

- a) Inicialmente por estar relacionado à melhoria do processo decisório e dos requisitos de projetos através da utilização do método Lean Manufacturing.
- b) Por fortalecer a metodologia Lean Manufacturing promovendo uma análise não só em nível de implementação no chão de fábrica, mas também em nível de projeto.

Este trabalho tem como objetivo principal propor um ciclo de melhoria contínua mais robusto e que preserve a otimização e racionalização do número de máquinas em um chão-de-fábrica de uma empresa de revestimentos automotivos.

Os objetivos secundários da proposta são:

- a) Propor uma comunicação de dispositivos específicos como um meio de estabelecer o processo como especificado inicialmente e melhorar o seu entendimento pela equipe de engenharia de processos;
- b) Propor a análise do design dos processos pelo time engenharia de processos, comparando o processo com a especificação original, antes mesmo da elaboração do mapeamento do processo em alto nível, e discutir as vantagens dessa sistemática;
- c) Propor um método onde os times de projeto e produção estejam totalmente integrados pela otimização, estando o projeto do processo disponível ao time de produção e que as melhorias efetuadas no chão-de-fábrica sejam corretamente aplicadas – como uma nova versão deste projeto – garantindo assim que sempre sejam questionados os requisitos de projeto e o processo decisório, bem como adequando os mesmos de forma a evitar futura repetição da falha;

d) Tomar como estudo de caso a aplicação da presente proposta na produção de uma indústria de revestimentos automotivos, podendo assim validar sua eficácia com a redução do número de máquinas do processo de produção.

Conforme citado por Silva e Menezes (2000) as pesquisas podem ser classificadas de diversas maneiras:

- a) Pela natureza, em básica ou aplicada. Sendo o trabalho em questão uma pesquisa aplicada, pois os conhecimentos gerados são de possível aplicação em problemas práticos. O tema também foi inspirado em dificuldades encontradas no ambiente industrial, embora tenha sido tratado à luz dos métodos de modelagem e design de sistemas;
- b) De acordo com a forma de abordagem, em quantitativa ou qualitativa. A abordagem qualitativa é a mais adequada para o trabalho em questão, pois as avaliações e discussões são subjetivas e baseadas na interpretação de fenômenos;
- c) Pelo seu objetivo, em exploratória, descritiva ou explicativa. O objetivo da dissertação é exploratório, pois visa analisar as atuais aplicações do Lean Manufacturing em relação aos projetos de produção, conhecendo suas particularidades, seus conceitos e assim propor hipóteses para que estes sejam otimizados;
- d) Em relação aos procedimentos técnicos, a pesquisa pode ser bibliográfica, documental, experimental, levantamento, estudo de caso, *expost-facto*, pesquisa-ação e pesquisa participante. Devido ao seu caráter exploratório e prático, a dissertação será baseada em estudo de caso.

No capítulo 1 é apresentada a introdução com considerações acerca da relevância do tema e objetivos desse trabalho.

O capítulo 2 é formado pela fundamentação teórica, com conceitos de Desenvolvimento de Produtos e de Processos, Conceitos de Produção, Lean Manufacturing e modelagem de Sistema de Produção.

O capítulo 3 apresenta o estudo de caso na área de revestimentos automotivos de uma indústria automotiva.

O capítulo 4 apresenta as conclusões e a proposta de trabalhos futuros.

2 PLANEJAMENTO DO PROCESSO

Planejar é um processo no qual se identifica aonde se quer chegar (uma situação ou um estado), para definir como chegar lá, da forma mais eficiente possível.

2.1 Desenvolvimentos de Produtos e de Processos

A nova competição industrial que apresenta dois dos seus focos no processo de desenvolvimento de produtos e no desenvolvimento da manufatura considera três forças que surgiram nas empresas nas últimas duas décadas. Uma competição internacional intensa proveniente da globalização, consumidores mais sofisticados provenientes da fragmentação de mercados e mudanças constantes na tecnologia combinaram-se levando o processo de desenvolvimento de produtos ao centro do jogo de competição entre as empresas. (CLARK e FUJIMOTO, 1991 p.73).

Em um ambiente competitivo que é global, intenso e dinâmico, o desenvolvimento de novos produtos e processos tornou-se um ponto de foco da competição. Empresas que conquistam mercados mais rápida e eficientemente com produtos que encontram e excedem às expectativas dos clientes criam uma significativa alavancagem competitiva.

O processo de desenvolvimento de produtos encontra-se na interface entre a empresa e o mercado cabendo a ele: desenvolver um produto que atenda às expectativas de mercado, em termos de qualidade total do produto; e desenvolver o produto no tempo adequado, ou seja, mais rápido que os concorrentes, e a um custo de projeto compatível. Além disso, deve também assegurar a manufaturabilidade do produto, ou seja, a facilidade de produzi-lo, atendendo aos requisitos de custo e qualidade (FLORENZANO, 1999 p.48).

O desempenho de uma empresa no desenvolvimento de produtos pode ser avaliado por três parâmetros básicos: qualidade, tempo e produtividade, que devem ser otimizados para capacitar uma empresa a atrair e satisfazer seus clientes, aumentando a competitividade de seus produtos (CLARK e FUJIMOTO, 1991 p.58).

O desenvolvimento de produto (DP) pode ser definido como um processo pelo qual uma organização transforma as informações de oportunidade de mercado e de possibilidades técnica sem informações para a fabricação (CLARK e FUJIMOTO, 1991 p.96).

Essa definição tem como objetivo romper as barreiras para que o desenvolvimento do produto esteja apenas relacionado aos departamentos de manufatura e P&D (pesquisa e desenvolvimento). Este desenvolvimento é muito mais amplo, englobando todo o ambiente interno (marketing, logística etc.) e externo (mercado) à empresa, devendo agregar às equipes de processo de desenvolvimento de produtos outros departamentos (marketing e financeiro), por meio de informações que se originam em pesquisas de mercado.

Outros autores defendem que o desenvolvimento do produto seria a transformação de uma oportunidade de mercado, adicionado a um conjunto de possibilidades, onde o emprego de uma nova tecnologia resultaria em um produto disponível para a venda. As duas mais importantes entidades envolvidas na tomada de decisão para desenvolver um produto são a empresa e o mercado, sendo o último sempre dinâmico. Existem, ainda, outros fatores que são considerados secundários como leis políticas econômicas e o estado da tecnologia.

2.1.1 Modelo de Desenvolvimento de Produtos para a Indústria Automotiva

O Processo de Desenvolvimento de Veículos (PDV) surgiu em decorrência da necessidade das indústrias automobilísticas se estruturarem melhor, disciplinando e organizando seus métodos de trabalho face ao considerável aumento da competição de mercado evidenciado, principalmente, pela forte empreitada das indústrias do bloco oriental, como as japonesas e coreanas, em aumentar a participação no mercado com produtos inovadores, com um ótimo nível de qualidade e, principalmente, com custos mais baixos (FIORAVANTI, 2005, p.20).

