

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS / REGIONAL
CATALÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO
ORGANIZACIONAL

JULIO CESAR DE SOUZA

**Aumento da Capacidade Produtiva
utilizando Princípios e Ferramentas
da Manufatura Enxuta:**

estudo de caso em uma linha de montagem de veículos
automotores

JULIO CESAR DE SOUZA

Aumento da Capacidade Produtiva utilizando Princípios e Ferramentas da Manufatura Enxuta:

estudo de caso em uma linha de montagem de veículos
automotores

Qualificação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Gestão Organizacional da Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão Organizacional.

Área de concentração: Gestão Organizacional.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alexandre de Castro

Catalão
2014

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Souza, Julio Cesar de
Aumento da Capacidade Produtiva utilizando Princípios e
Ferramentas da Manufatura Enxuta [manuscrito] : estudo de caso em
uma linha de montagem de veículos automotores / Julio Cesar de
Souza. - 2014.
xii, 70 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alexandre de Castro.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Regional
Catalão, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Gestão
Organizacional (profissional), Catalão, 2014.

Bibliografia.

Inclui mapas, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Capacidade Produtiva. 2. Desperdícios. 3. Sistemas de Produção.
4. Manufatura Enxuta. I. Castro, Paulo Alexandre de, orient. II. Título.

Dedico mais este degrau alcançado à minha amada esposa Sandra Ferreira de Souza que além da valorosa paciência pelos significativos momentos de ausência, foi com seu amor e carinho, uma das grandes incentivadoras e fonte de apoio em todos os momentos que precisei. E aos responsáveis pela total ausência de rotina lá em casa, os presentes mais preciosos que Deus nos confiou, meus filhos Artur e Gabriel Ferreira de Souza.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à Deus por me ouvir, ter misericórdia e me dar a mão sempre e em todo lugar.

Meu sincero obrigado:

Aos professores do programa que com muito empenho sempre buscaram compartilhar seus conhecimentos, em especial o meu Orientador Paulo Alexandre de Castro, por ter aceito o desafio de me orientar e acreditar em mim desde o início. Os conselhos, orientações e conversas me ensinaram muitas coisas que levarei para vida.

Aos profissionais que participaram do estudo de caso na organização pesquisada que com muita humildade se dispuseram a participar do trabalho e contribuíram de forma crucial para o estudo.

Aos amigos, familiares que sempre entenderam a minha ausência, todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para este trabalho e em especial aos meus pais João Pereira de Souza e Neide Munhoz de Souza que através do exemplo, com muito amor e sabedoria são os responsáveis pela minha primeira e mais importante formação.

Resumo

SOUZA, J. C. **Aumento da Capacidade Produtiva utilizando Princípios e Ferramentas da Manufatura Enxuta: estudo de caso em uma linha de montagem de veículos.** 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Administração / Mestrado Profissional em Gestão Organizacional, Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão, Catalão, 2014.

O sucesso das organizações está diretamente ligado à sua competitividade, e em geral os custos operacionais que compõem o preço final dos produtos destas empresas é um fator importantíssimo e preocupação constante para os gestores. Ao longo dos tempos a forma de produzir veículos automotores tem se aprimorado continuamente e tem impactado diretamente a competitividade das organizações. Esta dissertação refere-se à análise e aplicação de princípios e ferramentas do sistema de produção conhecida como Manufatura Enxuta para a identificação e redução de desperdícios que oneram os custos produtivos e para o aumento da capacidade produtiva em uma empresa do setor automobilístico. O principal objetivo deste trabalho foi, através da execução de uma pesquisa aplicada em um estudo de caso, desenvolver um método científico que pudesse trazer um ganho competitivo para a organização estudada. A aplicação do método proposto foi realizada em uma linha de produção que iria iniciar a produção de uma nova plataforma de produtos e havia a necessidade de se certificar a capacidade disponível de produção. Foi constatado que após aplicação do método foi identificado que a linha avaliada não dispunha da capacidade necessária para o novo modelo e após a implementação das melhorias identificadas na pesquisa foi possível reduzir significativamente os desperdícios da linha analisada e aumentar a capacidade produtiva em 121%. Pode-se então afirmar que o método desenvolvido durante a pesquisa e aplicado no estudo de caso poderá ser entendido por outras pessoas e aplicado em outras empresas do mesmo ou de outros segmentos que busquem melhorar os seus processos e aumentar a capacidade produtiva.

Palavras-chave: Capacidade Produtiva, Desperdícios, Sistemas de Produção, Manufatura Enxuta.

Abstract

SOUZA, J. C. **Increase of Production Capacity using Principles and Tools of Lean Manufacturing: a case study on an assembly line of vehicles.** 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado Profissional em Gestão Organizacional, Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão, Catalão, 2014.

The organizations success is directly associated to competitiveness and the overall operating costs that is a final price component of the products of these companies is an important factor and constant concern for managers. Throughout the ages, the production systems used in the automotive vehicles industry has continuously improved and has directly impacted the competitiveness of organizations. This dissertation refers to the analysis and application of principles and tools of production system known as Lean Manufacturing to identify and reduce the waste that affect production costs and increase production capacity in a automobile company. The main objective of this work was through the implementation of applied research in a case study develop a scientific method that could bring a competitive gain for the organization studied. The application of the proposed method was performed on a production line planned to begin the production of a new product platform and was necessary to know the available production capacity. After the method application was noted that the available capacity in the researched production line was lower than the necessary capacity to produce the new model and after the improvements implementation was possible to reduce significantly the waste in the line and increase production capacity by 121%. It's possible to mention that the method developed during the research and used in the case study can be understood by other persons and applied in other companies of the same or other industries that seek to improve their processes and increase production capacity.

Keywords: Production Capacity, Waste, Production Systems, Lean Manufacturing.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Mapeamento do Fluxo de Valor	28
Figura 2 – Tipos de Kaizen	29
Figura 3 – Levantamento Bibliográfico	39
Figura 4 – Levantamento Bibliográfico	40
Figura 5 – Levantamento Bibliográfico	41
Figura 6 – Fluxo de verificação baseado nos princípios da Manufatura Enxuta . . .	48
Figura 7 – Fluxograma do método proposto para aumento de capacidade	50
Figura 8 – Layout da linha de montagem “H”	52
Figura 9 – Layout da linha de cabine	52
Figura 10 – Layout da linha aérea	54
Figura 11 – Layout da linha Final	55
Figura 12 – Célula de pré-montagem do eixo traseiro	57
Figura 13 – Mapa do Estado Atual	64
Figura 14 – Mapa do Estado Futuro	65
Figura 15 – Linha de pré-montagem do eixo traseiro	70

Lista de tabelas

Tabela 1 – Mensuração da capacidade dos principais processos	56
Tabela 2 – Configurações e Tempos de Montagem - Eixo Traseiro	58

Sumário

1	Introdução	10
1.1	Contextualização	11
1.2	Problema de Pesquisa	12
1.3	Justificativa	13
1.4	Hipóteses	14
1.5	Objetivos	14
1.5.1	Objetivo Geral	14
1.5.2	Objetivos Específicos	14
2	Revisão Bibliográfica	16
2.1	A Evolução da Manufatura - Sistemas de Produção	16
2.1.1	Produção Artesanal	16
2.1.2	Administração Científica	17
2.1.3	Produção em Massa	18
2.1.4	Manufatura Enxuta	20
2.2	Princípios da Manufatura Enxuta	21
2.2.1	Os desperdícios e o valor para o cliente	21
2.2.2	O fluxo de valor e fluxo contínuo	24
2.2.3	Produção Puxada e o <i>Just in Time</i>	25
2.2.4	Segurança, Ordem e Limpeza	25
2.2.5	Gerenciamento Visual	26
2.2.6	Pessoas: desenvolvimento, capacitação e comprometimento	26
2.2.7	A busca pela perfeição e o foco na qualidade	26
2.3	Ferramentas da manufatura enxuta	27
2.3.1	Mapeamento do Fluxo de Valor	27
2.3.2	Manutenção Produtiva Total	27
2.3.3	<i>Kaizen</i>	28
2.3.4	Programa 5S (Cinco Sentidos)	29
2.3.5	Troca Rápida de Ferramentas	30
2.3.6	<i>Kanban</i>	30
2.3.7	<i>Heinjunka</i> – Produção Nivelada	31

2.3.8	<i>Just in Time e Takt Time</i>	31
2.3.9	Zero Defeito (<i>Poka Yoke</i>)	32
2.3.10	Trabalho em Equipe	32
2.3.11	Gestão Visual	33
2.3.12	Trabalho Padronizado	33
2.3.13	Autonomação (<i>Jidoka</i>)	34
3	Metodologia Científica Aplicada	35
3.1	Classificação da Pesquisa	35
3.2	Universo e amostra	37
3.3	Coleta de dados	37
3.4	Análise e interpretação dos dados	38
3.5	Resultados Esperados	42
3.6	Delimitações do trabalho	42
4	Elaboração do Método para Aumento de Capacidade Produtiva	44
4.1	Etapas Aplicadas para a Execução do Método Proposto	44
4.1.1	Visão Macro da área de análise a linha de montagem	44
4.1.2	Mensuração da capacidade dos principais processos	45
4.1.3	Identificação do processo “Gargalo” da linha	46
4.1.4	Formação da equipe de trabalho	46
4.1.5	Avaliação da condição original do processo gargalo	47
4.1.6	Recomendação de melhorias baseadas nos conceitos e ferramentas da manufatura enxuta	47
4.1.7	Comparação das melhorias propostas e verificação da necessidade de ajustes	49
4.1.8	Resumo da nova condição e da aplicação prática das melhorias	49
4.1.9	Apresentação dos resultados	49
4.1.10	Fluxograma do método proposto	49
5	Aplicação do Método Proposto - Estudo de Caso	51
5.1	Visão Macro da área de análise, a linha de montagem “H”	51
5.1.1	Linha de Cabine	52
5.1.2	Linha Aérea	53
5.1.3	Linha Final	54
5.2	Mensuração da capacidade dos principais processos	55
5.3	Identificação do processo “Gargalo” da linha de montagem	56

5.4	Formação da equipe de trabalho	56
5.5	Avaliação da condição original do processo gargalo baseado nos princípios da Manufatura Enxuta	57
5.5.1	Valor	58
5.5.2	Fluxo de Valor	59
5.5.2.1	Pré-montagem dos braços de apoio lado direito e esquerdo	59
5.5.2.2	Pré-montagem dos conjuntos eixo traseiro	60
5.5.3	Fluxo Contínuo	60
5.5.4	Produção Puxada	61
5.5.5	Busca pela Perfeição	62
5.5.6	Resumo da análise da condição original	62
5.6	Recomendação de melhorias baseadas nas ferramentas da manufatura enxuta	63
5.6.1	Mapeamento do Fluxo de valor	63
5.6.2	Manutenção Produtiva Total	65
5.6.3	<i>Kaizen</i>	65
5.6.4	Programa 5S	66
5.6.5	Troca Rápida de Ferramentas	66
5.6.6	Kanban	66
5.6.7	Heinjunka (produção Nivelada)	66
5.6.8	<i>Just in Time / Takt Time</i>	67
5.6.9	Zero Defeito (Poka Yoke)	67
5.6.10	Trabalho em Equipes	67
5.6.11	Gestão Visual	68
5.6.12	Trabalho Padronizado	68
5.6.13	Jidoka (Autonomação)	68
5.7	Comparação das melhorias propostas e verificação da necessidade de ajustes	68
5.8	Resumo da nova condição e da aplicação prática das melhorias	69
5.9	Apresentação dos resultados	71
5.9.1	Redução de Área	71
5.9.2	Aumento da capacidade produtiva	71
5.9.3	Variação de estoque	72
5.9.4	Redução dos desperdícios	72
5.9.5	Difusão dos conceitos e ferramentas <i>lean</i>	73

5.9.6	Avaliação final dos resultados	73
6	Conclusão	75
6.1	Avaliação do Método Proposto	76
6.2	Recomendações de trabalhos futuros	77
	Referências	78

Introdução

NESTE PRIMEIRO capítulo é apresentada a contextualização do tema do trabalho, o problema que norteou a pesquisa, as justificativas que fundamentaram a escolha do estudo, expõe os objetivos geral e específicos do estudo. A estrutura e sequência utilizada no desenvolvimento desta dissertação é composta de seis capítulos sequenciais, sendo:

Capítulo 1 – Introdução: No primeiro capítulo do trabalho é abordada a contextualização, importância e justificativas do trabalho, problemática, objetivos geral e específicos, hipóteses, além da estrutura do trabalho.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica: No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica sobre o tema utilizando referências de livros, dissertações, teses e artigos científicos.

Capítulo 3 – Metodologia Científica Aplicada: No terceiro capítulo é detalhado as classificações da pesquisa, o universo e amostra, os procedimentos de coletas de dados, a análise e interpretação dos dados, os resultados e conclusões e as delimitações do trabalho.

Capítulo 4 - Elaboração do Método para Aumento de Capacidade Produtiva: Neste capítulo é ordenado e comentado as etapas para a execução do método proposto para aumento da capacidade produtiva.

Capítulo 5 - Aplicação do Método Proposto - Estudo de Caso: No quinto capítulo é descrito um estudo de caso da aplicação do método proposto em uma empresa do segmento automobilístico.

Capítulo 6 – Conclusão: Neste capítulo é exposto as conclusões da dissertação, a avaliação do método proposto e recomendações de trabalhos futuros.

1.1 Contextualização

A competitividade é um fator determinante para o sucesso das organizações, melhorá-la ou mantê-la ao longo do tempo, é frequentemente, um desafio considerável. Diversos fatores podem influenciar o quão competitiva é uma organização, variáveis internas desfavoráveis podem ser pontos críticos diretamente ligados aos resultados alcançados, situação muitas vezes, agravada por uma concorrência acirrada e ou um mercado hostil. Se importantes aspectos internos e externos da empresa, avaliados como deficientes forem adequadamente identificados e trabalhados, podem contribuir para a manutenção e melhoria da eficiência dos seus processos, favorecendo o sucesso da empresa.

No contexto dos fatores que influenciam a competitividade corporativa, os custos inerentes às organizações podem ser considerados um ponto importante que pode impactar diretamente no desempenho das organizações. Para Black (1998), recursos importantes e complementares para as empresas, como materiais, mão de obra e equipamentos precisam ser adequadamente administrados para se garantir um custo baixo, além de buscar critérios adequados de qualidade e prazos de entrega.

Para empresas do segmento de manufatura, os custos relacionados aos processos produtivos, etapa complexa e muitas vezes cheia de oportunidades de melhoria, podem influenciar de maneira significativa o desempenho global das organizações. Mais especificamente no setor automotivo, podem-se elencar dois momentos da história em que mudanças em conceitos de processos de produção geraram grande impacto nos custos relativos à fabricação de automóveis.

Segundo Womack, Jones e Ross (1990), até o início do século 20 a montagem de veículos era realizada de forma artesanal, com trabalhadores altamente qualificados, ferramentas simples e flexíveis em um processo caro, demorado e com produtos altamente customizados. Em 1908, Henry Ford, após trabalhar por alguns anos na padronização de componentes utilizados na montagem dos seus veículos, concluiu o projeto de um veículo concebido para a manufatura, o modelo T, um dos fatores que possibilitou que em 1913 fosse possível a implementação da linha de montagem em fluxo contínuo em Highland Park, Detroit.