A colocação do parágrafo acima pode ser atribuída a um PDV que passou a figurar no cenário automobilístico como uma ferramenta estratégica de grande valor para os fabricantes de automóveis, porém, não se pode deixar de citar que o PDV, de fato, passou a existir preliminarmente quando as primeiras fábricas de automóveis de produção seriada começaram a operar. Naquela época, a preocupação em se ter um PDV estava relacionada basicamente ao fato de se documentar os métodos e as técnicas empregadas na construção dos automóveis.

O campo de atuação desta concorrência atual deixou de ser limitado à melhoria da qualidade do produto e dos processos de fabricação vigentes. Este passou a ser mais consistente, mais abrangente, ou seja, passou a exigir e ditar regras em direção às etapas mais preliminares do produto, penetrando nas até então, restritas e estanques atividades de desenvolvimento de produto. Estava sendo este o grande diferencial que as indústrias asiáticas vinham proporcionando, pois além das vantagens em custo e qualidade, passou também a ser levado em consideração a variável tempo como mais uma importante vantagem competitiva perante as demais. Fioravanti (2005) ainda cita que face a esta situação de ameaça de perda de mercado, as grandes indústrias automobilísticas americanas e européias foram obrigadas a criar processos de desenvolvimento mais flexíveis e eficazes, para garantir que seus produtos continuassem a entusiasmar o consumidor, através do lançamento de produtos mais competitivos em preço, qualidade e tempo de desenvolvimento. Para tanto, todas as áreas da empresa, principalmente a engenharia, passaram a utilizar recursos tecnológicos de ponta em diversos segmentos para assegurar que não haveria desperdícios, principalmente de tempo e dinheiro, além de uma nova postura disciplinar que assegurasse o alcance dos objetivos de projeto previamente determinados. A questão “dinheiro” citada acima se refere ao fato da empresa utilizar recursos, como por exemplo, simulações virtuais durante a fase de desenvolvimento de produto, o que é sensivelmente mais econômico do que a construção de um protótipo físico. Esta economia também pode vir por meio de processos otimizados de fabricação e também através da redução do custo de garantia do produto durante o seu ciclo de vida. (FIORAVANTI, 2005, p.25)

2.2 Conceitos da Produção

Produção é o processo de transformação pelo qual insumos (material, energia, trabalho, equipamentos, etc.) são transformados em produtos ou serviços. Naturalmente, os produtos ou serviços resultantes têm um valor econômico maior que o dos elementos utilizados como entrada. A produção segundo a sua natureza pode ser classificada em três tipos: Produção primária (ou extrativa), secundária (ou de transformação) e terciária (ou prestadora de serviço) (TUBINO, 1997).

2.2.1 Sistemas

Um sistema pode ser conceitualmente definido como um conjunto de partes inter-relacionadas que existem para atingir um determinado objetivo. As inter-relações entre as partes integrantes do sistema são os canais de comunicações ou as interdependências.

Um sistema pode ser decomposto em uma coleção de subsistemas, um conjunto de elementos organizados para a realização de um propósito específico e descrito por um conjunto de modelos, provavelmente sob diferentes pontos de vista.

Uma empresa, por exemplo, pode ser considerado um sistema composto de vários departamentos (subsistemas) e fazendo parte de um sistema maior, que é a própria sociedade.

Um sistema é geralmente composto dos seguintes componentes (TUBINO, 1997):

- a) Fronteira – representa o limite do sistema;
- b) Subsistema – agrupamento de elementos que compõem o sistema;
- c) Entrada (input) – representa os insumos ou variáveis independentes do sistema;
- d) Saídas (outputs) – representa os produtos ou variáveis dependentes do sistema;
- e) Processamento – engloba as atividades desenvolvidas pelos subsistemas que interagem entre si para converter as entradas em saídas;
- f) Realimentação – é a influência que as saídas do sistema exercem sobre as suas entradas no sentido de ajustá-las ou regulá-las ao funcionamento do sistema.

2.2.2 Sistemas de Produção

Um Sistema de Produção é um conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens (caso da indústria) ou serviços. Ele é composto por dois subsistemas principais (GIRAULT; VALK, 2003,p.48):

- a) O subsistema físico – composto dos recursos físicos tais como correias transportadoras, robôs, buffers, estações de trabalho etc.
- b) O subsistema de controle – Determina como utilizar o subsistema físico para organizar e otimizar o processo produtivo.

Em um sistema de produção, alguns elementos fundamentais podem ser identificados.

São eles os insumos, o processo de criação ou conversão, os produtos ou serviços, e o subsistema de controle, seguindo o fluxo mostrado na Figura 1.

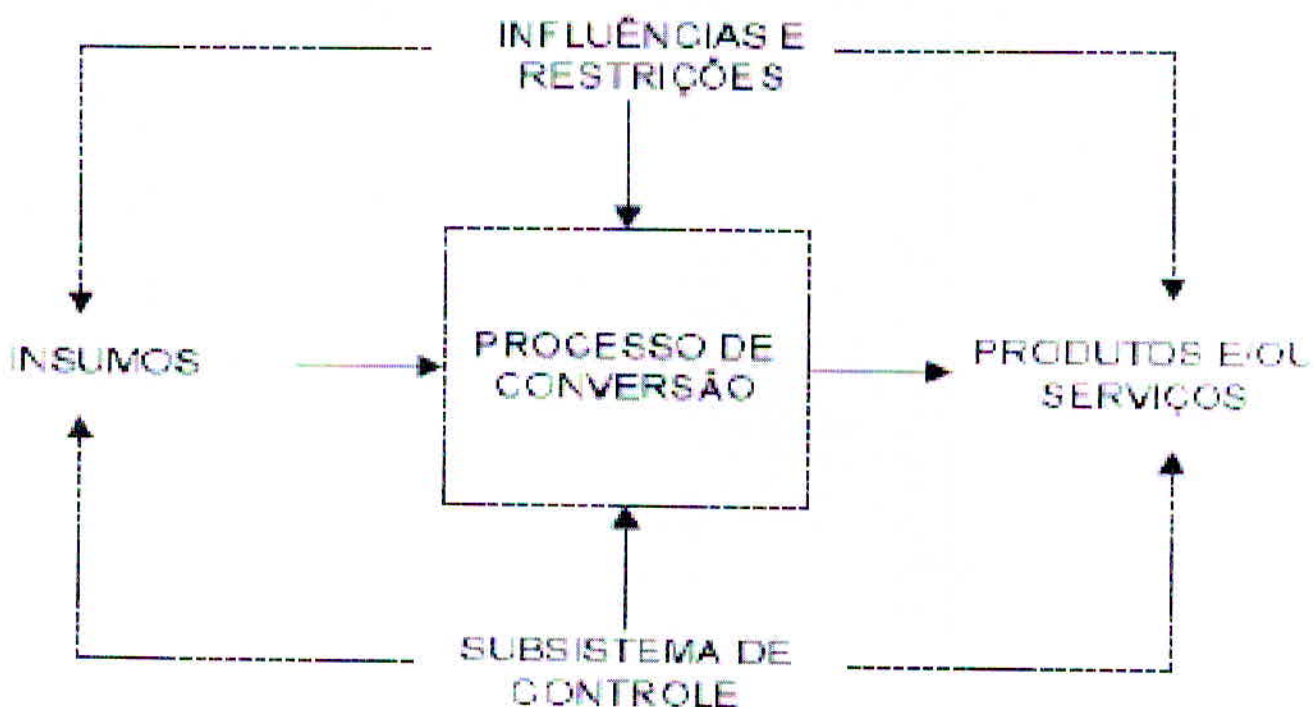


Figura 1. - Elementos do Sistema de Produção.