Com trabalhadores pouco ou nada qualificados, equipamentos dedicados, peças intercambiáveis, altos volumes de produção e pouca variedade, Ford conseguiu um excelente resultado, ao obter uma expressiva redução de tempo da montagem dos veículos, dando origem assim à produção em massa.

Após a segunda guerra mundial, a Toyota Motor Company, empresa automobilística fundada pela família Toyoda em 1937 sofria como todo o Japão os efeitos da segunda grande guerra e estava em profunda crise. O engenheiro Eiji Toyoda, sobrinho do fundador do grupo Toyota, Sakichi Toyoda, junto com Taiichi Ohno concluíram que a produção em massa não seria a forma mais adequada para reerguer a empresa acreditando que era possível modificar este sistema produtivo, e desenvolveram o sistema Toyota de Produção, atualmente conhecido como Manufatura Enxuta (WOMACK; JONES; ROSS, 2004, p. 38).

O sistema Toyota de produção foi desenvolvido com o foco na redução de desperdícios primando pela eficiência e agilidade nos processos produtivos e as ferramentas, metodologias ou capacitores utilizados neste sistema, são técnicas que foram desenvolvidas com o objetivo de auxiliar as organizações a obterem sucesso no aprimoramento de seus processos e melhorarem a sua competitividade.

Pode-se realizar uma analogia entre o sistema de produção em massa desenvolvido por Ford e o sistema de manufatura enxuta comparando o primeiro sistema ao conceito de eficácia e o segundo ao de eficiência. Segundo Chiavenato (2010), enquanto a eficácia considera basicamente variáveis relacionadas com as saídas dos processos como quantidade de veículos produzidos ou clientes atendidos e compara os resultados alcançados e previstos, a eficiência avalia variáveis relacionadas com as entradas dos sistemas, ou seja, recursos como mão de obra, materiais, energia utilizados para gerar as saídas esperadas. Com base neste entendimento a produção em massa assemelha-se ao conceito de eficácia, com foco voltado diretamente para as saídas sem se preocupar muito com os custos operacionais e a manufatura enxuta aproxima-se mais ao conceito de eficiência que além de considerar as saídas dos processos preocupa-se também com os custos relacionados.

De acordo com a revisão bibliográfica de Godinho e Fernandes (2004) sobre manufatura enxuta, algumas ferramentas normalmente citadas em artigos da área são: Kanban, Tecnologia de grupo, Trabalho em fluxo contínuo, Melhoria na relação cliente fornecedor/redução de fornecedores, *Just in Time*, Produção sincronizada, Manutenção produtiva total e Mapeamento do fluxo de valor entre outras, ferramentas essas estão detalhadas no capítulo 3. A aplicação destas ferramentas melhorou muito a competitividade da Toyota.

1.2 Problema de Pesquisa

O problema da pesquisa abordado neste estudo refere-se à necessidade de aumentar a capacidade produtiva de uma linha de montagem em atendimento à inclusão de uma

nova plataforma de veículo automotor. A análise do estado original do processo é baseada nos princípios da manufatura enxuta e as propostas de melhoria baseadas nas ferramentas da manufatura enxuta. Estes aspectos auxiliam a formulação do problema de pesquisa que será o direcional deste estudo:

Como os princípios e ferramentas da Manufatura Enxuta podem ser estruturados e aplicados com o objetivo de melhorar a capacidade produtiva de um processo?

O problema levantado para estudo surge da necessidade de identificar como, com base nos princípios e ferramentas da manufatura enxuta, e com ações voltadas para modificações nos parâmetros de processo, uma montadora de veículos pode reduzir custos de produção e melhorar a capacidade produtiva.

A pesquisa buscou obter informações através de uma fundamentação teórica sobre manufatura enxuta e das informações obtidas através de um estudo de caso em uma organização da cidade de Catalão visando contribuir para a solução do problema levantado.

1.3 Justificativa

A Toyota conseguiu desenvolver uma significativa competitividade de custos operacionais através da aplicação dos princípios e ferramentas da Manufatura Enxuta o que reforça a importância e atualidade do tema do estudo em questão (OHNO, 1997, p. 295).

A relevância do estudo para as organizações em geral é notório, visto o desempenho alcançado pela Toyota no setor automobilístico nas últimas décadas, sustentado pela utilização de ferramentas da manufatura enxuta em seus processos, gerando redução de custos advindos de modificações no processo produtivo e eliminação de desperdícios.

O estudo busca através da aplicação dos princípios e ferramentas da manufatura enxuta desenvolver melhorias em uma linha de produção que poderá ter impacto muito significativo em seu desempenho visando aumentar a capacidade produtiva propiciando também a inclusão de uma nova plataforma de veículos nesta mesma linha sem a realização de grandes investimentos.

A pesquisa está diretamente ligada à linha de inovação, desenvolvimento e tecnologia, orientada para o segmento da administração da produção e seus processos. O tema em questão tende a ter impacto direto na área de Gestão Organizacional devido à possibilidade de redução dos custos diretamente ligados à produção e a oportunidade de gerar outras inovações no processo produtivo como métodos estruturados de análise e melhoria operacional.

1.4 Hipóteses

A partir do problema de pesquisa identificado na seção 1.2, é possível elaborar as seguintes hipóteses:

Hipótese 1 Existe aplicabilidade dos princípios e ferramentas da Manufatura Enxuta em uma linha de montagem de veículos automotores.

Hipótese 2 A variação de parâmetros de processo produtivo antes e depois da aplicação de ferramentas da manufatura enxuta é significativa e mensurável.

Hipótese 3 A aplicabilidade de princípios e ferramentas da Manufatura Enxuta em uma linha de montagem de veículos automotores contribui para a melhoria do seu desempenho operacional.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo Geral

Para responder a questão levantada, este estudo tem o seguinte objetivo geral:

Elaborar um método estruturado baseado nos princípios e ferramentas da Manufatura Enxuta que possa reduzir desperdícios e melhorar a capacidade produtiva de uma linha de montagem de veículos automotores.

1.5.2 Objetivos Específicos

Para possibilitar que o objetivo geral seja alcançado, foram determinados os seguintes objetivos específicos:

- Identificar princípios e ferramentas da manufatura enxuta através de publicações que abordem o tema, verificando origens, conceitos, resultados propostos e alcançados.
- Mapear desperdícios e restrições de capacidade em uma linha montagem de veículos de uma empresa de Goiás.
- Propor um método estruturado para aumento de capacidade produtiva com base nos princípios e ferramentas da manufatura enxuta e implantação das melhorias identificadas.

- Realizar comparações entre o desempenho da linha de montagem antes e depois da utilização de ferramentas de manufatura enxuta.
- Tecer considerações sobre os resultados propostos, obtidos, e demais oportunidades de melhoria em potencial.

Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica que serve de base para o desenvolvimento de toda a dissertação. Entre os tópicos abordados, destacam-se a origem, estrutura, características definição da manufatura Enxuta, além dos princípios, ferramentas, tecnologias e metodologias da manufatura enxuta.

2.1 A Evolução da Manufatura - Sistemas de Produção

A maneira com que a civilização produz os seus bens sofreu mudanças profundas do final do século XIX até os dias atuais. Womack, Jones e Ross (2004) descrevem a evolução dos sistemas de produção, na década de 1880; a indústria automobilística era totalmente artesanal. A produção em massa teve início em 1915 influenciada por diversos aspectos ligados aos conceitos desenvolvidos na administração científica e teve o seu amadurecimento em 1920. Por fim, ocorreu a gênese da manufatura enxuta em 1950, com seu pleno desenvolvimento no Japão em 1960.

2.1.1 Produção Artesanal

Os agentes do sistema de produção artesanal, os artesãos, são definidos por Lacombe (2004, p. 26) como trabalhadores altamente qualificados que com uso de ferramentas simples e flexíveis e com pouca divisão do trabalho, produzem objetos sob medida, como o cliente deseja, um item de cada vez, geralmente de natureza artística.

Não é possível identificar com exatidão a origem da produção artesanal, porém sabe-se que a fabricação de automóveis iniciou-se neste sistema. Segundo Womack, Jones

e Ross (2004), a produção anual da Panhard e Levassor, principal montadora de veículos no princípio da década de 1880 era apenas de centenas de veículos. De forma breve, este sistema de produção tinha como características:

- Funcionários artesãos, extremamente qualificados desde o projeto, operação de máquinas, ajustes e acabamento.
- Organizações funcionalmente descentralizadas, de abrangência regional utilizando componentes fornecidos por pequenas oficinas responsáveis por grande parte do projeto dos automóveis.
- Utilização de equipamentos de uso geral para aplicação em diversos processos como perfuração, corte entre outras operações em metais e madeira.
- Volume de produção relativamente baixo, com produtos finais nunca idênticos, sempre apresentando variações entre si.

Os habilidosos trabalhadores do sistema artesanal geralmente desempenhavam as atividades como empreiteiros independentes que não utilizavam um sistema de medidas padronizado atuando basicamente no ajuste de peças umas com as outras buscando fabricar produtos altamente customizados. Em função da restrição que os equipamentos da época possuíam, não era possível cortar aço de alta dureza. Devido a estes aspectos o custo unitário dos produtos quase não dependiam do volume produzido.

O ponto mais relevante da produção artesanal de automóveis no início do século passado residia em uma característica que resumia a principal atividade deste sistema de produção, a necessidade de ajuste das peças que compunham o produto final.

2.1.2 Administração Científica

Os estudos de Frederick Wislow Taylor, engenheiro norte-americano culminaram em 1911 no surgimento do termo conhecido como administração científica. Este conceito visava a racionalização e elevação dos níveis de produção e conseqüentemente dos lucros, partindo da busca pela eficiência industrial e contribuindo para a evolução e desenvolvimento da organização científica do trabalho (TAYLOR, 2002).

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009) durante o desenvolvimento dos estudos iniciais da administração científica de Taylor, dois campos de estudo do trabalho surgiram separados porem relacionados:

Estudo do método: Na sistemática utilizada no estudo do método, inicialmente um trabalho específico é selecionado para estudo, em seguida é registrado e avaliado os pontos mais importantes do processo atual deste trabalho, um novo processo é proposto buscando melhorar a economia, praticidade e efetividade do processo atual, então este novo método é implantado e monitorado através de verificação periódica.

Estudo do tempo: No estudo do tempo cada etapa do processo é medida, e este tempo é comparado ao tempo padrão considerado para a etapa do processo considerando como tempo padrão o intervalo de tempo necessário para a execução da tarefa de sem grandes variações. Enfim é calculada a média dos tempos mensurados obtendo-se o tempo básico para cada elemento do processo estudado.

Taylor (2002, p. 67 e p. 84) destaca quatro elementos como princípios fundamentais da administração científica:

- A aplicação da abordagem científica em substituição do critério individual na investigação e planejamento dos métodos de trabalho.
- Abordagem científica na seleção e treinamento dos trabalhadores, mantendo os que são capazes e estão dispostos a executar os métodos definidos.
- Os administradores devem definir o melhor método e monitorar a realização do trabalho, enquanto o trabalhador deve realizar as tarefas de acordo com os padrões estabelecidos.
- Deve haver cooperação entre a organização e os trabalhadores, garantindo a execução dos trabalhos de acordo com os padrões, buscando o desenvolvimento financeiro para ambos.

De acordo com Taylor (2002, p. 24), “o principal objetivo dos sistemas de administração deve ser o de assegurar o máximo de prosperidade ao patrão e, o máximo de prosperidade ao empregado”. O foco de Taylor com a administração científica foi reduzir desperdícios através da padronização dos trabalhos e conseguir com isso melhorar a produtividade e prosperidade da empresa.

2.1.3 Produção em Massa

O termo produção em massa habitualmente traz a idéia da produção de um item com elevado volume de produção, porém este sistema de produção não tem somente o volume

da produção como característica. Lacombe (2004, p. 255) afirma que neste sistema:

- O Projeto para os produtos manufaturados e semimanufaturados, fabricados neste sistema é realizado por profissionais muito especializados.
- Trabalhadores são pouco ou nada qualificados.
- Equipamentos são quase sempre dedicados à uma ou poucas operações.
- A capacidade de produção é bastante elevada.
- Os preços cobrados dos clientes são geralmente baixos.
- Há pouca variedade dos produtos ofertados.
- As atividades de montagem muitas vezes são consideradas monótonas e sem sentido para os operadores.

Segundo Womack, Jones e Ross (2004), em 1908 o tempo médio consumido para a realização das tarefas necessárias para a montagem do modelo T de Ford era de 514 minutos. Com o objetivo de melhorar a eficiência deste processo, Henry Ford inicialmente levou os componentes do veículo para as estações de trabalho, e reduzindo a necessidade de deslocamento dos montadores para a obtenção das peças no momento da montagem, porém Ford continuou melhorando o processo.

Ford vislumbrou o efeito que a padronização das montagens dos componentes dos veículos poderia gerar nos custos de montagem e buscou a padronização de todo o sistema de medidas utilizado na fabricação e montagem das peças, que eram utilizadas ao longo de todo o processo de fabricação.

Além das mudanças nos processos de produção Ford se beneficiou da oportunidade proporcionada pelo desenvolvimento e avanço das máquinas capazes de trabalhar com metais pré-endurecidos possibilitando a fabricação de componentes com variações dimensionais aceitáveis, eliminando assim os ajustes das peças, restringindo os seus operadores a somente montar as peças.

Em 1913, às vésperas da implantação da linha de montagem, Ford conseguiu atingir a perfeita intercambiabilidade das peças utilizadas na montagem dos veículos, ponto este, considerado como a base para a existência da produção em massa.

Com esta melhoria foi possível reduzir o tempo necessário para a realização da operação feita por um operador de 514 para 2,3 minutos por veículos, pois com o trabalho

dividido e sem necessidade de ajuste, cada operador montava a sua respectiva peça e podia liberar o veículo para a próxima montagem, tudo isso ainda em um processo de montagem ainda estático, o que possibilitou o desenvolvimento da linha de produção.

Womack, Jones e Ross (2004) mencionam que com a utilização da linha de montagem para a fabricação dos veículos o ciclo de tarefas saiu de 2,3 para 1,19 minutos com o operador parado sem caminhar e ritmo acelerado ditado pela linha.

Com a inovação da linha de montagem foi possível conseguir a máxima divisão das operações facilitando muito o processo de treinamento dos montadores, tornando os também intercambiáveis. Alfred Sloan com suas ideias de divisões internas descentralizadas, para resolver entre outros o problema de sobreposição de produtos da GM, resolveu problemas organizacionais e o sistema administrativo não reconhecido até então por Ford.

A intercambiabilidade das peças tornou possível a superação de um dos principais problemas da produção artesanal, aspecto essencial para o desenvolvimento da produção em massa.

Como reflexo positivo da intercambiabilidade de peças foi possível a redução de custos, e o aumento da qualidade dos produtos e este panorama permaneceu inalterado por muito tempo inicialmente nos estados Unidos depois na Europa.

Porem fatores como salários crescentes e a alta do preço do petróleo na década de 70 do século XX levou a indústria automobilística a uma situação de estagnação, Entretanto os Japoneses estavam inovando em um novo sistema de produção que é atualmente conhecido como manufatura enxuta.

2.1.4 Manufatura Enxuta

A manufatura enxuta tem em sua essência a busca pela eliminação de desperdícios, aumento da eficiência da produção e aumentar a competitividade das empresa. Segundo Werkema (2011), a Manufatura Enxuta originou-se do Sistema Toyota de Produção, sistema de produção iniciado na década de 1950 pelo executivo Taiichi Ohno que busca através da eliminação do desperdício a redução de custos e o aumento da qualidade e velocidade de entrega dos produtos, em resumo produzir mais com menos recursos.

Este sistema de produção reúne as características favoráveis dos sistemas de produção artesanal e em massa, moderando o alto custo da primeira e a falta de flexibilidade da última. Os produtores enxutos aos contrario dos do sistema em massa que buscam o “bom o suficiente”, cobiçam abertamente a perfeição (WOMACK; JONES; ROSS, 2004, p. 3).

Como características do Manufatura Enxuta Womack, Jones e Ross (2004); Lacombe (2004) apontam:

- Funcionários de todos os níveis multiqualificados.
- Equipamentos flexíveis e automatizados.
- Elevados volumes.
- Grande variedade de produtos.

A tecnologia de produção da Toyota busca através de ações efetivas em seus processos atingir um nível diferenciado em seus métodos de montagem, almejando sempre como resultado um diferencial de qualidade perceptível ao cliente final, esta tecnologia de produção deriva da administração científica conforme menciona Hino (2009):

“Em função de conter a palavra produção, o termo tecnologia de produção é, em geral, tratado como um elemento do Sistema Toyota de Produção. Derivado do Taylorismo, o Sistema Toyota de Produção envolve melhorias de operações de manufatura, na esfera da engenharia industrial. A tecnologia de produção, por outro lado, é o campo da engenharia que existe independente, entre o desenvolvimento e a fabricação de produto. A tecnologia de produção pode ser dividida em dois tipos: tecnologias para layout de plantas e projetos de processo (fazer as coisa fluírem) e tecnologias para montagem e processamento (fazer coisas)” (HINO, 2009, p. 244 a 245).

A busca pelo ótimo e pelo aproveitamento máximo dos recursos humanos da organização marcam as organizações que utilizam o sistema de manufatura enxuta em frente ao artesanal e em massa. Observa-se que a ênfase do sistema esta ligado intrinsecamente a busca pela identificação e eliminação dos desperdícios, conforme menciona Shingo (1996, p. 101) “O Sistema Toyota de Produção é 80% eliminação das perdas, 15% um sistema de produção e apenas 5% Kanban.”

2.2 Princípios da Manufatura Enxuta

2.2.1 Os desperdícios e o valor para o cliente

Os custos inerentes à utilização de recursos industriais podem ser referentes à mão de obra utilizada para a execução de uma determinada tarefa, ou referente à energia consumida

por algum equipamento na produção. Quando estes custos não originam nenhum benefício, proveito, ou receita, é um gasto sem nenhum retorno, puramente um desperdício (FERREIRA, 2010, p. 696).

O valor que pode ser adicionado aos produtos durante a execução do trabalho utilizado no processamento destes bens e a percepção deste valor pelo cliente auxiliam o entendimento da definição de desperdício como exatamente a execução do trabalho desprovido deste valor (OHNO, 1997, p. 52).

Womack, Jones e Ross (2004, p. 3) confirmam este conceito ao abordar o significado da palavra japonesa “Muda” que significa “desperdício”, “especificamente qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor”.

A produção e fornecimento de algum bem ao qual o cliente final não reconhece valor, origina os desperdícios, pois foi gasto recursos na sua produção todavia sem atender os anseios dos clientes.

Entre os desperdícios classificados como tarefa realizadas durante a produção de algum bem que efetivamente não agrega valor ao cliente, há movimentações desnecessárias de componentes ou de operadores. Se estas atividades realmente não são necessárias, elas representam um custo adicional e para o bem da empresa, precisam ser evitadas e eliminadas o quanto antes.

Ohno (1997, p. 17) relacionou os desperdícios mais comuns encontrados em empresas por meio de sete tipos, Liker (2005, p. 47) e Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 456) os comenta e Liker (2005, p. 48) adicionou um oitavo desperdício, sendo estes os seguintes:

1. Superprodução: Produção de itens que não são imediatamente necessários para a próxima etapa do processo, ou seja, produção sem demanda, ou produção em quantidade superior à necessária. Este tipo de desperdício gera perda com recursos humanos, estoque e transporte.
2. Tempo disponível (espera): Período ocioso durante a jornada de trabalho seja pela espera entre um processo e outro seja observando a realização de alguma operação por algum equipamento, ou ainda em função de alguma divergência que leva a uma espera como falta de peça, quebra de equipamentos, atrasos em processos anteriores.
3. Transporte ou movimentação desnecessária: A movimentação de estoque sem necessidade, ineficiência de transporte e movimentação de materiais em processo para

dentro ou fora do estoque.

4. Superprocessamento ou processamento incorreto: A realização de operações que podem ser consideradas como desnecessárias ou processamento ineficiente em função de problemas com ferramentas ou por questão projeto inadequado.
5. Excesso de estoque: Independente do tipo do estoque, seja de matéria prima, produtos em processo ou de produtos acabados, o excesso de estoque gera grandes desperdícios como custos desnecessários de armazenamento e manuseio, aumento da possibilidade de ocorrência de danos aos produtos e obsolescência. Diversos tipos de problemas são encobertos pelo excesso de estoque, como desbalanceamento da produção, falta de cadência de fornecedores, defeitos, problemas com manutenção de equipamentos e *setup*.
6. Movimento desnecessário: Quando há este desperdício, os operadores executam diversos movimentos durante a realização de suas tarefas que são inúteis, portanto deveriam ser evitados. Por exemplo: procurar, empilhar, conferir, caminhar.
7. Retrabalho: Produção de peças ou produtos defeituosos. Este desperdício está relacionado com a qualidade dos produtos, gerado no momento do conserto de peças ou produtos defeituosos, na inspeção e através de todos os demais custos originados pelo defeito.
8. Desperdício da criatividade dos funcionários: É o desperdício do aproveitamento reduzido das plenas capacidades dos funcionários como idéias, tempo, habilidades, oportunidades de aprendizagem e desenvolvimento de competências.

Todo bem é concebido e produzido para atender alguma demanda, e o seu valor percebido pode ser estimada pela área de Marketing das empresas, que tentam entender e prever o que os clientes anseiam.

Muitas vezes há falhas no processo de especificação de valor realizado pela empresa, quando há esta divergência um diferencial que a empresa acredita que o seu produto possui pode ser somente desperdício se este valor não estiver alinhado com o que o cliente entende como valor correspondente para ele.

Segundo Womack, Jones e Ross (2004, p. 7), a especificação do valor é o primeiro passo e etapa essencial para o desenvolvimento do pensamento enxuto, e este processo

deve ser consciente e planejado, de maneira a desenvolver produtos que atendam as necessidades dos clientes com preços razoáveis.

A definição do valor é muito importante para o cliente final da empresa que recebe o produto pronto, mas também é importante para os clientes internos que são os processos seguintes, que recebem o bem em processamento para execução de tarefas antes da entrega para o cliente. Liker (2005, p. 46) argumenta que dessa forma é possível identificar, através dos olhos dos clientes, quais operações realmente agregam valor e quais não.

A cadeia produtiva de uma empresa pode ser composta de inúmeras etapas que são realizadas para a montagem de algum bem, porém quando o cliente final compra este bem, ele não está efetivamente pagando por todas estas operações, que foram executadas e sim por aquelas que realmente geram valor para ele, as demais ou não agregam entretanto são necessárias ao processo, como atividades de suporte, manutenção ou qualidade ou são de fato desperdícios e devem ser eliminadas.

2.2.2 O fluxo de valor e fluxo contínuo

Segundo Rother e Shook (2003, p. 3), considerar o fluxo de valor é mais que considerar cada processo individualmente, refere-se à visão abrangente dos processos e as suas interligações em busca da melhoria do todo.

A maneira como a matéria prima utilizada em um processo influencia o fluxo de valor pode gerar níveis variados de desperdícios. A geração de estoques intermediários entre processos podem acarretar em um maior tempo para saída do produto acabado e conseqüentemente na dificuldade de identificação de problemas e suas causas. É em função de aspectos negativos como este que empresas orientadas em conformidade com o pensamento enxuto buscam atravessar de maneira mais suave e contínua possível os produtos através dos processos.

De acordo com Womack, Jones e Ross (2004, p. 44), o fluxo de valor é o agrupamento de tarefas desde a concepção da produção, passando pela fabricação até a entrega para o cliente final. Para melhorar o fluxo de valor de um processo é necessário avaliar as atividades e ferramentas de trabalhos específicas objetivando extinguir qualquer retrabalho, movimentações desnecessárias, paradas de processo, perdas por refugos ou outros desperdícios garantindo que todas as etapas que envolvem o desenvolvimento, produção e a entrega do produto possam ocorrer de forma cadenciada e contínua.

2.2.3 Produção Puxada e o *Just in Time*

O fator que determina o ritmo ou velocidade que um produto é enviado à próxima estação de montagem ou de que um produto acabado é expedido pela empresa depende do sistema de produção adotado pela a empresa. Quando este fator não tem relação com a demanda do produto, dentro do processo ou para a expedição do produto acabado o sistema da empresa é um sistema empurrado.

Quando a demanda desloca os componentes nos processos subsequentes e os produtos concluídos para a expedição, a empresa adota o sistema puxado. Este é um ponto essencial para a aplicação do *just in time* (JIT). Shingo (1996, p. 103), conceitua este termo do Inglês como “no momento certo”, “oportuno” e foca a realização da produção no momento certo, com os componentes abastecidos na quantidade e no momento certo. Ohno (1997, p. 110), defende que através da aplicação do *just in time* é possível extinguir o desperdício envolvido no processo, melhorando a eficiência.

A produção com o sistema puxado tende a sincronizar as atividades ao longo da cadeia, produzindo de acordo com a demanda do cliente, o estoque de produtos acabados não será muito grande e se os processos anteriores produzirem quando for o momento necessário também serão evitados estoques intermediários. Assim é possível balancear a execução das atividades buscando eliminar tempos de espera. Assim a aplicação do *just in time* tanto para a produção como para o abastecimento de componentes pode ser efetivamente implementado.

2.2.4 Segurança, Ordem e Limpeza

De acordo com Godinho e Fernandes (2004), segurança, ordem e limpeza estão entre os mais importantes princípios da manufatura enxuta. Estes princípios dependem muito do envolvimento e participação de todos os funcionários para a sua aplicação integral e manutenção, e pode ter impacto direto no resultados da empresa e nas condições de trabalho das pessoas que trabalham na empresa. Uma área desorganizada pode originar o potencial de diversas formas de desperdícios, como movimentação desnecessária para procurar uma ferramenta não alocada adequadamente, ou até o risco de acidente.

2.2.5 Gerenciamento Visual

A adoção do gerenciamento visual traz diversos benefícios para as empresas. É possível melhorar de forma significativa a comunicação entre departamentos e funcionários, facilitar a tomada de decisão e acelerar as ações em momentos de anormalidade.

O gerenciamento visual tem um papel importante na disseminação de metas e objetivos das áreas e contribui na identificação e no tratamento dos desperdícios nos processos, pois direcionam as prioridades a serem consideradas na execução dos trabalhos e melhora o entendimento dos procedimentos operacionais utilizados (WERKEMA, 2011, p. 87).

O gerenciamento pode facilitar a vida de todas as pessoas que frequentam o ambiente que utiliza este conceito, pois as informações importantes e críticas para os processos são adicionadas em locais necessários na empresa de forma a reduzir bastante a necessidade de conhecimento prévio para o deslocamento de pessoas, equipamentos e materiais, execução de atividades, cuidados específicos, e em emergências.

2.2.6 Pessoas: desenvolvimento, capacitação e comprometimento

Este é um princípio que fundamenta todo o Sistema Toyota de Produção, neste sistema os funcionários são constantemente incentivados à resolverem problemas relacionados à suas atividades.

Womack, Jones e Ross (2004, p. 85) apontam como característica de fábricas genuinamente enxutas o fato de os operadores que realmente agregam valor em suas atividades receberem o máximo de tarefas e responsabilidades, buscando dotar estes trabalhadores de qualificações diversificadas, tentando criar uma tensão criativa e senso de compromisso mútuo.

Segundo Hino (2009, p. 92), esta tensão criativa dentro da Toyota tem por objetivo reduzir a quantidade de funcionários que se preocupam somente em executar suas operações manuais, tornando-se uma empresa que está continuamente empenhando esforços para melhorar, sempre através de seus funcionários.

2.2.7 A busca pela perfeição e o foco na qualidade

A essência do pensamento enxuto pode ser resumida pela busca da perfeição, o que somente é possível através da eliminação total dos desperdícios, a autêntica melhoria na

eficiência e a obtenção de um trabalho com 100% de atividades que agregam valor dentre as atividades que são executadas (OHNO, 1997).

Segundo o Institute (2011, p. 70), a perfeição operacional pode ser definida quando um determinado processo consegue oferecer um valor isento de desperdícios e exatamente de acordo conforme os anseios do cliente.

O foco na qualidade, fator intrínseco do pensamento enxuto, consiste em aproximar ao máximo as características e atributos do que é produzido aos valores que são identificados pelos clientes.

2.3 Ferramentas da manufatura enxuta

2.3.1 Mapeamento do Fluxo de Valor

Para se analisar o fluxo de valor associado à fabricação de um produto, é necessário considerar todas as operações envolvidas no processo analisado, desde o início da montagem até a sua chegada às mãos do cliente final, e uma das ferramentas mais conhecidas e utilizadas para este fim, por empresas que buscam reduzir desperdícios é o Mapeamento deste Fluxo de Valor.

O Mapeamento do Fluxo de Valor é uma ferramenta que visa auxiliar no entendimento dos fluxos de materiais e informações, representando cada processo de forma visual, demonstrando a sequência e estrutura das tarefas executadas, recursos utilizados, identificando fontes de desperdícios e o valor do processo analisado (WORMACK; JONES; ROSS, 2004, p. 4)

Os mapas de Fluxo de valor, designação comumente utilizada para se referir aos estudos utilizando esta ferramenta, podem representar diferentes momentos do processo avaliado (ver figura 1). Geralmente é desenhado um mapa do estado atual do processo representando os fluxos de informações e materiais atuais. Em seguida é verificado quais melhorias podem ser realizadas a fim de atingir um melhor nível de desempenho operacional e então desenha-se o mapa de estado futuro considerando-se as melhorias identificadas (INSTITUTE, 2011, p. 60).