Fonte: (GIRAULT; VALK, 2003, p.49).

Os insumos são os elementos que entram no processo de produção de mercadorias ou serviços, tais como matéria-prima, mão-de-obra, capital, máquinas, equipamentos, instalações, conhecimento técnico etc.

O processo de conversão, no caso da manufatura, modifica a forma da matéria-prima ou muda a composição dos recursos. Em serviços não há propriamente transformação: o serviço é criado. O processo de transformação geralmente envolve uma seqüência de passos chamados operações de produção. Cada operação de produção é um processo de transformação das entradas em saídas, com uma adição de valor ao produto final. Intercaladas a estas operações que adicionam valor ao produto final existe operações tais como transporte, armazenagem e inspeção que não adicionam valor ao produto e devem, portanto, ser minimizadas ou mesmo eliminadas.

O sistema de controle monitora os demais elementos do sistema de produção. Trata-se de um conjunto de atividades que visam assegurar que o que foi programado seja cumprido, que padrões sejam obedecidos, que a qualidade desejada seja obtida e que os recursos sejam utilizados de forma eficaz.

Finalmente, é importante citar as influências tanto internas quanto externas as quais o sistema de produção está sujeito, e que afetam o seu desempenho. No caso do ambiente

interno, o sistema de produção está sujeito a outras áreas funcionais da empresa tais como marketing, finanças e recursos humanos. Como influências externas podem ser citadas as condições econômicas do país, as políticas e regulamentações governamentais, a competição e a tecnologia.

2.2.2.1 Classificação dos Sistemas de Produção

Existem várias classificações para os sistemas de produção. Na Tabela 2. são apresentadas três das classificações mais conhecidas: pelo grau de padronização dos produtos, pelo tipo de operação a que são submetidos os produtos e pela natureza do produto (TUBINO, 1997).

Tabela 1. - Classificação dos Sistemas de Produção.

Critério	Classificação	Características
Pelo grau de padronização dos produtos	Sistemas que produzem produtos padronizados	Alto grau de uniformidade
		Produção em grande escala
	Sistemas que produzem produtos sob medida	Produtos facilmente encontrados no mercado
		Cliente define o produto
Pelo tipo das operações	Processos contínuos	Lotes normalmente unitários
	Processos discretos	Produtos não podem ser individualmente identificados
Pela natureza do produto	Manufatura de bens	Os produtos podem ser identificados individualmente
	Prestador de serviços	Produtos que são tangíveis (e.x. rádio, carro)
		Produtos que são intangíveis (e.x. consulta médica)

Fonte: (SILVA, 2005).

Produtos padronizados são bens ou serviços com alto grau de uniformidade e produção em grande escala, com o objetivo de tornarem-se amplamente disponíveis para os clientes. Dentro deste grupo estão incluídas as fabricações de bens como automóveis,

eletrodomésticos, roupas etc. ou prestação de serviços, como planos de saúde, serviços bancários, entre outras.

Produtos sob medidas visam atender um cliente em particular. Por depender dos clientes para a definição dos produtos, estes normalmente não são produzidos para estoque e os lotes são normalmente unitários. Em decorrência da baixa quantidade produzida, a automação dos processos é menos aplicável, por não justificar os investimentos. Sistemas que se enquadram nesta categoria normalmente possuem grande capacidade ociosa e dificuldade de padronizar os métodos de trabalho e recursos produtivos, gerando produtos mais caros que os padronizados. Como exemplo de produção sob medida pode-se citar a construção civil, estaleiros etc. e a prestação de serviços tais como táxis, restaurantes, clínica médicas entre outros. Os processos contínuos são empregados quando existe alta uniformidade na produção de bens e prestação de serviços e os produtos e processos produtivos são totalmente independentes, favorecendo a automação. Não há flexibilidade no sistema.

Segundo Silva (2005,p.56), os processos discretos de produção podem ser divididos em:

- a) Processos Repetitivos em Massa – produção em grande escala de produtos altamente padronizados;
- b) Processos Repetitivos em Lote – volume médio de produção, onde cada lote segue uma série de operações que necessitam ser programada à medida que as operações anteriores forem realizadas;
- c) Processos por Projeto – têm como objetivo atender uma necessidade específica do cliente, com todas as suas atividades voltadas para esta meta. O produto tem uma data específica para ser concluído e uma vez concluído o sistema produtivo se volta para um novo projeto.

Exemplos de processos por projeto estão na fabricação de bens como navios, aviões, hidroelétricas etc, e na prestação de serviços como escritórios de advocacia, agências de propagandas etc.

Um sistema de produção pode ainda ser classificado em relação à natureza do produto.

Quando o produto fabricado é algo tangível, tem-se uma manufatura de bens; quando o produto é intangível, tem-se uma prestação de serviços. Embora ambos os conceitos sejam similares no sentido de transformar insumos em produtos com valor agregado, uma diferença básica reside no fato da manufatura de bens serem orientada ao produto enquanto a prestação de serviços é orientada à ação.

2.2.2.2 Planejamento Estratégico da Produção

O principal objetivo da estratégia de produção é fazer com que uma empresa consiga atingir uma vantagem competitiva de longo prazo. Esta vantagem competitiva é conseguida através do adequado gerenciamento dos recursos de produção. Segundo Silva (2005, p.66):

Há cinco prioridades competitivas principais baseadas nas quais a produção pode contribuir para a competitividade da empresa.

- a) Fazer os produtos gastando menos que os concorrentes, obtendo vantagens em custos.
- b) Fazer produtos melhores que os concorrentes, obtendo vantagem em qualidade.
- c) Fazer os produtos mais rápido que os concorrentes, obtendo vantagens em velocidade de entrega.
- d) Fazer os produtos no prazo prometido, obtendo vantagens em confiabilidade de entrega.
- e) Ser capaz de mudar muito e rápido o que se está fazendo, obtendo vantagens em flexibilidade.

A importância relativa de cada um dos objetivos citados varia conforme o mercado particular em que a empresa está competindo.

2.2.2.3 Aplicações e Benefícios de Um Modelo de Sistemas de Produção

As aplicações são as mais diversas possíveis, conforme listado a seguir:

- a) Obter uma maior compreensão do processo produtivo;
- b) Adquirir e registrar conhecimentos para uso posterior;
- c) Servir como base para análise de partes do processo produtivo;
- d) Base para simulação do funcionamento da produção;
- e) Base para tomada de decisões sobre operações e organização do processo.

É importante ressaltar que diversos elementos podem ser representados num modelo de processo produtivo:

- a) A funcionalidade e comportamento da empresa em termos de processos, operações básicas e eventos que os iniciam;
- b) Processo, fluxo e pontos das decisões que têm que ser tomadas;

c) Os componentes físicos ou recursos, como máquinas, ferramentas, dispositivos de armazenagem e movimentação etc.

São vários os benefícios dos modelos de sistemas de produção, sendo os mais relevantes:

- a) Construção de uma cultura, visão e linguagens compartilhadas;
- b) Formalização do know-how e memória dos conhecimentos de manufatura da empresa;
- c) Suportar decisões para melhoria e controle dos processos.

2.2.2.4 Aplicações dentro da Indústria Automotiva de Simulação a Eventos Discretos

A simulação da manufatura pode ser usada dentro da indústria automotiva como uma técnica de análise para prever o efeito de modificações em um sistema existente ou como uma técnica de apoio ao projeto, para avaliar o desempenho de um novo sistema sob uma ampla variedade de circunstâncias. O comportamento de um sistema, durante sua evolução ao longo do tempo, pode ser estudado por meio do desenvolvimento de um modelo, o qual toma a forma de um conjunto de considerações relacionadas à operação do sistema. Uma vez desenvolvido e validado, o modelo pode ser usado para investigar uma grande variedade de perguntas do tipo "e se" sobre o sistema real.

Áreas de notáveis aplicações da simulação no campo da manufatura automotiva incluem a simulação do arranjo físico de fábrica, do fluxo de processo, dos sistemas de manuseio de material, do planejamento de capacidade, da utilização de mão-de-obra, do investimento em novos equipamentos, e da programação de produção. Outras aplicações estão relacionadas à logística, configuração de ferramentas e treinamento.

Tradicionalmente, a simulação tem sido pouco aplicada ao planejamento, projeto e análise de longo prazo de linhas de montagem de automóveis, porém sua utilização tem sido crescente como uma proeminente ferramenta de suporte à decisão, onde empresa do setor automobilístico pode fazer uso da simulação de eventos discretos para modelar sistemas de manufatura e em questões relativas ao layout de fábrica, fluxo de processo, sistemas de manuseio de material, planejamento de capacidade, utilização de mão-de-obra, investimento em novos equipamentos, programação da produção e logística.

Durante o projeto a simulação é, muitas vezes, usada nas primeiras etapas para ajudar

a compreender a forma de funcionamento do sistema. Pode também ser usada para validar e verificar a solução final, assegurando que o projeto da linha, quando implementado, irá alcançar os objetivos identificados.

Assim, um modelo de simulação pode ser utilizado para: assegurar que um sistema de manufatura validado se mantenha consistente com os seus requisitos a o longo de prolongados períodos de tempo; dar suporte às mudanças para a realização de melhorias contínuas; auxiliar na solução do planeamento e programação do sistema; avaliar a utilização dos recursos humanos necessários; auxiliar o treinamento e educação do pessoal envolvido na operação do novo sistema.

Alguns parâmetros de projeto podem ser facilmente analisados através da simulação, tais como:

- a) O número de estações paralelas e seus tempos de ciclo;
- b) Modos de operação "off-line" e "in-line";
- c) Confiabilidade de máquinas e outros equipamentos;
- d) Velocidade dos transportadores;
- e) Tempo de reparo dos pallets rejeitados;
- f) Arranjo de estações paralelas otimizando o uso do espaço.

Uma das capacidades mais exigidas pelo mercado automotivo é a agilidade de uma organização e em responder às modificações de necessidades deste mercado. Para isso, a organização deve desenvolver estruturas de decisão que permitam o rápido planeamento e replaneamento da produção. Neste aspecto, o estudo apresentado mostra-se muito útil para ser incorporado a essas estruturas de decisão.

2.2.2.5 Melhoria contínua na indústria automotiva

Retomando, portanto, a discussão sobre a manufatura moderna, que se caracteriza pela customização maciça (Pine II, 1994) que impõe o desafio de contínua melhoria de qualidade com outro desafio de atendimento fiel aos requisitos e mesmo a requisitos emergentes e diversificados por parte do cliente final. Na indústria automotiva isto se reflete especialmente nos acessórios, adaptações de câmbio, eletrônica embarcada e, em alguns casos, em adaptações mais profundas para veículos especiais (corpo de bombeiros, ambulâncias, etc.).

Uma estratégia de produção bastante difundida se insere no escopo da prototipagem rápida, que implica em reduzir o tempo de colocação do produto no mercado, mas inserindo um processo de melhoria contínua como fator de melhoria de qualidade e como um trunfo para enfrentar a concorrência. Neste caso se busca não apenas uma melhoria direta, que vá ao encontro da expectativa do cliente final, mas também melhorias no próprio processo de fabricação, em fatores como eficiência, redução de desperdícios, utilização racional de recursos, redução de falhas, redução do tempo de recuperação de falhas, redução de riscos.

Nota-se, portanto, que se trata de um processo que integra o design do processo com sua manutenção e revisão, reduzindo o tempo do ciclo de melhoria, mas aumentando por outro lado o número de repetições deste mesmo ciclo por meio de uma comunicação robusta e sistêmica. Evidentemente, se trata de uma versão industrial aplicada das técnicas de design dirigidas para a manufatura. Portanto, o controle do ciclo de melhoria é uma questão vital para atingir um nível de eficiência aceitável, e para o sucesso comercial.

É bastante curioso que o principal instrumento deste “controle” do ciclo não apareça com força e em toda sua plenitude: a documentação do processo, incluindo aí desde o modelo original, o controle de todas as versões originadas dele, seus rationales e sua avaliação de eficiência, qualidade, uso de recursos, quantidade de falhas etc. De fato esta documentação seria o fator agregador e integrador entre as equipes de design e de produção.

3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso descreve a aplicação de um projeto Lean Manufacturing na área de processo de costura de uma empresa multinacional da área de revestimentos automotivos. O projeto foi desenvolvido na forma tradicionalmente realizada na empresa em questão e após sua finalização foi aplicada a técnica da engenharia reversa e utilizados conceitos de modelagem e simulação para análise das vantagens desta aplicação.

3.1 Desenvolvendo o Projeto Lean Manufacturing

Devido à alta demanda do volume de produção foi feita uma pesquisa ação na linha de produção da Johnson Controls. Onde percebemos a necessidade da comunização de máquinas específicas, devido as mesmas ficarem maior parte do tempo ociosas. Está pesquisa ação foi motivada devido à falta de investimento da empresa com o setor de produção.

3.1.1 Etapa 1 - Definindo o Problema

O projeto foi conduzido por um técnico de processos que atua como engenheiro do AME (Advanced and Manufacturing Engineering) o qual definiu os seguintes membros para participarem do desenvolvimento desse projeto:

- 01 Process Owner (Dono do Processo)
- 01 Supervisor do AME
- 01 Supervisor de Qualidade
- 02 Supervisores de Produção
- 02 Líderes de Linha
- 01 Supervisor de Manutenção

Importante ressaltar que o autor dessa dissertação atuou neste projeto Lean Manufacturing como Process Owner (Dono do Processo), por ser o superintendente de Produção da linha de costura, suportando o time nas informações e implementações

requeridas, porém mantendo a imparcialidade diante do desenvolvimento desse projeto Lean Manufacturing de forma a não alterar a condução do time na aplicação da metodologia tradicional utilizada na empresa.