2.3.2 Manutenção Produtiva Total

A Manutenção Produtiva Total pode ser definida como o conjunto de procedimentos planejados, originados na empresa Denso e tem como pilares do sistema, a eficiência, o au-

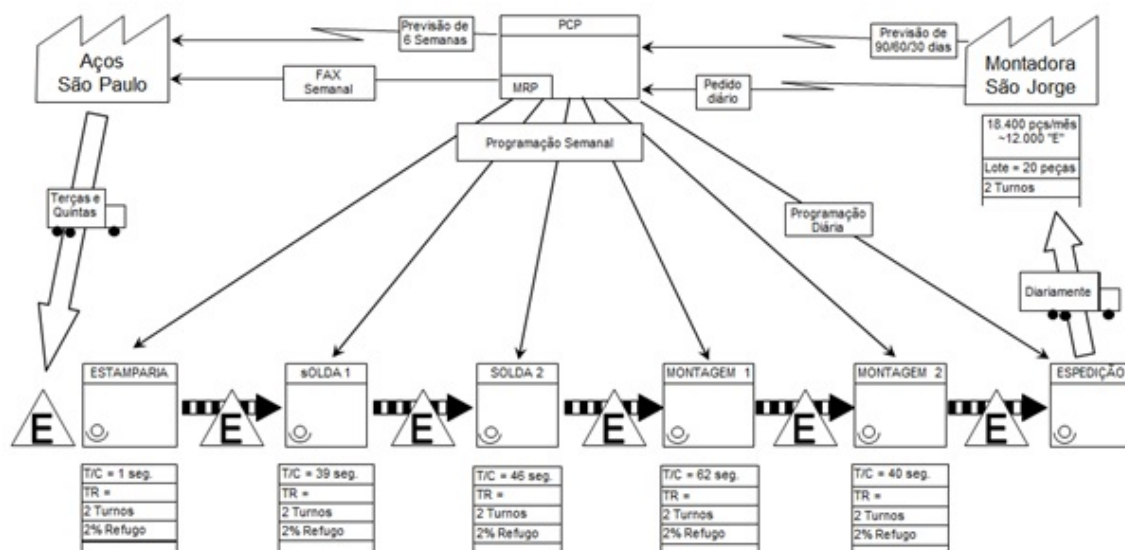


Figura 1 – Mapeamento do Fluxo de Valor

Fonte: Lean Institute Brasil - <http://www.lean.org.br/template.aspx> (2010)

torreparo, o planejamento, o treinamento, e o ciclo de vida dos equipamentos (WERKEMA, 2011, p. 81).

A Manutenção Produtiva Total é uma ferramenta que, diferentemente da manutenção tradicional que é executada somente pelos funcionários do departamento de manutenção, requer a participação e envolvimento intenso de todos os funcionários que utilizam os equipamentos empregados na produção. Esta ferramenta busca prevenir perdas de produtividade dos equipamentos e planejar a execução de atividades de manutenção baseadas na condição atual do equipamento, considerando o seu ciclo total de duração (INSTITUTE, 2011, p. 56).

Os objetivos básicos da manutenção Produtiva Total são melhorar de forma significativa a produtividade, aumentar a eficiência e o tempo de trabalho dos equipamentos sem quebra, reduzir e simplificar ao máximo as etapas necessárias para a manutenção (BLACK, 1998, p. 184).

2.3.3 Kaizen

O Kaizen, é um termo Japonês que significa “Melhoria Contínua”, e esta ferramenta, é muito utilizada em empresas que adotam a Manufatura Enxuta. A sua abordagem considera que nada é ou será absolutamente perfeito, sempre haverá oportunidade de melhorias.

Segundo Rother e Shook (2003, p. 8) o *Kaizen* denominado de fluxo visa realizar melhorias nas movimentações de materiais e informações e tem abrangência em vários

processos e em suas interdependências podendo gerar impactos significativos na empresa. Já o *Kaizen* denominado de processo tem enfoque mais direcionado para a eliminação de desperdícios característicos do fluxo de pessoas e de processos, conforme mostrado na Figura 2.

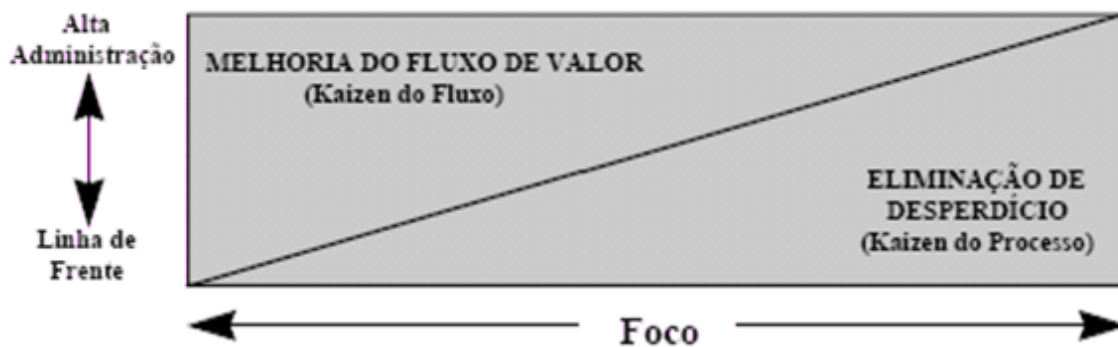


Figura 2 – Tipos de Kaizen

Fonte: ROTHER, Mike; SHOOK, John (2003, p.8)

2.3.4 Programa 5S (Cinco Sentos)

O 5S é um programa que pode ter um grande impacto na organização, e na vida em geral das pessoas pois a aplicação dos seus conceitos tem serventia não somente nas atividades profissionais, mas também na vida pessoal dos seus praticantes.

Baseado nos cinco sentidos, utilização, organização, limpeza, saúde e autodisciplina, o 5S tem por objetivo facilitar as atividades no ambiente de trabalho através da disciplina. Segundo Werkema (2011, p. 69) as cinco palavras japonesas que representam os sentidos são:

Seiri: representa o senso de utilização e baseia-se na separação daquilo que é do que não é necessário e do descarte do que não é necessário.

Seiton: representa o senso de organização e tem por objetivo organizar o que sobrou na área, após a aplicação do senso de utilização definindo um lugar para cada item.

Seiso: representa o senso de limpeza, limpar e identificar cada um dos itens.

Seiketsu: representa o senso de padronização, ou seja é o processo de garantir que o que foi feito nos três primeiros sentidos estão padronizados e serão mantidos.

Shitsuke: representa o senso de autodisciplina e refere-se ao compromisso e o orgulho de manter os padrões e o andamento dos quatro primeiros esses.

2.3.5 Troca Rápida de Ferramentas

A Troca Rápida de Ferramentas é uma ferramenta que visa reduzir ao máximo o tempo necessário para preparação ou troca de máquinas ou equipamentos, ou trocas necessárias para adequação dos mesmos para a utilização durante a produção.

Segundo Black (1998, p. 123) esta metodologia de troca rápida de ferramentas objetiva minimizar e tornar o mais simples possível o processo de *setup*, reduzindo a sucata, o reprocessamento e a inspeção das peças produzidas.

Uma grande contribuição para a redução de setup foi dada por Shigeo Shingo, entre 1950 e 1960 ele separou esta etapa do processo produtivo e separou este processo em operações que podem ser realizadas somente durante a interrupção do funcionamento dos equipamentos e denominou estas operações de operações internas e de externas aquelas que podem ser realizadas enquanto o equipamento ainda está em funcionamento. Shigeo direcionou o foco em transformar as operações internas em externas (INSTITUTE, 2011, p. 104) e (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009, p. 463).

2.3.6 *Kanban*

A essência do sistema *Kanban* está relacionada ao conceito de sinalização de necessidade de produção ou movimentação de itens em uma produção com um sistema puxado.

Quando a sinalização informa a necessidade de retirada de itens de um estágio anterior para o próximo, denominamos esta sinalização de *Kanban* de movimentação de materiais. O *Kanban* pode ser denominado de produção quando a sinalização tem objetivo de alertar a necessidade de produção de algum item. Quando a sinalização é direcionada à um fornecedor externo este tipo é denominado *Kanban* de fornecedor (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009, p. 466).

Em geral o *Kanban* é operacionalizado através de cartões utilizados com o objetivo de sinalizar as necessidades. São apontadas como regras para o bom funcionamento do *Kanban*:

1. As quantidades e sequencias de abastecimento e produção dos itens são determinadas pelos processos clientes.
2. As quantidades e sequencias definidas pelos clientes devem ser representadas nos *Kanban*.
3. Somente o *Kanban* movimenta ou produz algum item.

4. A identificação dos Kanban devem ser feitos em todas as peças e materiais.
5. Divergência de quantidade ou qualidade proíbem a movimentação para o cliente.
6. As quantidade utilizadas no Kanban devem ser criteriosamente reduzidos para identificação de ineficiências.

2.3.7 *Heinjunka* – Produção Nivelada

Heijunka refere-se ao conceito de redução de instabilidade que pode ser gerada pelas variações de quantidade ou tipo de produtos fabricados pela empresa que são demandados pelos clientes, esta ferramenta busca reduzir desperdícios que podem ser gerados ao longo de todo fluxo de valor.

Segundo Liker (2005, p. 125) o nivelamento do volume de produção e a combinação dos tipos de produtos não segue diretamente a variação da demanda dos clientes e sim considera a média dos pedidos em um determinado período para estimar o volume e a combinação dos modelos diários de produção.

Quando não há um nivelamento e uma combinação adequada dos modelos dos produtos em uma linha de produção os recursos necessários para a fabricação como inventário, operários e equipamentos e outros devem estar preparados para o pico, acarretando em alguns momentos desperdícios em função das flutuações no fluxo do produto (OHNO, 1997, p. 111).

2.3.8 *Just in Time* e *Takt Time*

Em uma tradução livre o *just in time* significa “no tempo certo” e este conceito refere-se à proposta de iniciar uma ação para o atendimento de uma determinada demanda, como por exemplo, produzir somente no momento que esta ação é realmente necessária.

De acordo com Shingo (1996, p. 131), o *just in time* é uma estratégia que visa produzir peças ou produtos precisamente na quantidade demandada com o objetivo de se trabalhar com o estoque zero.

O *Just in Time* é um ponto fundamental do Sistema Toyota de Produção e busca a eliminação contínua dos desperdícios e considera um processo em fluxo, aonde os itens demandados pela linha de montagem chegam no momento adequado e quantidade correta para o seu uso e pode auxiliar a empresa a conseguir o estoque zero (OHNO, 1997, p. 3).

Um parâmetro importante para a utilização do *just in time* é o sincronismo da produção de acordo com a necessidade. A referência para este sincronismo é o *takt time* que deve ser utilizado na linha de produção. O *takt time* é o ritmo no qual os produtos são produzidos para atender os clientes, e deve ser baseado na demanda de venda dos produtos. O *takt time* é obtido pela divisão do tempo disponível para a realização da produção pelo volume demandado pelo cliente, ou seja, é o número de referencia para os processos, que sincroniza o ritmo de produção ao ritmo de vendas (ROTHER; SHOOK, 2003, p. 44).

2.3.9 Zero Defeito (*Poka Yoke*)

O foco do Zero defeito é a adoção de métodos destinados á prevenção de falhas e que considera que erros humanos são passíveis de ocorrer e busca evitar que estes erros não se tornem defeitos. São dispositivos ou sistemas simples, como sensores, gabaritos, listas de verificação, feixes de luz ou outros que são adicionados aos processos com o objetivo de impedir que erros operacionais gerem defeitos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009, p. 609).

Shingo (1996, p. 57) classifica as funções dos dispositivos Poka-Yoke através de dois objetivos distintos, sendo o primeiro como um sistema de controle que paralisa o processo até que o defeito seja corrigido e o segundo como um sistema de advertência que tem por função sinalizar a ocorrência do defeito, porém sem a necessidade da interrupção do processo.

2.3.10 Trabalho em Equipe

A aplicação dos times de trabalho é uma importante ferramenta na busca das melhorias operacionais de qualidade ou de processo. O conceito de trabalho em equipe está relacionado a um conjunto de objetivos e responsabilidades, e primordialmente com o anseio de se atingir as virtudes do trabalho conjunto como a plena utilização das habilidades internas da equipe (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009, p. 266).

Liker (2005, p. 194) menciona como é estruturado os papéis e responsabilidades dos integrantes dos grupos de trabalho na Toyota:

Os membros de equipes são responsáveis pela execução do trabalho padrão, manter o 5S, manutenções simples, buscar oportunidades de melhoria e apoiar a solução de problemas dentro do grupo.

Os líderes de times controlam o início e término do processo, são responsáveis pelas metas de produção, manutenções rápidas, facilitar atividades do grupo, garantir peças e materiais, substituir funcionários ausentes, garantir a conformidade dos produtos quanto à qualidade entre outras funções.

Os líderes das equipes são responsáveis pelo planejamento da produção, por trabalhar da moral da equipe, zelo pela segurança da equipe, coordenação de mudanças de processo, turno e novos projetos, redução de custos e qualidade entre outros.

2.3.11 Gestão Visual

A gestão visual é uma ferramenta importante na padronização e comunicação dentro da empresa, busca facilitar a visualização de ferramentas, peças, tarefas do processo, indicadores utilizados na mensuração dos resultados dos processos com o objetivo de transmitir a situação real o mais rápido possível a todos os envolvidos (INSTITUTE, 2011, p. 35).

O gerenciamento visual pode contribuir para a melhoria na comunicação entre departamentos e turnos de uma mesma área, além de facilitar a comunicação em todos os níveis hierárquicos à empresa, auxilia na redução do tempo de resposta a problemas detectados durante a produção, é um instrumento de monitoramento das metas estipuladas e conscientização dos empregados na redução de desperdícios, beneficia o entendimento dos procedimentos operacionais gestão das prioridades e segurança do time de trabalho (WERKEMA, 2011, p. 87).

2.3.12 Trabalho Padronizado

A padronização do trabalho é uma das ferramentas essenciais do Sistema Toyota de Produção, auxilia na redução de desperdícios e favorece a melhoria da qualidade das tarefas executadas nos processos.

Sempre que uma discrepância operacional é identificada na montadora de veículos Toyota, a maneira que as tarefas são executadas é comparada com a descrição das tarefas especificadas no procedimento operacional padronizado da operação, se o montador executa as tarefas exatamente como está descrito no procedimento, porém os erros persistem então a instrução padrão deverá ser modificada a fim de condicionar um processo mais robusto e eliminar a ocorrência de erros operacionais (LIKER, 2005, p. 148).

Além de reduzir a possibilidade de variações que podem gerar erros operacionais, ao padronizar a execução das tarefas e documentar nas instruções operacionais, esta prática também auxilia na identificação de desperdícios, como movimentos desnecessários.

2.3.13 Automação (*Jidoka*)

Para o sistema de produção Toyota o *Jidoka*, chamado algumas vezes de automação, ou automação com inteligência humana tem uma função muito importante, pois além de garantir a conformidade dos produtos, visa também descobrir a causa das discrepâncias detectadas, e elimina-las.

Este sistema busca identificar discrepâncias sem o monitoramento humano e é um conceito que tem origem no início do século 20 e foi criado pelo fundador do Grupo Toyota, Sakichi Toyoda sendo aplicado inicialmente em teares com parada automática em caso de rompimento de fios (INSTITUTE, 2011, p. 45).

Este é um conceito muito importante para a produção enxuta devido à necessidade de identificar e reduzir ao máximo os problemas nos processos. Em função dos níveis de estoque serem muito baixos neste sistema, problemas de qualidade podem afetar rapidamente vários processos podendo pará-los. (LIKER, 2005, p. 137).

Metodologia Científica Aplicada

Neste tópico são descritos os procedimentos metodológicos que foram utilizados no trabalho.

3.1 Classificação da Pesquisa

Este trabalho tem como ponto essencial a busca pelo conhecimento com a finalidade de sua aplicação empírica, especificamente voltado para a melhoria de um determinado processo produtivo e a utilização prática de conceitos da manufatura enxuta.

A partir da natureza deste aspecto, Silva (2001, p. 20) classifica este tipo de pesquisa como aplicada, pois “objetiva gerar conhecimento para a aplicação prática e orientada à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais”. Ou seja, alcançar resultados direcionados para a solução de problemas reais dentro da organização pesquisada.

Quanto à abordagem, a pesquisa pode ser classificada como predominantemente quantitativa por parecer estar mais adequada à finalidade e tipo de dados utilizados na pesquisa, pois para o desenvolvimento do estudo foi mensurado diversos parâmetros importantes da produção antes e depois da aplicação de ferramentas da manufatura enxuta.