O projeto foi aberto no final de Maio/2008 com o objetivo de reduzir o número de máquinas específicas (gargalos) no processo de produção, pois devido ao acréscimo no volume de produção, a fábrica não conseguiria atender aos pedidos do cliente.

As linhas de produção da fábrica objeto desse estudo de caso são compostas em geral por 10 máquinas de costuras comuns e duas máquinas de costuras específicas (gargalos). O sistema de produção da linha ocorre com dois tipos de fluxo sendo um em linha e outro em micro-células, e ambos os fluxos utilizam os dois tipos de máquinas citadas anteriormente. A proposta deste trabalho é comunizar esta máquina específica, para que sobre mais espaço físico no processo, com isso poderemos aumentar o número de máquinas na linha, uma vez que a carga máquina, desta máquina específica não é muito alta.

**SISTEMA DE BIBLIOTECAS
FEPESMIG**

BIBLIOTECA MONSENHOR DOMINGOS PRADO FONSECA

3.1.1.1 Análise Crítica da Etapa 1

A dissertação proposta defende a importância de não se banalizar o método Lean Manufacturing por meio de projetos abertos à revelia para cumprir, meramente, objetivos quantitativos que são colocados, anualmente, para os engenheiros. Na etapa definir do Lean Manufacturing, é notável a importância para o engenheiro, de se ter o modelo do processo suportando a visualização dos gargalos e das etapas críticas para o cliente, fornecendo-lhe uma ferramenta que valide a abertura dos seus projetos.

Outro ponto importante seria a verificação do processo de costuras das capas para possíveis comunicações já na fase de projeto da mesma, dando-se especial atenção à seqüência do processo, aos tempos de ciclos e às velocidades individuais de cada operador. O indicador pelo qual o engenheiro se baseou para definir o projeto a ser aberto é meramente um dado de saída de um processo cuja produção deveria atender facilmente o volume de produção. Essa análise é indispensável para evitar que nas etapas posteriores, o time venha a definir ações que já estão conforme as apresentadas nas linhas de produção e que simplesmente não estão sendo seguidas.

Ao se discutir sobre a comunização dos dispositivos das máquinas específicas do processo com a equipe que desenvolveu esse projeto Lean Manufacturing, foi constatado a

inexistência de um dispositivo comunizado no processo da linha, havendo apenas dispositivos específicos nas máquinas o que leva a depender da mesma no final de cada operação e também da permanência excessiva delas no layout da empresa. Além disso, não existia nenhuma comunização que embasasse o objetivo de redução de máquinas nas linhas, sendo verdadeiramente, um prognóstico com base no histórico das outras linhas que, porém, possuem sistemas e equipamentos parecidos. O fato é que trabalhar com um valor que de antemão não se sabe ser possível é complicado. Dessa forma, foi solicitado ao time retroceder nas análises e procurar informações técnicas de todos os equipamentos envolvidos na operação. O resultado será visto nas demais etapas.

3.1.2 Etapa 2 – Estudo de carga máquina

Nesta fase, o time Lean Manufacturing fez um estudo do tempo do uso das máquinas específicas na linha de produção. Foram usados como base para o estudo, uma média do volume mensal de produção, a jornada de trabalho dos operadores por turno, que no caso equivale a 460,5 minutos, lembrando que este tempo de trabalho do turno já está sendo descontado os horários de descanso e o tempo de fadiga do operador. E também foi considerado o tempo padrão de produção do produto na operação da máquina. O cálculo do tempo padrão é feito através de um software utilizado pela empresa. Depois que temos os valores do volume diário e até mesmo mensal da quantidade de capas que teremos que atender ao cliente, e também temos o tempo padrão do produto a ser produzido, partimos para o cálculo de carga máquina. Onde primeiro temos que definir a quantidade de máquinas serão precisas para atender a demanda. Depois teremos que definir o tipo de fluxo do lay-out, hoje trabalhamos com dois tipos de fluxo na fábrica, sendo um em linha e outro por microcélulas, e o que define o qual iremos adotar é o próprio volume, quando a demanda é alta devemos adotar o lay-out por microcélulas, pois este permite mais mobilidade para os operadores. O lay-out de uma célula com uma alta demanda é dividido em quatro microcélulas, sendo que cada uma corresponde a partes do banco do carro. Já a célula do lay-out em linha como são poucas máquinas, as mesmas são divididas em uma linha de preparação de peças até chegar nas últimas máquinas que são as pertinentes ao fechamento da capa.

Definido o lay-out e a quantidade de máquinas do mesmo, deveremos distribuir a carga máquina. Geralmente quando a engenharia de processos faz esta distribuição as

máquinas comuns ficam com o tempo de uso maior que as máquinas específicas. Isto acontece porque as máquinas comuns realizam mais operações que as específicas.

Como a máquina específica faz somente um tipo de operação a proposta deste estudo foi aumentar a carga máquina destas máquinas de maneira a comunizar seus dispositivos com as máquinas comuns, para que a mesma possa fazer as mesmas operações das máquinas comuns. Assim seria distribuída a carga máquina para todas as máquinas da célula, onde as mesmas poderiam atender um volume maior ou então poderíamos fazer a retirada de uma máquina da célula para cada máquina comunizada, porem a demanda tem que continuar a mesma. Segue na tabela 2 a tabela do calculo de carga máquina.

Tabela 2. – Planilha de calculo de carga máquina.

PA50072 - PARATI SURF MY2011

Part Number	Descrição da capa
20758045	ENCOSTO DIANTEIRO

Jornada	480,50
Demanda Car/sets	10
Capas Car/set	2
Capas Total	20
Pessoas	0,72
Demanda Capas Pessoas	27,84

DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES	TEMPO							
	Operações gerais	União	Galão	Rebatida	Retentor	Retentor " F "	Operação Manual	Travete
				01 Agulha	Jota	" F "		
COSTURAR ITEM 12 COM ITEM 25 (PVC)	0,436		0,436					
COSTURAR ITENS 12 E 25 NO ITEM 1	0,436	0,436						
COSTURAR ITEM 1 COM ITEM 2 MAIS ITEM 15 (BIDIM)	0,523	0,523						
COSTURAR ITEM 3 COM ITEM 4 LADO DIREITO	0,477	0,477						
COSTURAR ITEM 3 COM ITEM 4 LADO ESQUERDO	0,477	0,477						
FAZER COSTURA REBATIDA DE 1 AGULHA COM A DECORATIVA VOLTADO PARA O LADO DO ITEM 3(LADO DIREITO)	0,754			0,754				
FAZER COSTURA REBATIDA DE 1 AGULHA COM A DECORATIVA VOLTADO PARA O LADO DO ITEM 3(LADO ESQUERDO)	0,754			0,754				
COSTURAR ITEM 26 (ELÁSTICO) NO ITEM 7.	0,396	0,396						
COSTURAR ITEM 7 NO ITEM 5	0,556	0,556						
COSTURAR ITEM 6 NO ITEM 5 COM ITEM 7 (BIDIM)	0,494	0,494						
COSTURAR ITEM 9 NO CONJUNTO DO ITEM 5,6 COM ITEM 16 BIDIM	0,600	0,600						
COSTURAR ITEM 9 NO CONJUNTO DO ITEM 5,6 COM ITEM 16 BIDIM	0,600	0,600						
COSTURAR ITEM 27 NO ITEM 11	1,898	1,898						
COSTURAR ITEM 11 NO ITEM 9	0,594	0,594						
COSTURAR ITEM 10 NO ITEM 8 COM ETIQUETA	0,556	0,556						
COSTURAR CONJ. DE ITENS 3,4 NO CONJ. DE ITENS 1,2 LADO DIREITO	0,618	0,618						
COSTURAR CONJ. DE ITENS 3,4 NO CONJ. DE ITENS 1,2 LADO ESQUERDO	0,618	0,618						
COSTURAR BAINHA ENTRE OS ITENS 11,9	0,407	0,407						
COSTURAR BAINHA ENTRE OS ITENS 10,8	0,407	0,407						
COSTURAR FECHAMENTO ENTRE PAINEL DIANTEIRO COM O PAINEL TRASEIRO	1,257	1,257						
FAZER COSTURA REBATIDA NA REGIÃO DO FECHAMENTO DA CAPA COM UMA AGULHA	1,758		1,758					
COSTURAR ITEM 20 (RETENTOR J) NO PAINEL DIANTEIRO	0,491			0,491				
COSTURAR ITEM 21 (RETENTOR F) NO PAINEL TRASEIRO	0,491				0,491			
DESVIRAR CAPA E COLOCAR ITEM 23 (ELÁSTICO) NOS ITENS 24 (PASSADORES)	0,795						0,795	
FAZER RETROCCESSO NO ITEM 23 PRENDENDO COM ITEM 24 INFERIOR (MÁQUINA DE TRAVETTI)	0,358							0,358
	16,541	10,711	2,196	1,508	0,491	0,491	0,795	0,358
Carga aplicada	298,20	61,13	41,98	13,67	13,67	21,68	9,97	
Tempo disponível	480,50	480,50	480,50	480,50	480,50	480,50	480,50	480,50
Saldo	162,30	399,37	418,52	446,83	446,83	438,82	460,53	
Eficiência	35,2%	86,7%	90,9%	97,0%	97,0%	95,2%	97,8%	

OPERAÇÃO A SER ESTUDADA CARGA MAQUINA

Fonte: (Johnson Controls).

Note na tabela acima que nas colunas marcadas de verde, está às operações que serão calculadas as cargas da máquina, este calculo é feito através do tempo da operação de uma capa, informado na coluna nomeada de retentor J e retentor F. Depois este tempo é

multiplicado pela demanda de capas por pessoa, que também está informado na planilha e assim tem-se a carga aplicada da máquina.

Sabendo esse valor, saberemos se a comunização das máquinas não será impedida pelo alto volume de produção.

3.1.3 Etapa 3 – Elaborando o dispositivo

Nesta fase, o time Lean Manufacturing juntamente com um desenhista elaborará um croqui, onde seria testada a nova ferramenta. Através deste desenho de croqui, foram considerados os limitantes do processo, principalmente a largura de costura dos dois perfis a ser costurado, tanto o perfil de retentor J, quanto o perfil de retentor F. Os mesmo para serem comunizados tem que ter a mesma largura de costura, os que não tiverem tem que ser comunizados à largura de costura do perfil. No perfil comunizado ambos foram comunizados para a largura de 08 +/- 2, onde mais ou menos dois representa a tolerância usado no processo de costura, está largura de costura é uma largura média usada para a costura destes perfis.

Foram acompanhados 30 car sets para a validação desta produção, onde foi emitido um relatório de teste funcional validando a produção destes produtos, conforme aprovados por todos os responsáveis do processo. Segue na figura 2 a figura do dispositivo.

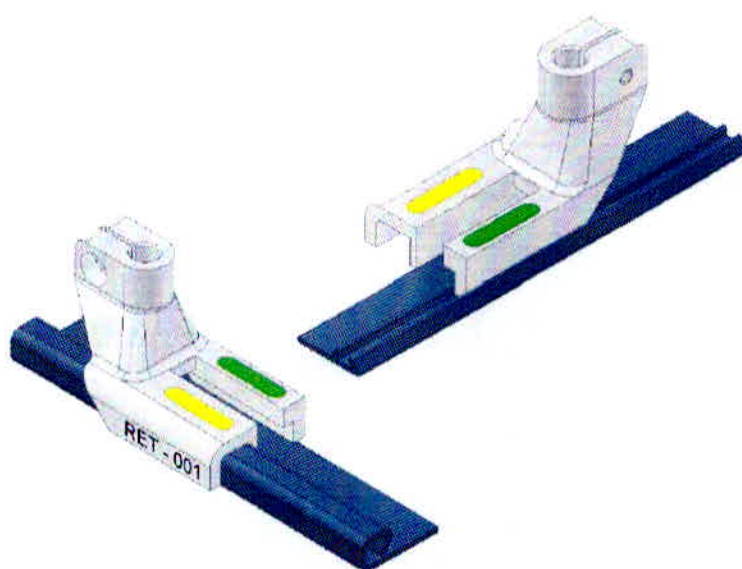


Figura 2: Desenho do dispositivo.

Fonte: Fornecedor (EG Ferramentaria).

A marcação amarela mostrada na peça acima serve para indicar onde deve passar o retentor de perfil J e a marcação de verde na peça serve para indicar onde deve ser passado o retentor de perfil F, ambos devem ser passados somente na posição mostrada acima, para que os mesmos possam garantir no final da operação de costura o encaixe na capa montada no banco do carro. A numeração mostrada no calcador é o número de série do mesmo, esse número foi criado para um melhor controle das peças que se encontram na produção e também a nível de desenvolvimento. Como podemos ver na figura 3 o desenho dos perfis o retentor de perfil F será encaixado dentro do retentor de perfil J. Se os perfis estiverem fora da especificação mostrada na figura a seguir, os mesmos não conseguirão ser encaixados e conseqüentemente a capa não poderá ser montada.

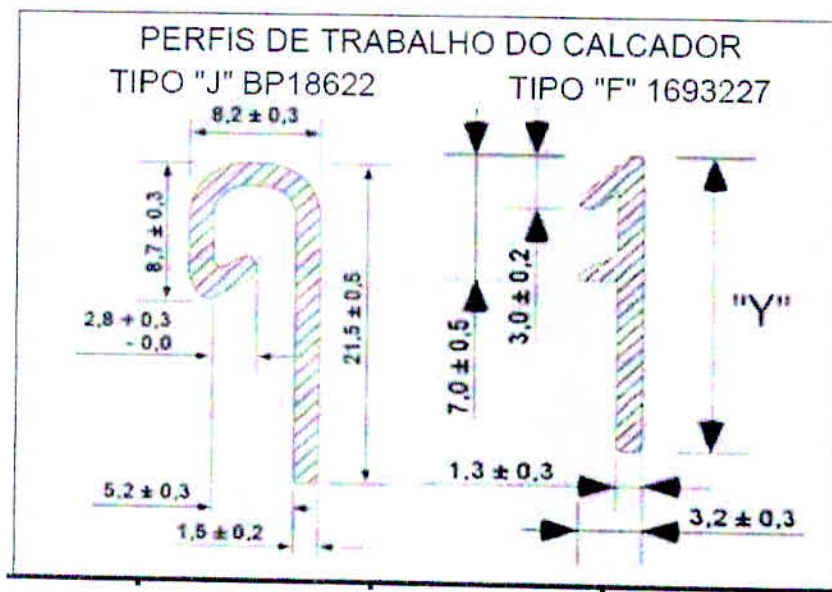


Figura 3: Perfis dos retentores que serão passados nos dispositivos.