De acordo com Silva (2001, p. 20), a pesquisa quantitativa considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Este estudo busca avaliar o comportamento das variáveis relacionadas aos processos produtivos em um estudo de caso. Devido à natureza dos parâmetros de processo em análise neste no estudo, tais como tempo de operação, capacidade produ-

tiva e carga operacional, as variáveis observadas podem ser classificadas como de caráter quantitativo.

Variáveis quantitativas consideram aspectos do objeto de estudo através de um enfoque numérico, porém não feitas ao acaso, mas cientificamente envolvendo um sistema lógico que sustenta a atribuição de números, cujos resultados sejam eficazes (SILVA, 2005, p. 78)

Considerado os objetivos da pesquisa, o estudo do tipo exploratório é o passo inicial no processo de pesquisa, objetivando familiarizar o pesquisador com o assunto a ser pesquisado, percebendo ou descobrindo novas idéias (SILVA, 2005, p. 50), corroborando esta perspectiva Gil (2002, p. 41) afirma que a pesquisa exploratória tem por objetivo “proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”. Já Severino (2007, p. 123) sustenta que a pesquisa exploratória busca apenas levantar informações sobre um determinado objeto, delimitando assim o campo de trabalho, mapeando as condições de manifestação desse objeto. Com base nas citações anteriores, é possível declarar que o objetivo principal deste estudo está de acordo com o que os autores citados descrevem a respeito e pode ser classificada como uma pesquisa exploratória.

Esta dissertação visa aprofundar-se mais no assunto tratado com o objetivo de obter uma maior familiaridade e auxiliar na verificação da aplicabilidade dos princípios e ferramentas da manufatura enxuta, não objetiva identificar correlações de causas e efeitos, nem descrever características dos pontos estudados. Considerando os objetivos propostos o presente estudo refere-se a uma pesquisa exploratória.

Considerando a classificação da pesquisa a partir do ponto de vista dos procedimentos técnicos adotados durante a sua execução, a pesquisa pode ser considerada como um estudo de caso, Severino (2007, p. 121) afirma que o estudo de caso se concentra no estudo de um caso particular, considerado representativo de um conjunto de casos análogos, por ele significativamente representativo.

De acordo com Vergara (2013, p. 44), estudo de caso é um circunscrito a uma ou poucas unidades como pessoa, família, produto órgão público, comunidade ou país, com caráter de profundidade e detalhamento e pode ou não ser realizado no campo e utiliza métodos diferenciados de coleta de dados.

Segundo Yin (2010, p. 24), em resumo, o método do estudo de caso permite que os investigadores retenham as características holísticas e significativas dos eventos da vida real.

3.2 Universo e amostra

O universo deste estudo de caso foi uma organização do segmento automotivo instalada na cidade de Catalão, Goiás. Na área de montagem final, a empresa dispõe de três linhas que diariamente fabricam 5 modelos diferentes de veículos automotores.

A área privilegiada no estudo refere-se ao setor de montagem final dos veículos, excluindo assim os processos produtivos anteriores a esta etapa como o processo de pintura e o processo de solda de carrocerias, por definição de escopo. Entende-se como montagem final a etapa do processo produtivo onde são montados os componentes finais nas carrocerias já pintadas. Em resumo a montagem final é dividida em linha de cabine, onde são montados componentes como painel de instrumentos, vidros e chicotes elétricos, linha aérea onde são montadas os componentes das suspensões dianteira e traseira e a linha final onde são montados componentes como bancos, radiador, faróis entre outros.

A amostra adotada foi a do tipo não probabilística selecionada por acessibilidade do pesquisador sem procedimentos estatísticos e selecionando elementos pela facilidade do acesso a eles (VERGARA, 2013, p. 47) especificamente composta por uma determinada linha de montagem final da organização, responsável pela produção de um produto que representava no momento da pesquisa 26 por cento do volume de produção da empresa.

3.3 Coleta de dados

A execução da coleta de dados está descrita abaixo de acordo com o procedimento técnico adotado.

Estudo de Caso: Para a coleta dos dados empíricos obtidos na organização pesquisada no estudo de caso, inicialmente utilizou-se o método observacional com o objetivo de identificar indícios de desperdícios mencionados na bibliografia e atribuir os parâmetros do processo relacionado à perda identificada.

Segundo Fachin (2006, p. 38), o objetivo da observação naturalmente pressupõe a possibilidade de captar com precisão os aspectos essenciais e acidentais de um fenômeno do contexto empírico.

O estudo de caso busca medir os parâmetros dos processos que apresentam indícios de desperdícios analisando a sua condição original antes da aplicação de alguma das ferramentas da manufatura enxuta.

Para Fachin (2006, p. 79), a mensuração é um dos procedimentos mais usados para

quantificar variáveis, e este procedimento também é entendido como medição ou medida escalométrica, e os padrões e escalas permitem comparar objetos, agentes ou mesmo fenômenos, embora eles possam estar separados em função do tempo e ou do espaço.

Entre outros dados, foram levantados alguns referentes a parâmetros do processo produtivo como tempo de montagem, área utilizada no processo produtivo, estoque de componentes e de produtos acabados e principalmente capacidade produtiva.

O estudo observou parâmetros do processo produtivo da linha de montagem de veículos utilizada na amostra, considerando a influência destes parâmetros no custo produtivo e o efeito sobre o valor efetivamente agregado ao cliente.

Para fundamentar a pesquisa foi consultado a literatura disponível através de um levantamento das obras relevantes à pesquisa entre 21/01/2013 e 24/01/2014 utilizando-se como descritores as palavras: manufatura enxuta, ferramentas da manufatura enxuta, melhorias de processo. As palavras também foram pesquisadas na língua Inglesa e as principais bases de dados // pesquisadas foram:

- Google Acadêmico
- Scielo, Open Science Directory
- Banco de teses - CAPES
- Portal Periódicos CAPES
- Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP

Como resultados do levantamento foram encontrados e utilizados neste estudo 03 Teses, 24 Dissertações, 02 monografias, 24 livros e 18 artigos. Este levantamento teve caráter exploratório e buscou identificar obras e autores com trabalhos na mesma linha proposta nesta pesquisa conforme apresentado nas Figuras 3, 4, 5.

Este levantamento teve caráter exploratório e buscou identificar obras e autores com trabalhos na mesma linha proposta nesta pesquisa.

3.4 Análise e interpretação dos dados

Após a mensuração e apresentação dos dados levantados na coleta de dados, foi feita uma apreciação crítica das informações encontradas durante este processo com o objetivo de obter respostas às questões levantadas no início da pesquisa.

Autor	Título	Tipo	Ano	Objetos de Estudo
AGOSTINHO, O. L.; BATOCCHIO, A.; MIYAKE, D. I.; SILVA, I. B.	Integrando a promoção das metodologias <i>Lean Manufacturing</i> e <i>Six Sigma</i> na busca de produtividade e qualidade numa empresa fabricante de autopeças.	Artigo	2011	Lean manufacturing, Six sigma, Lean Six Sigma, Produtividade, Qualidade.
ALMEIDA, D. A.; MELLO, C. H. P.; OLIVEIRA, E. da S.; SALGADO, E. G.; SILVA, C. E. S.	Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos.	Artigo	2009	Desenvolvimento de produtos. Pensamento lean. Desenvolvimento lean. Fluxo de valor. Mapeamento do processo.
AZEVEDO, V. da S. de; BARROS, J. G. M. de; BORGES JR, C.A.; TAVARES, M. E. da N.	Aumento da produtividade na construção lean predial analisada pelo mapeamento de cadeia de valor na montagem das estruturas metálicas.	Artigo	2008	Construção predial, Lean, Estruturas metálicas.
BARROS, H. S.	Utilização de ferramentas da manufatura enxuta na melhoria dos resultados da GM powertrain de São José dos Campos.	Dissertação	2005	Manufatura enxuta, Just-in-time, Kanban.
BATALHA, G. F.; CABEÇA, M. G.; SILVA, E. M. da; SILVA, I. B. da.	Análise das ferramentas da manufatura enxuta e seis sigma: proposta de um modo de integração de ambas as ferramentas.	Artigo	2010	Seis sigma, Manufatura enxuta, Pesquisa survey, Modo de integração.
BATOCCHIO, A.; SOUZA, A. C. de.	Sistemas de manufatura: uma abordagem cronológica.	Artigo	2003	Manufatura enxuta, Manufatura ágil, Manufatura holônica.
BATOCCHIO, Antonio.; DURAN, Orlando.	Na direção da manufatura enxuta através da J4000 e o LEM.	Artigo	2003	Manufatura enxuta, J4000, Medidas de desempenho.
BENATO, G. L.	Horizontalização dos estoques de matéria prima e componentes: um estudo de caso numa empresa de manufatura enxuta do ramo automotivo.	Dissertação	2009	Horizontalização de estoques, logística enxuta e armazenagem.
BLACK, J.T.	O projeto da fábrica do futuro.	Livro	1998	Sistemas de fabricação, Nivelamento, manutenção preventiva integrada, Células de manufatura.
BOCCI, G. S.	Gestão por processos e lean manufacturing associada a controle estatístico de processo online em uma indústria de produtos empanados a base de frango.	Dissertação	2007	Gestão por processos, Lean manufacturing, Controle estatístico de processo online, Produto tempura.
BRANCHETTE, R. L.	Implementation of lean manufacturing during the process definition phase of a new engine program.	Dissertação	1994	Lean manufacturing, Process definition, engine program.
CADAVID, L. R.; DUQUE, D. F. M.	Lean manufacturing measurement: in the relationship between lean activities on lean metrics.	Artigo	2007	Lean Manufacturing, Performance Metrics, Measurement Systems, Lean Activities.
CAMPOS, L. D. F. de.	Estudo comparativo dos sistemas de manufatura ágil, flexível e enxuto.	Artigo	1998	Ágil, Flexível e Lean.
CARDOZA, Edwin.; CARPINETTI, L. C. R.	Indicadores de desempenho para o sistema de produção enxuto.	Artigo	2005	Produção enxuta, Indicadores de desempenho.
CARVALHO, M. T.	Lean manufacturing na indústria de revestimentos de cortiça.	Dissertação	2010	Lean manufacturing, SMED, Criação de fluxo.
CAVALCANTE, R. C.	Melhorias de processo utilizando princípios da produção lean: um estudo de caso.	Dissertação	2009	Lean seis sigma, melhoria de processos, gestão.
CHAVES FILHO, J. G. B.	Melhores práticas para garantia de sustentabilidade de melhorias obtidas através de eventos kaizen.	Dissertação	2010	Produção enxuta, Melhoria contínua, Evento kaizen, Manutenção da filosofia lean, Sustentabilidade lean.
CHIAVENATO, Idalberto.	Administração nos Novos Tempos.	Livro	2010	Administração e Negócios
DIAS, R. L. T.	Conceitos de manufatura enxuta aplicados a uma indústria de surpimentos e dispositivos médicos.	Monografia	2006	Manufatura enxuta, Cadeia de valor, Melhoria contínua, Kaizen.
DUDLEY, A. N.	The application of lean manufacturing principles in a high mix low volume environment.	Dissertação	2005	Lean manufacturing, high mix, volume environment.
ESCODEIRO, J. R.	Desenvolvimento de indicadores da manufatura enxuta utilizando ferramentas de business intelligence: uma aplicação na manufatura de calçados.	Dissertação	2009	Manufatura Enxuta (ME), Business Intelligence (BI), Data Warehouse (DW), Indústria de Calçados.
FACHIN, Odília.	Fundamentos de Metodologia.	Livro	2006	conhecimento científico, técnicas de pesquisa e aspectos metodológicos
FARIA, A. C.; PERETTI, L. C.; VIEIRA, V. S.	Redução de custos sob a ótica da manufatura enxuta em empresas de autopeças.	Artigo	2012	Desperdícios, kaizen, manufatura enxuta, perdas, produtividade.
FERREIRA, A.B. de H.	Dicionário Aurélio de língua portuguesa.	Livro	2010	dicionário, língua portuguesa
FERREIRA, C. F.; SAURIN, T. A.	Avaliação qualitativa da implantação de práticas da produção enxuta: estudo de caso em uma fábrica de máquinas agrícolas.	Artigo	2008	Produção enxuta, Medição de desempenho, Avaliação qualitativa, Indústria automotiva.
FORNO, A. J. D.	Aplicação e análise das ferramentas benchmarking enxuto e mapeamento de fluxo de valor: estudo de caso em três empresas catarinenses.	Dissertação	2008	Manufatura Enxuta. Mapeamento do Fluxo de Valor. Benchmarking Enxuto.
FORTALEZA, P. R. N.	O saber e o querer fazer: a formação de gestores em pensamento enxuto.	Dissertação	2011	Gestão da Produção; Mapa de Competências; Pensamento Enxuto; Produção Enxuta; Sistema Toyota de Produção.
GALLARDO, C. A. S.	Princípios e ferramentas do lean thinking na estabilização básica: diretrizes para implantação do processo de fabricação de telhas de concreto pré-fabricadas.	Dissertação	2007	Lean Thinking, pré-fabricados, estabilidade básica, Andon de status de produção.
GARBUIO, P. A. da R.	As diferenças na gestão das organizações que utilizam os modelos lean manufacturing, seis sigma como estratégia de operações.	Dissertação	2010	Lean Manufacturing, Seis Sigma, Lean Seis Sigma, Estratégia de Operações.
GIANNINI, RURI.	Aplicação de ferramentas do pensamento enxuto na redução de perdas em operações de serviços.	Dissertação	2007	Serviços, Manufatura enxuta, Perdas.