Fonte: (Johnson Controls).

Na figura acima segue todas as especificações dos retentores de perfil F e J. Estas especificações servem para que o fornecedor dos retentores atenda a empresa (cliente) conforme o especificado pelos setores de engenharia e qualidade.

3.1.3.1 Análise Crítica da Etapa 3

Depois da definição do dispositivo, foram feitas melhorias no conjunto do mesmo. Para que se evitasse o erro da colocação de peças invertidas. Para isso foi criado alguns pokayoques. Foram feitas marcações nas peças de retentor identificando o lado correto da operação, segue na figura 4. Depois foi anexado um dispositivo a laser, onde o mesmo identificasse a colocação de peças invertidas através de sensores fotoelétricos, segue na figura 5. O sensor serve para identificar a colocação dos retentores de perfis J e F na posição invertida, de forma a ler as marcações das peças. E também foi elaborado um kanban que possibilita utilizar somente um tipo de perfil por vez. Segue nas figuras 6 e 7 as fotos, do kanban.

Com a criação destes pokayoques conseguimos eliminar os todos os problemas de qualidade que tínhamos antes.

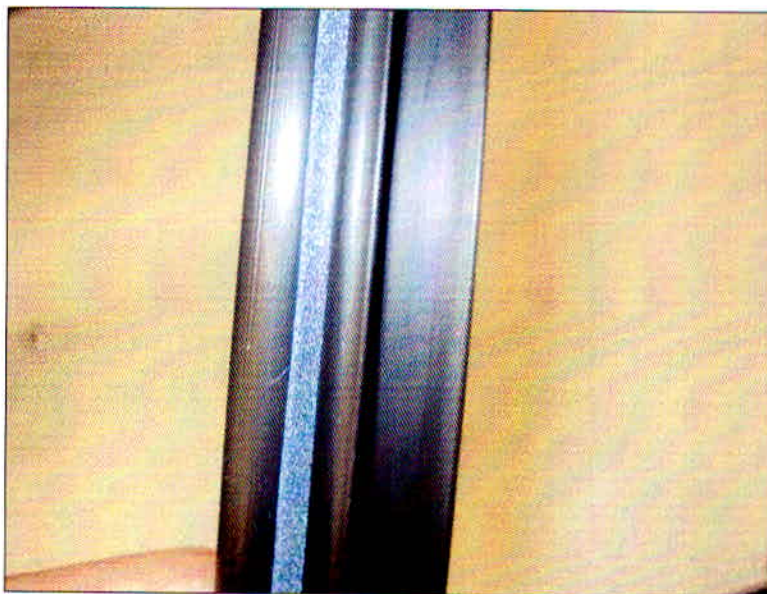


Figura 4: Foto do retentor com marcação para leitura do laser.

Fonte: (Johnson Controls).

Na figura acima podemos observar o retentor, que é uma peça plástica produzida por um processo de conformação mecânica. Assim que o retentor sai do seu processo de fabricação é feita uma marcação de extremidade a extremidade das peças para que os mesmos possam ser identificados a maneira correta de ser costurados nas capas. Esta marcação servirá para que o sensor foto capacitivo consiga distinguir os lados da peça, sendo que apenas um lado tem a marcação. O sensor só consegue ler o lado da marcação, a marcação serve para identificar o lado incorreto da operação. Uma vez que o sensor lê uma peça com a marcação,

ele manda um sinal para a máquina de costura onde a mesma bloqueia todas as suas funções, garantido que o operador não costure a peça de maneira errada.

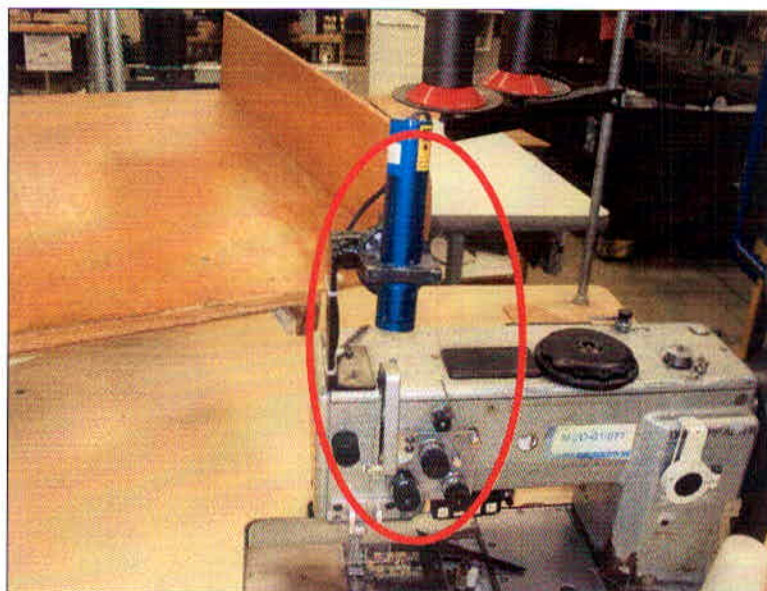


Figura 5: Foto do dispositivo a laser.

Fonte: (Johnson Controls).

Na figura acima podemos observar o dispositivo a laser instalado na máquina de costura, para detectar a colocação de retentores invertidos. O mesmo trata-se de um laser capacitivo fotoelétrico, capaz de detectar as peças invertidas através da marcação de uma faixa branca nas peças. Conforme vimos na figura 5.

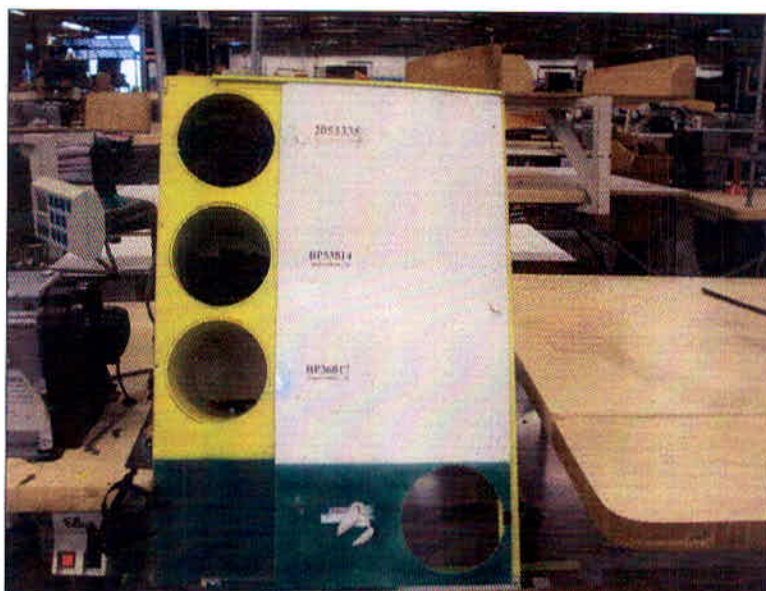


Figura 6. – Foto do kanban possibilitando retirada de retentores de perfil J.

Fonte: (Johnson Controls).

Na figura acima trata-se de um kanban de peças com uma porta pokayoque, pois na condição que ele se encontra na figura ele só permite utilizar um perfil de retentor, que no caso é o retentor J. Temos três colméias, pois são três retentores de tamanhos diferentes, mas porem com o mesmo perfil.

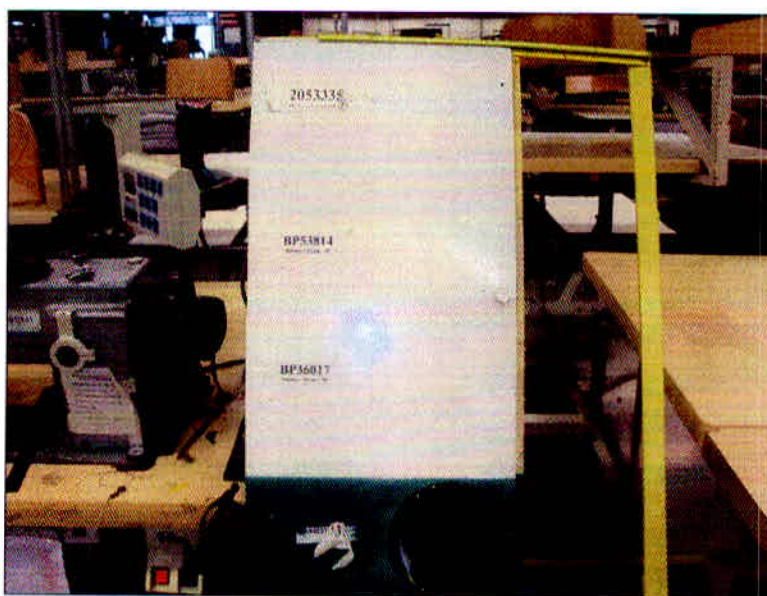


Figura 7. – Foto do kanban possibilitando retirada de retentores de perfil F.

Fonte: (Johnson Controls).

A figura a cima trata-se do mesmo kanban mostrado na figura 8. Porem com a condição diferente. Nessa condição mostrada na figura acima ela possibilita somente o uso do retentor de perfil F.

4 CONCLUSÃO

O estudo de uma metodologia para se estabelecer uma modelagem sistêmica do processo de melhoria contínua de processos industriais utilizando o Lean Manufacturing vem de encontro a uma necessidade das empresas de dominar os processos e serem competitivas. Um modelo representativo de determinado processo industrial permite que se possam desenvolver análises por meio de simulações e, desta forma, otimizar tal processo, validá-lo, bem como estabelecer técnicas de controle que atendam as necessidades redutivas, sendo uma excelente ferramenta para desenvolvimento de projetos Lean Manufacturing ou de qualquer outro método de melhoria contínua.

Focou-se no desenvolvimento e validação dessa dissertação por meio do método Lean Manufacturing – método de melhoria contínua mais em voga na atualidade. Em vista da empresa objeto do estudo de caso não possuir nenhum processo da área de revestimentos automotivos já modelados e abordando o sistema de comunicação de dispositivos como uma classe de sistema a eventos discretos que permite a utilização de técnicas de otimização, se optou por modelar o processo mais crítico observado durante o desenvolvimento do projeto Lean Manufacturing que foi o processo de comunicação de dispositivos. A estratégia de engenharia reversa – pois aplicamos o método proposto neste trabalho apenas após o projeto Lean Manufacturing ter sido finalizado – mostrou-se eficaz, sobretudo por conseguir estabelecer parâmetros claros de comparação entre o método tradicional e o método apresentado.

Ao longo do processo de estudo e modelagem constatou-se que o modelo pode tornar-se bastante complexo a depender do tamanho do processo. Visto que foi modelada apenas uma das etapas do processo de costura das capas.

Existe um resultado prático deste trabalho que aponta para o tempo que geralmente se perde no ciclo de melhoria contínua, recompondo informações perdidas sobre os processos, pela não conformidade entre o sistema de melhoria contínua e sua documentação. Ou pior, propostas de melhorias sem se quer conhecer a sistema de produção do processo, como foi constatado no estudo de caso. O estudo de caso se mostrou eficaz, principalmente, sob o ponto de vista da constatação de que a comunicação de dispositivos no processo, quando apropriada e devidamente analisada, conduz os times de chão-de-fábrica a focar nos reais problemas do processo, entendendo o projetado em relação ao real e podendo realizar ajustes que podem ser de simples disciplina e revisão dos controles não demandando projetos

complexos de melhoria contínua. Por outro lado, por mais simples que sejam as melhorias nos processos industriais, as mesmas devem ser documentadas estabelecendo-se uma forte integração entre times de projeto e produção que resultará numa documentação “viva” do processo e, sobretudo, acessível. Esse conceito garante que o ciclo de conhecimento e de melhoria contínua da empresa seja fomentado, controlado e validado diariamente.

Outra consideração importante foi à validação da proposta de integração entre as ferramentas de modelagem e simulação com o ciclo de melhoria contínua, onde se teve resultados práticos bem positivos, principalmente pelo fato de levar ao time o conhecimento profundo do processo.

REFERÊNCIAS

- ENOKI, C. **Gestão de Processos de Negócio: Uma contribuição para avaliação de soluções de Business Process Management (BPM) sob a ótica de estratégia de operações.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- FIORAVANTI, A. **Aplicação da metodologia “Design for Six Sigma” (DFSS) em projetos automotivos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- FERNANDES, J.M.R. **Proposição de abordagem integrada de métodos da qualidade baseada no FMEA.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.
- FLORENZANO, M.C. **Gestão de desenvolvimento de produtos: estudo de casos na indústria brasileira de autopeças sobre a divisão de tarefas, capacidade e integração interinidades.**
- JURAN, J.M. **A qualidade desde o projeto: os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços.** 1ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.
- KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade.** Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2000.
- MIYAGI, P. **Controle programável: fundamentos do controle de sistemas a eventos discretos.** São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1996.
- SILVA, L. Dom; PERKUSICH, A. **Modelagem Sistemática de Sistemas Flexíveis de Manufatura.** Congresso Brasileiro de Automática, Natal-RN, 2001.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação.** Florianópolis: UFSC/PPGEP/LED, 2000.
- ASQC, Milwaukee: Quality Press, 2003. 494 p.
- TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** São Paulo: Atlas, 1997.