Figura 3 – Levantamento Bibliográfico

Fonte: Próprio Autor (2014)

Autor	Título	Tipo	Ano	Objetos de Estudo
GISMONDI, Ronaldo Curi	Bibliotecas digitais para consulta acadêmica.	Artigo	2012	Bibliotecas digitais, Consulta acadêmica, Busca bibliográfica.
GLASER-SEGURA, D. A.; GRAEMI, A. R.; PEINADO, J.	Fatores influenciadores do sucesso da adoção da produção enxuta: uma análise da indústria de três países de economia emergente.	Artigo	2011	Produção enxuta, Países emergentes, cultura, Just-in-time, Colaboração.
GODINHO FILHO, Moacir	Paradigmas estratégicos de gestão da manufatura: configuração, relações com planejamento e controle da produção e estudo exploratório na indústria de calçados.	Tese	2004	Administração da produção, planejamento e controle da produção, estratégia da produção, indústria do calçado.
GODINHO FILHO, Moacir.; FERNANDES, F. C. F.	Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas futuras.	Artigo	2004	Manufatura enxuta, Revisão.
GUINATO, Paulo.	Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente just-in-time.	Artigo	1995	Sistema Toyota de Produção (STP), Autonomiação, just in time (JIT), Controle da qualidade zero defeitos (QCZD), Engenharia de Produção
HINES, P.; RICH, N.	The seven value stream mapping tools.	Artigo	1997	Contingency planning, Cross-functional integration, Process layout, Supply-chain management, Value analysis, Waste disposal
HINO, Satoshi	O pensamento Toyota: princípios de gestão para um crescimento duradouro.	Livro	2009	filosofia da Toyota, sistema de gestão, sistema de produção.
HUSER, M.; WARNECKE, H. J.	Lean production.	Artigo	1995	Lean production, Automotive industry, Plant management, Self-organization, Fractal company.
IVERNIZZI, G.	O sistema lean de manufatura aplicado em um indústria de autopeças produtora de filtros automotivos.	Dissertação	2006	Sistema Lean de Manufatura, Kaizen.
LACOMBE, Francisco J.M.	Dicionário de administração.	Livro	2004	Administração e Negócios, dicionário
LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade.	Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos.	Livro	2012	Metodologia Científica, Métodos e Técnicas de Pesquisa.
LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade	Fundamentos de metodologia científica.	Livro	2003	Metodologia Científica, Métodos e Técnicas de Pesquisa.
LEAN ENTERPRISE INSTITUTE.	Léxico Lean: glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean.	Livro	2011	pensamento lean, glossário, lean manufacturing.
LIKER, Jeffrey K.	O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.	Livro	2005	princípios enxutos, produção enxuta, O modelo Toyota, Sistema Toyota de Produção
LIMA, M. P. de	Fatores críticos de sucesso para a implantação e manutenção do trabalho padronizado.	Dissertação	2005	Trabalho Padronizado, Manufatura Enxuta, Fatores Críticos de Sucesso.
MACHADO, Marcio Cardoso	Princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos: proposta de uma metodologia para implementação.	Tese	2006	Desenvolvimento de produtos, manufatura enxuta, gestão da qualidade.
MARTINS JR, J. C.	Método estruturado para aplicação das técnicas de aumento da capacidade de produção de recursos gargalos em células de manufatura.	Dissertação	2009	Elevação da restrição, Capacidade produtiva, Recurso gargalo.
MCINTOSH, R. I.; NOVASKI, O.; SUGAI, M.	Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso.	Artigo	2007	Virada de produção, Setup, Período de aceleração, Sistema Toyota de produção.
MOREIRA, S. P. da S.	Aplicação de ferramentas lean: Caso de estudo.	Dissertação	2011	Lean Thinking, Implementação, Controle de Produção, Processo.
OHNO, Taiichi.	O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala.	Livro	1997	necessidades, Evolução do sistema Toyota de produção, Desenvolvimento ulterior, Genealogia do sistema Toyota de produção, sistema Ford.
RAEDER, M.	Proposta de diretrizes para o projeto para manufatura enxuta.	Dissertação	2009	Design for Lean Manufacturing, DFX, Lean.
ROTHER, Mike; SHOOK, John	Aprendendo a enxergar.	Livro	2003	Mapeamento do fluxo de valor, desperdícios, melhoria contínua.
SATO, A. Y. E.	Implementação do lean manufacturing em uma linha de produção de carteiras.	Monografia	2008	Engenharia de Produção, Manufatura enxuta, Produtividade, Couro.
SEVERINO, Antônio Joaquim.	Metodologia do trabalho científico.	Livro	2000	Metodologia Científica, Métodos e Técnicas de Pesquisa.
SEVERINO, Antônio Joaquim.	Metodologia do trabalho científico.	Livro	2007	Metodologia Científica, Métodos e Técnicas de Pesquisa.
SHINGO, Shigeo.	O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção.	Livro	1996	Melhoria das operações e processos, sistema kanban, Sistema Toyota de produção.
SILVA, Alessandro Lucas da	Desenvolvimento de um modelo de análise e projeto de layout industrial, em ambientes de alta variedade de peças, orientado para a manufatura enxuta.	Tese	2009	Layout, Produção Enxuta, Evento Kaizen
SILVA, Edna Lúcia da.	Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.	Livro	2001	Metodologia Científica, Métodos e Técnicas de Pesquisa.
SILVA, G. G. M. P. da	Implantando a manufatura enxuta: um método estruturado.	Dissertação	2009	Manufatura Enxuta, Níveis Organizacionais, Benchmarking, Mapeamento do Fluxo de Valor, Kaizen.
SILVA, L. M. P. da	Avaliação de desempenho em empresas que adotam a produção enxuta como escolha estratégica.	Dissertação	2006	Produção enxuta, Avaliação de desempenho, Indicadores de desempenho, Balanced Scorecard.
SILVA, Mary Aparecida Ferreira da	Métodos e técnicas de pesquisa.	Livro	2005	Metodologia Científica, Métodos e Técnicas de Pesquisa.
SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert.	Administração da Produção.	Livro	2009	administração da produção, planejamento, controle, programação.
SOARES, H. S. D. G.	Globalização do sistema de manufatura baseado nas estratégias de melhoria contínua em uma empresa do setor automotivo.	Dissertação	2007	Manufatura Enxuta, abastecimento de materiais, linha de montagem, desperdícios.
TAVARES, Mauro Calixta.	Gestão Estratégica.	Livro	2007	Planejamento Estratégico, Planejamento Organizacional, Planejamento Empresarial,

Figura 4 – Levantamento Bibliográfico

Fonte: Próprio Autor (2014)

Autor	Título	Tipo	Ano	Objetos de Estudo
TAYLOR, Frederick Winslow.	Princípios de Administração Científica.	Livro	2002	Tempos e métodos, racionalização da produção.
TEIXEIRA, E. S. M.	Graus de maturidade da cultura lean do polo metal-mecânico do nordeste de Santa Catarina.	Dissertação	2012	cultura lean, graus de maturidade, lean manufacturing.
TOMASI, G. A.	Reestruturação de uma linha de montagem com base nos conceitos da manufatura enxuta.	Dissertação	2010	reestruturação, manufatura enxuta, eficiência operacional, desperdícios, fluxo contínuo e layout.
VERGARA, Sylvia Constant.	Projetos e relatórios de pesquisa em administração.	Livro	2013	Delimitação do trabalho científico, Começo do projeto de pesquisa, Do problema ao referencial teórico, Definição da metodologia
WERKEMA, Cristina.	Lean seis sigma: introdução às ferramentas do lean manufacturing.	Livro	2011	Seis Sigma e o Lean Manufacturing, ferramentas, DMAIC.
WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D.	The machine that changed the world.	Livro	1990	Sistemas de produção, produção artesanal, produção em massa, produção enxuta.
WOMACK, J.P.; JONES, D.T.	Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.	Livro	2003	Mapeamento do fluxo de valor, desperdícios, melhoria contínua.
WOMACK, J.P.; JONES, D.T.	A Mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.	Livro	2004	Manufatura enxuta, desperdícios, competitividade.
WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D.	A Máquina que mudou o mundo.	Livro	2004	Sistemas de produção, produção artesanal, produção em massa, produção enxuta.
YIN, Robert, K.	Estudo de caso: planejamento e métodos.	Livro	2010	pesquisa qualitativa e quantitativa, teoria de pesquisa, Estudos de caso .

Figura 5 – Levantamento Bibliográfico

Fonte: Próprio Autor (2014)

A execução desta atividade foi realizada em dois estágios distintos e importantes para o êxito da tarefa, a análise e interpretação dos dados.

Segundo Lakatos e Marconi (2003, p. 167 e 168), a etapa de análise, ou explicação busca evidenciar as relações existentes entre o fenômeno estudado e outros fatores, e a sua elaboração ocorre em três níveis: Interpretação (verificação das relações entre as variáveis), a explicação, esclarecimento sobre a origem da variável e a especificação que refere-se a explicitação do nível de validade das variáveis.

Quanto a segunda atividade, a interpretação busca dar um significado mais amplo às respostas, vinculando-as a outros conhecimentos buscando atender dois aspectos importantes desta etapa, a construção de tipos, modelos e esquemas e a ligação com a teoria (LAKATOS; MARCONI, 2003, p. 168).

3.5 Resultados Esperados

Os resultados foram examinados à luz dos objetivos específicos do estudo, apresentando informações sobre a origem, conceitos e resultados propostos e alcançados pela aplicação das ferramentas da manufatura, o mapeamento das oportunidades de melhorias de processo em uma linha montagem de veículos de uma empresa de Goiás e através do estudo de caso o desenvolvimento do método proposto para aumento da capacidade produtiva.

Os dados apresentados como os resultados da pesquisa empírica obtidos no estudo de caso serão frutos da mensuração dos parâmetros de processo antes e depois da aplicação de ferramentas de manufatura enxuta.

A verificação dos desperdícios com base nos princípios da Manufatura Enxuta e a utilização das suas ferramentas auxiliarão nas comparações entre o desempenho da linha de montagem antes e depois da utilização de ferramentas de manufatura enxuta e por fim, nas considerações sobre os resultados propostos, obtidos, e demais oportunidades de melhoria em potencial.

3.6 Delimitações do trabalho

Em função do vasto campo que compreende o tema Manufatura Enxuta, esta pesquisa buscou fundamentar através da pesquisa bibliográfica a origem, princípios, ferramentas, abrangência e metodologia sobre o tema e a verificação e aplicação deste conhecimento no estudo na empresa utilizada na amostra.

Além da impossibilidade de generalizações devido estudo de caso realizado com amostra não probabilística, a pesquisa teve como ponto limitante a necessidade de se delimitar o escopo do estudo excluindo outros aspectos relevantes ao aprofundamento e compreensão da importância da manufatura enxuta e suas ferramentas nas organizações. Tais limitações direcionarão à sugestões de pesquisas posteriores como medidas de performance, ferramentas para projetos enxutos (DFMA, etc), trabalho em equipes, manutenção produtiva total (TPM) entre outras. Tais pesquisas podem ajudar a aprofundar ainda mais o conhecimento sobre este assunto tão promissor, cativante e desafiador que é a manufatura enxuta.

Elaboração do Método para Aumento de Capacidade Produtiva

Neste capítulo será detalhado o método desenvolvido e aplicado para o aumento de capacidade produtiva de uma linha de montagem de veículos automotores. O método em questão foi elaborado com uma sequência clara e estruturada com o intuito de auxiliar os gestores, *staff* e colaboradores a aplicar os conceitos e ferramentas da manufatura enxuta nos processos que restringem a capacidade produtiva das fábricas, processos este conhecidos como gargalos.

4.1 Etapas Aplicadas para a Execução do Método Proposto

O método proposto nesta dissertação foi dividido em nove etapas que auxiliam uma análise que perpassa do global para o detalhe. O método foca a partir de uma visão macro do setor produtivo ao qual se busca aumentar a capacidade produtiva, detalhar os processos e verificar os equipamentos/processos mais relevantes até a definição do processo gargalo a ser estudado, propor melhorias realizar comparações e apresentar os resultados obtidos. As nove etapas do método proposto estão detalhadas na sequência.

4.1.1 Visão Macro da área de análise a linha de montagem

A compreensão da visão macro do processo a ser analisado refere-se a etapa exploratória inicial necessária para a melhoria da capacidade produtiva. Esta fase visa entender de uma

forma geral e ampla como funciona o processo em questão, quais são as suas entradas de recursos, passando concisa pelos processos internos e verificando as saídas de produtos acabados.

Esse entendimento tornará possível identificar quais são os principais processos e equipamentos utilizados internamente no processo estudado. Deverão ser avaliados aspectos como:

- Como é organizado o processo produtivo.
- Quantas estações de trabalho constituem o processo.
- Quais são os recursos necessários ao processo.
- Quais são os indicadores de desempenho.
- Qual é o fluxo de informações.
- Volume de produção atual.
- Quantidade de operadores.
- Principais equipamentos utilizados.
- Os estoque intermediários entre processos.
- Tempos de *setup*.

O levantamento e análise das informações nesta etapa têm por objetivo fornecer um entendimento amplo do sistema produtivo e as suas interfaces, sem examinar os detalhes internos.

Deste modo, será possível começar a distinguir os principais características e aspectos gerais do sistema estudado podendo dedicar tempo e recursos na análise dos processos e equipamentos mais relevantes.

4.1.2 Mensuração da capacidade dos principais processos

A partir das informações obtidas pela elaboração da visão macro da área de análise será possível identificar quais são os principais processos que deverão ser analisados.

O principal objetivo da análise dos principais processos é a mensuração da capacidade produtiva do processo, Slack, Chambers e Johnston (2009) definem a capacidade de

operação como o nível máximo que atividade que adiciona valor, ou processamento de determinadas tarefas durante um intervalo de tempo determinado sob condições normais de operação.

Para a mensuração da capacidade será identificado o máximo volume de produção de um processo ou equipamento dividido por um intervalo padrão de tempo em condições normais. Para critério de comparação das capacidades foi utilizado dois intervalos de tempo distintos, o volume de produção por hora e o volume de produção por turno de trabalho, considerando o turno de trabalho de 8,63 horas ou 518 minutos.

4.1.3 Identificação do processo “Gargalo” da linha

Com os dados adquiridos durante a mensuração da capacidade dos principais processos será possível identificar qual processo restringe o volume de produção de toda linha, ou seja, qual processo trabalha ou deveria trabalhar com a sua capacidade máxima para atender o objetivo de volume de produção enquanto demais processos ou equipamento alternam momento de trabalho e momentos de espera.

Processos ou equipamentos que restringem a capacidade de produção de toda a linha são comumente chamados de processos gargalos, pela alusão a restrição que o gargalo de uma garrafa impõe a saída do líquido.

Esta etapa é muito importante para a execução correta do método de aumento de capacidade de uma linha produtiva, pois todo o trabalho que será realizado nos próximas etapas do método será sobre o processo ou equipamento reconhecido como “gargalo”. Esta mensuração deve ser executada com precisão.

4.1.4 Formação da equipe de trabalho

Com o processo que restringe a capacidade de produção de toda linha já identificado, inicia-se as atividade que terão como objetivo melhorar esta capacidade, para isso é necessário formar a equipe que irá efetivamente realizar as análises e executarão as melhorias.

Todo o processo deve ser gerido por alguns integrantes do grupo, os gerentes e supervisores da produção definirão metas e objetivos, darão suporte para facilitação das ações que deverão ser executadas e atuarão como motivadores da equipe buscando sempre o aperfeiçoamento e melhoria contínua.

O grupo de “Staff” composto por engenheiros, técnicos, analistas e líderes de produção dos setores envolvidos no processo de mudança como produção, logística, manuten-

ção, programação, engenharia de processos e industrial é responsável pelo planejamento e execução da mudança, auxilia o grupo operacional na identificação dos pontos a serem melhorados e implantação de ações que almejam melhorar a condição do processo.

O grupo operacional, com operadores de todos os processos envolvidos na mudança participa o “Staff” na identificação de desperdícios e melhorias que podem ser realizadas durante as mudanças e executam as ações de melhorias planejadas.

O grupo operacional participa também de treinamentos sobre conceitos e ferramentas da manufatura enxuta que serão utilizadas nas mudanças propostas a fim de compreenderem efetivamente os objetivos determinados, e buscar continuamente melhorar os seus processos.

4.1.5 Avaliação da condição original do processo gargalo

Com a equipe já formada na etapa anterior é o momento de avaliar o processo “gargalo”, e para isso é preciso identificar e medir os principais pontos e características deste processo.

O primeiro ponto da avaliação da condição original é entender como ele funciona e quais são as etapas realizadas, quais e quantos equipamentos são utilizados, quais são os recursos, como acontece o processamento e como é entregue a produção.

O tempo *takt* deve ser definido para ser usado como referencia já que este tempo significa a demanda do cliente. O tempo de ciclo das operações na produção não pode estar muito diferente do tempo *takt*, isso significaria uma produção maior ou menor que a demanda do cliente. O cálculo do tempo *takt* é obtido conforme equação 4.1.

$$Takt = \frac{\text{Tempo de produção disponível}}{\text{Volume de produção demandado}} \quad (4.1)$$

Nesta etapa o principal objetivo é identificar desperdícios dentro do processo, e para isso é levantado informações de estoque, movimentações internas de pessoas e/ou produtos, retrabalho, processamento incorreto ou em quantidade maior que o necessário ou se há espera entre etapas do processo.

4.1.6 Recomendação de melhorias baseadas nos conceitos e ferramentas da manufatura enxuta

Um panorama geral do processo estudado deve ter sido formado na etapa anterior, assim sendo, já é possível identificar alguns pontos que podem ser melhorados, tudo deve ser

anotado. Com a visão global do processo o objetivo agora é produzir mais com os mesmos recursos disponíveis ou manter a produção reduzindo os recursos utilizados. Porém não somente aumentando o volume de produção ou simplesmente retirando recursos, como operadores, do processo é preciso eliminar desperdícios.

Inicialmente é necessário olhar o processo através da ótica dos princípios da manufatura enxuta (ver Figura 6), sendo:

Valor: Quais são os valores adicionados durante o processo, o que é importante para os clientes internos ou externos deste processo. Estes valores estão claros para todos os integrantes do processo e estão sendo integralmente atendidos?

Fluxo de Valor: Como as etapas do processo estão sendo realizadas? Quais agregam, e quais não agregam valor para o cliente? Como está a integração destas etapas?

Fluxo Contínuo: É importante avaliar como flui o processo avaliado, se as tarefas são executadas continuamente ou se há intervalos entre os processamentos, se há espera ou retrabalhos.

Processo Puxado: É necessário observar se as tarefas são realizadas em ritmo diferentes, ou seja se há diferença da quantidade de processamento internamente o que frequentemente gera desperdício através de estoques. A produção deve ser cadenciada e a referência de ritmo é o *takt time* que é a demanda originada pelo cliente interno ou externo dividido por um intervalo de tempo.



Figura 6 – Fluxo de verificação baseado nos princípios da Manufatura Enxuta

Fonte: Próprio Autor (2014)

Os tempos de ciclo interno de processamento não pode ser maior que o tempo *Takt*, porém também não podem ser muito menor em função do impacto ao atendimento à demanda do cliente, sendo assim a execução das tarefas devem obedecer a “puxada” do cliente.

Busca pela Perfeição: Todos na equipe precisam buscar claramente a perfeição, não o bom o suficiente, mas a melhor condição para aquele processo, todos devem ter em mente que pensando e agindo desta forma sempre haverá oportunidade de melhorar.

4.1.7 Comparação das melhorias propostas e verificação da necessidade de ajustes

Durante a etapa de recomendação de melhorias serão sugeridas diversas ações com diferentes impactos para o processo, por isso é necessário então avaliar todas sugestões comparando-as com a condição original do processo. Esta etapa objetiva obter a melhor condição possível através das melhorias mais adequadas para este fim, a busca sempre será não pela redução dos desperdícios e sim pela eliminação deles a verdadeira busca pela perfeição.

4.1.8 Resumo da nova condição e da aplicação prática das melhorias

O conjunto de todas as ações propostas e os seus efeitos na condição original do processo formará uma proposta de uma nova condição. Esta nova condição deve melhorar a produtividade do processo eliminando desperdícios e aumentando a capacidade produtiva.

Nesta etapa é apresentado o resumo da nova condição e as melhorias são efetivamente colocadas em prática, é o momento da mudança propriamente dita. Mesmo nesta ocasião podem surgir novas propostas de melhoria que precisam ser consideradas e avaliadas e se importantes colocadas em prática.

4.1.9 Apresentação dos resultados

Ao fim das mudanças e conclusão das melhorias e ajustes os resultados alcançados devem ser divulgados para todos os envolvidos e as suas lideranças com o objetivo de tornar público os ganhos obtidos pelas mudanças e disseminar e incentivar estudos similares.

4.1.10 Fluxograma do método proposto

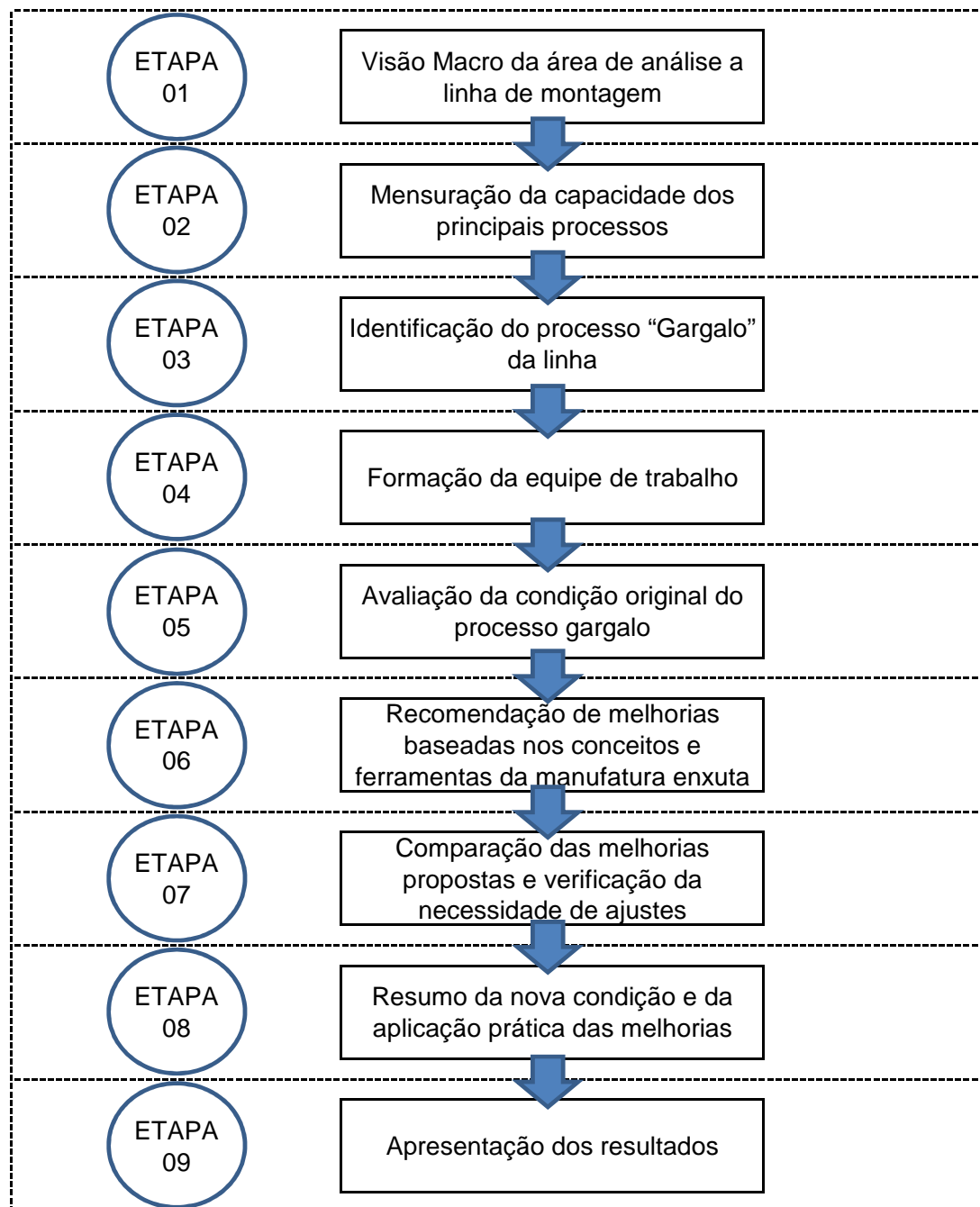


Figura 7 – Fluxograma do método proposto para aumento de capacidade

Aplicação do Método Proposto - Estudo de Caso

Este capítulo descreve a utilização do método proposto através da sua aplicação em um estudo de caso de uma empresa do setor automobilístico denominada aqui como empresa “W”. O escopo da pesquisa se restringiu a uma linha de produção específica denominada como linha “H”.

5.1 Visão Macro da área de análise, a linha de montagem “H”

A empresa estudada neste estudo de caso contém três linhas de montagem final que produzem diariamente cinco modelos distintos de produtos. A linha escolhida para realização do estudo foi a linha “H”, responsável por um dos cinco modelos produzidos no momento do estudo. A principal motivação para a escolha desta linha de montagem para o estudo de caso foi o fato do lançamento do sexto modelo da empresa, o segundo nesta mesma linha de montagem e havia a necessidade de verificar se capacidade produtiva disponível era o suficiente para atender os volumes de produção previstos.

A cada vinte operadores aproximadamente, é designado um líder de produção que atua principalmente como um facilitador do grupo e auxilia o supervisor na administração da produção, e esses grupos de operadores são denominados times de trabalho.

A linha de montagem estudada é composta por quarenta estações de trabalho, três estações de inspeção, duas estações de descarga de carrocerias e uma estação de carga

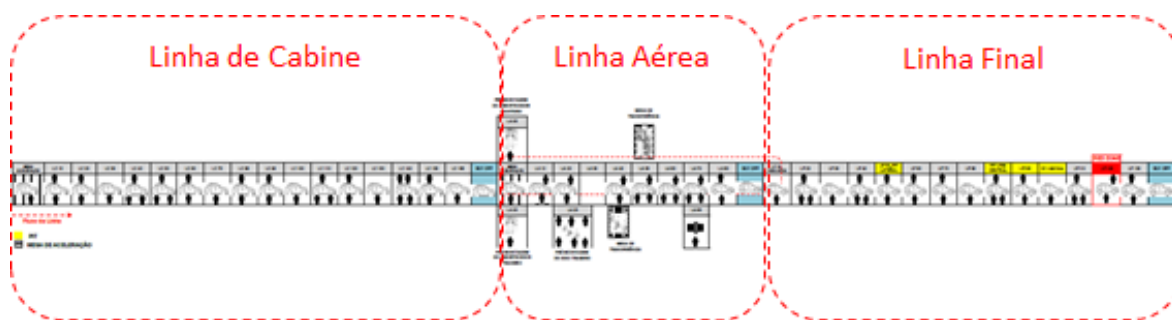


Figura 8 – Layout da linha de montagem “H”

Fonte: Próprio Autor (2014)

de carroceria. A linha é dividida internamente em três sublinhas: Cabine, Aérea e Final conforme Figura 8.

5.1.1 Linha de Cabine

O primeiro setor é a linha cabine onde o processo de montagem se inicia (ver Figura 9). A primeira estação de descarga desta área recebe a principal entrada da produção, as carrocerias previamente soldadas e pintadas prontas para a montagem dos componentes finais do veículo.

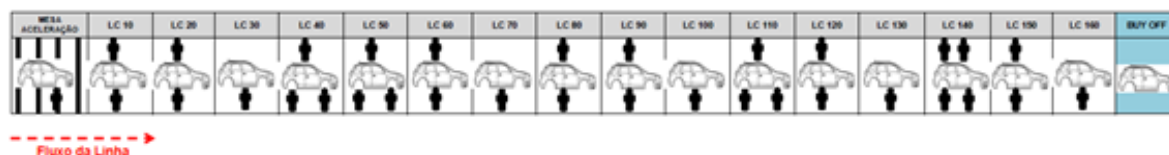


Figura 9 – Layout da linha de cabine

Fonte: Próprio Autor (2014)

A linha de cabine é dividida em dois times de trabalho, ocupando oito estações cada um. Não há ocorrência significativa de estoque intermediário ou *setups*.

A primeira estação da cabine é a estação de descarga que recebe as carrocerias através de um transportador aéreo que captam as carrocerias da área de seletividade identificada na figura 10 como mesa de aceleração, uma espécie de estoque que recebe e armazena as carrocerias provenientes da área de pintura. Depois as carrocerias são sequenciadas conforme a programação da produção.

A seguir são dezesseis estações, nomeadas na Figura 10 de LC10 até a LC160 e são utilizadas para a montagem de itens como chicotes elétricos, *air bag*, painel de instrumentos, vidros fixos, forro de teto, cinto de segurança entre outros componentes.

Os principais equipamentos utilizados nesta linha são parafusadeiras elétricas, gravador de chassi, manipulador de painel de instrumentos, e a esteira que movimenta as carrocerias através das estações.

No final da linha de cabine há a estação de inspeção do setor nomeada como estação de *Buy Off*. Nesta estação é realizada uma verificação geral dos itens que foram montados na linha tanto quanto a conformidade das montagens quanto à integridade dos componentes e pintura da carroceria.

5.1.2 Linha Aérea

O segundo setor da linha de montagem estudada é denominada linha aérea (ver Figura 10). Após a carroceria ser inspecionada no final da linha de cabine, a carroceria é posicionada na estação de carga da carroceria através de uma mesa de roletes que desloca a carroceria até o ponto de carga. Na estação de carga da linha aérea a carroceria é içada por um sistema de transportador aéreo de carrocerias individual que movimenta as carrocerias através da linha aérea.

Neste setor são oito estações de montagem numeradas com as iniciais LA que são utilizadas para a execução das montagens na parte inferior dos veículos. Entre outros componentes são montados itens da suspensão traseira e dianteira como molas e amortecedores, tubulações de freio e combustível, tanque de combustível, eixo traseiro, conjunto motor e transmissão, eixo cardan, escapamentos, parabarros, parachoque traseiro e rodas.

Os principais equipamentos utilizados na linha aérea são parafusadeiras elétricas, transportador aéreo, bancadas de pré-montagem dos conjuntos mola e amortecedor dianteiros e traseiros, bancadas da célula de pré-montagem de eixos traseiros, talhas de manuseio de eixo e de conjunto motor e transmissão, manipulador de tanque de combustível, mesas de elevação de eixo e de motor, plataforma de montagem dos coxins do motor, manipuladores de roda, parafusadeira multi-fuso de aperto de rodas.

A linha aérea tem um time de trabalho, que ocupa as oito estações e não há ocorrência significativa de estoque intermediário ou *setups*.

No final da linha há também uma estação de inspeção do setor. Nesta estação, com o veículo ainda suspenso é realizada uma verificação geral dos itens que foram montados na linha tanto quanto a conformidade das montagens quanto à integridade dos componentes e pintura da carroceria.

A estação de inspeção da linha aérea possui uma quantidade maior de itens a serem

verificados devido a característica dos componentes montados na linha aérea, são em sua grande maioria itens críticos para segurança e qualidade, devido a grande quantidade de itens de sistemas importantes do veículo, como os sistemas de freio, combustível, suspensão e motor e transmissão.

No final da inspeção da linha aérea, o veículo já tem o eixo traseiro, conjunto motor / transmissão e rodas montados, e já pode descido.

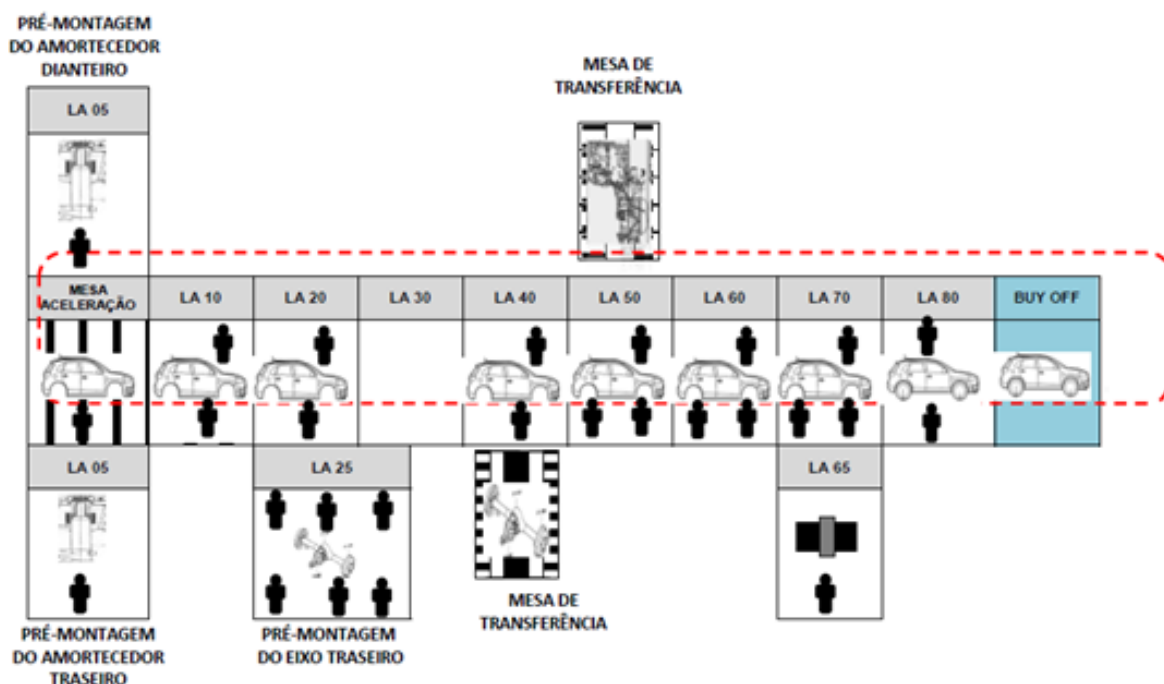


Figura 10 – Layout da linha aérea

Fonte: Próprio Autor (2014)

5.1.3 Linha Final

O terceiro setor é a linha final (ver Figura 11), e a sua primeira estação é a estação de descarga do veículo, onde o veículo é colocado novamente no solo, em cima de uma esteira de movimentação de veículos diferente da linha de cabine, nesta esteira a movimentação do veículo ocorre através do contato da esteira com os pneus dos veículos.

Na sequência encontramos treze estações de montagem numeradas com as iniciais LF que são utilizadas para a montagem de componentes como isoladores acústicos, lanternas e faróis, radiador, bancos vidros das portas, aparelho de som, painéis de porta, para-choque dianteiro, bateria, consoles, fluidos de freio, arrefecimento, ar condicionado e combustível. As estações com descrição *Pit* refere-se em locais com o piso abaixo do nível comum da linha onde funcionários realizam operações em regiões inferiores dos veículos.

Nas últimas estações da linha final são feitas as gravações dos vidros das portas e é feita o procedimento e habilitação de software dos módulos e verificação de erros de diagnóstico, o veículo é abastecido com combustível na estação denominada de *Red Zone* e então é dada partida no veículo.

A linha final tem um time de trabalho, que ocupa as treze estações e não há ocorrência significativa de estoque intermediário ou *setups*.

No final da linha há também uma estação de inspeção do setor identificada como *Buy Off*. Nesta estação, com o veículo totalmente montado também é feito a verificação geral dos itens que foram montados na linha utilizando os mesmos critérios adotados na linha anteriores de verificação de conformidade das montagens quanto à integridade dos componentes e pintura da carroceria, porém nesta estação são testados diversos funcionamentos dos sistemas do veículo, como limpadores de vidros, som, vidros, funcionamento do motor, entre outros.

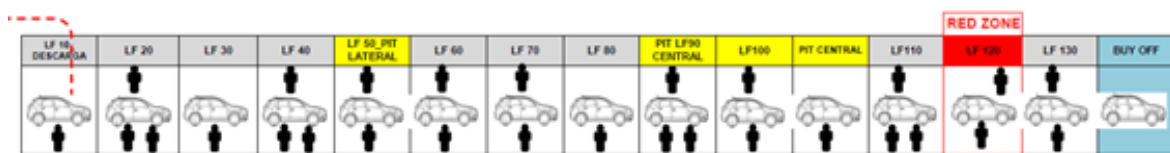


Figura 11 – Layout da linha Final

Fonte: Próprio Autor (2014)

5.2 Mensuração da capacidade dos principais processos

Foi realizada uma verificação geral da linha estudada, e relacionado os principais equipamentos e processo de cada setor. O passo seguinte adotado foi a mensuração da capacidade produtiva destes principais pontos.

A escolha dos equipamentos para análise de capacidade seguiu a classificação de criticidade dos equipamentos para a linha de produção adotada pela área de engenharia industrial e manutenção da empresa pesquisada, que utiliza como critério de classificação o nível de dependência que a produção possui destes equipamentos/processos, para o cumprimento dos objetivos de volume produtivo,

No caso de falha do equipamento e se houver outro equipamento disponível o nível de dependência é pequeno, os equipamentos/processos identificados com restrição de capacidade pela engenharia industrial, são equipamentos/processos que não é possível aumentar a capacidade significativamente somente adicionando mão de obra.

A determinação dos equipamentos ou processos importantes para a mensuração da capacidade produtiva deve ser feita pela área de engenharia industrial, na ausência deste departamento é necessário junto ao líderes de produção, técnicos ou engenheiros da área cronometrar os equipamentos e processos e então determinar o processo gargalo.

Os principais pontos avaliados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Mensuração da capacidade dos principais processos

<i>Equipamento/Processo</i>	<i>Capacidade(Unidades/Turno)</i>
Mesa de elevação de motores	165
Gravador de chassi	384
Manipulador de estepe	895
Célula de pré-montagem do eixo traseiro	67
Parafusadeira múltipla de rodas	820
Equipamento de teste e configurador do computador de bordo	204
Máquina de enchimento de líquido de arrefecimento	244
Máquina de enchimento do fluido de freio	184
Máquina de enchimento de ar condicionado	220
Máquina de abastecimento de combustível	593

Fonte: Próprio Autor

5.3 Identificação do processo “Gargalo” da linha de montagem

Após a determinação da capacidade produtiva dos principais equipamentos/processos da linha estudada, foi possível identificar entre eles, qual tinha a menor capacidade, o equipamento/processo gargalo.

Baseado nos dados de capacidade produtiva dos principais equipamento/processo, identificou-se que o que tinha a menor capacidade produtiva era a célula de pré-montagem do eixo traseiro localizada na linha aérea, Figura 12.

5.4 Formação da equipe de trabalho

Após o processo gargalo da linha de montagem ser identificado é o momento da formação da equipe que irá executar os próximos passos do método proposto.

Foi necessário a formação de uma equipe de gestão de mudança para traçar os objetivos e dar suporte à equipe responsável pela execução das modificações. No pre-

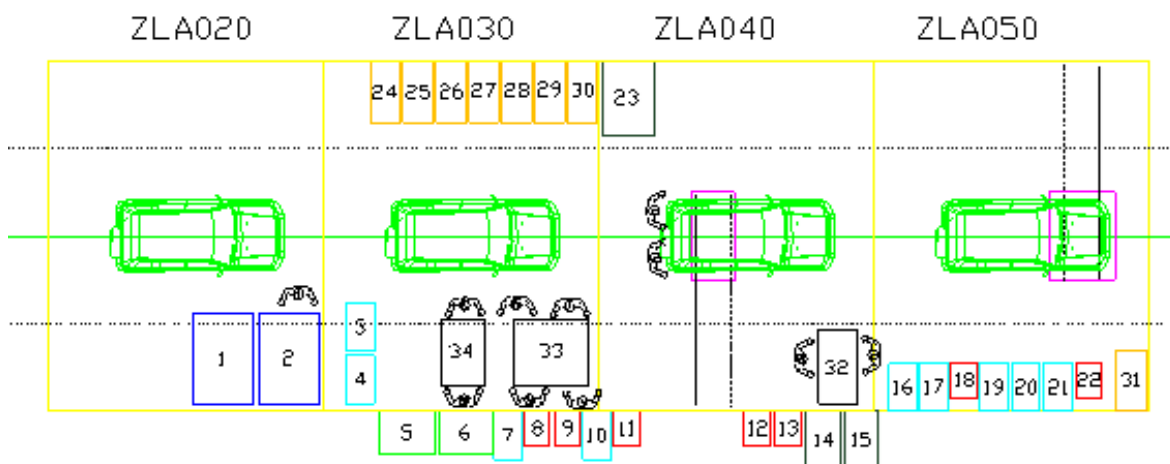


Figura 12 – Célula de pré-montagem do eixo traseiro

Fonte: Próprio Autor (2014)

sente estudo a gestão da mudança ficou a cargo dos supervisores de produção, logística, planejamento e engenharias de processo e industrial.

A equipe de staff formada para o planejamento e execução da mudança foi composta dos engenheiros, técnicos e analistas da produção, logística planejamento, engenharias de processo e serralheria interna.

Os operadores que participaram da mudança e dos treinamentos realizados foram os operadores da produção, logística e serralheria interna, além do líderes de produção.

5.5 Avaliação da condição original do processo gargalo baseado nos princípios da Manufatura Enxuta

A célula de montagem de eixos traseiro foi concebida inicialmente devido ao tempo de ciclo para a pré-montagem do conjunto eixo ser muito maior que o tempo de ciclo da linha de produção. Sendo assim foi confeccionada uma bancada para execução da pré-montagem do eixo traseiro e uma bancada para realização da pré-montagem do braço da suspensão, que é um conjunto pré-montado no eixo traseiro.

A medida que o volume de produção aumentou foi adicionado mais duas bancada de pré-montagem de eixo totalizando três. No total eram oito operadores que trabalhavam na célula, sendo dois em cada bancada de pré-montagem formando três duplas, e dois na

bancada de montagem dos braços da suspensão.

O processo de montagem é basicamente encaixe de componentes como agregado, discos e pinças de freio, cabos de freio, suportes, diferencial, porcas, parafusos e arruelas que são fixados utilizando parafusadeiras elétricas.

Existem três configurações de eixo traseiro utilizado na linha de montagem que eram mixados de acordo com a produção, com tempos de montagem diferentes conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Configurações e Tempos de Montagem - Eixo Traseiro

<i>Configuração</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Tempo de Montagem - Minutos	37,36	31,79	32,34	32,34

Fonte: Próprio Autor

As configurações dos conjuntos representavam um problema para a área de pré-montagem, pois em função da diferença de tempo de montagem dos conjuntos era difícil balancear a produção de acordo com o mix de produção programado para o dia. Quando havia uma sequência grande de conjuntos com a configuração que consumia um tempo maior de montagem, ocorriam atrasos na entrega de conjuntos para a estação de montagem, quando a sequência era de conjuntos que consumiam um tempo menor havia acúmulo de conjuntos montados.

Após a pré-montagem, os eixos eram movimentados através de um equipamento de movimentação vertical denominado talha e armazenados em alguns suportes para depois serem movimentados novamente para a mesa de elevação de eixo que auxilia os operadores realizarem a montagem do conjunto eixo traseiro no veículo suspenso na linha aérea.

5.5.1 Valor

O primeiro aspecto a ser considerado para elaboração de uma proposta de uma nova condição é o valor. O valor somente poderá ser especificado pelo cliente do processo ou do produto e este valor deve ser claramente entendido por todos os funcionários. Devido à análise tratar da saída de um processo interno da empresa, o cliente que determina o valor para este processo é um cliente interno.

O cliente interno da célula de pré-montagem de eixo é a estação que recebe este conjunto para montá-lo no veículo. E valor para estação é:

- Os eixos devem estar disponíveis para montagem no momento certo que é necessário nem antes nem depois.
- Os eixos devem estar disponíveis para montagem sempre no mesmo local, o mais próximo possível da mesa de elevação utilizada na montagem dos conjuntos.
- Os eixos devem ser entregues montados exatamente como especificado, atendendo os padrões de montagem e qualidade.
- Os eixos devem ser entregues na quantidade e no mix de modelos corretos.
- Os eixos devem ser entregues isentos de sujeiras e ou contaminações.

Estes são os aspectos essenciais que representam o que realmente é importante para o cliente, estes pontos em conjunto formam o que é efetivamente, o valor para o cliente interno da célula de pré-montagem que é a estação de montagem do conjunto no veículo.

5.5.2 Fluxo de Valor

A análise do fluxo de valor sempre deve considerar de forma abrangente os processos e as suas relações, como o escopo deste estudo engloba somente um processo em específico esta análise deve ser feita considerando as etapas deste processo e a relação do processo com o cliente interno.

De uma forma geral o processo de montagem do conjunto eixo traseiro é composto pelas seguintes etapas:

5.5.2.1 Pré-montagem dos braços de apoio lado direito e esquerdo

Dentro da célula de pré-montagem de eixos traseiros há uma bancada de montagem dos braços de apoio que é um subconjunto utilizado na montagem do conjunto eixo traseiro lado direito e lado esquerdo. De uma forma resumida, na pré-montagem do braço de apoio são realizadas as seguintes operações:

1. Montagem do cubo do rolamento e o conector do sensor do air bag.
2. Montagem do defletor de poeira.
3. Montagem e fixação dos braços de apoio e suportes dos cabos de freio.
4. Demais fixações de parafusos e presilhas e verificação geral do conjunto montado.

5.5.2.2 Pré-montagem dos conjuntos eixo traseiro

Além da bancada de pré-montagem dos braços de apoio há três bancadas de pré-montagem do conjunto eixo traseiro que montam todas as configurações de conjuntos. De maneira resumida as operações realizadas durante a pré-montagem do eixo traseiro são:

1. Montagem do agregado e barra estabilizadora e buchas.
2. Montagem do diferencial, suporte do chicote, chicotes e coxins.
3. Montagem dos conjuntos braço de apoio lado direito e esquerdo já pré-montados.
4. Montagem das juntas homocinéticas e suportes dos flexíveis de freio.
5. Montagem dos tirantes da suspensão e discos de freio traseiros.
6. Montagem das pinças de freio, dos cabos de freio de estacionamento, cliques, mangueiras e cabos e sensores do ABS.
7. Montagem do suporte do escapamento e do sensor de carga.
8. Verificação geral do conjunto montado.

A descrição das operações realizadas tanto para a montagem dos braços de apoio quanto para a montagem do conjunto eixo traseiro estão apresentadas sucintamente sem detalhes de posicionamento fixação e demais detalhes.

Avaliando o fluxo de valor das operações realizadas identificaram-se diversos momentos de espera entre os operadores, devido restrição de equipamentos desbalanceamento de carga operacional, movimentação desnecessária de material e de pessoas, estoques intermediários, superprocessamento e superprodução e retrabalho, ou seja amostras de todos os desperdícios descritos na literatura abordada.

5.5.3 Fluxo Contínuo

A montagem dos conjuntos dentro da célula ocorria simultaneamente em quatro bancadas, sendo a primeira uma pré-montagem das outras três que montavam cada uma o conjunto até concluí-lo para a montagem no veículo.

O problema consistia que com esta dinâmica de montagem uma bancada realizada uma etapa diferente das demais, porém as outras três bancadas faziam o mesmo trabalho,

e utilizavam em alguns momentos as mesmas ferramentas, o que gerava momentos de espera dos operadores para a conclusão da montagem.

Além deste ponto nem sempre era possível manter a mesma sequência de montagem do conjunto do começo ao final, pois como os conjuntos eram montados por dois operadores em cada bancada, todas as tarefas necessárias para a conclusão da montagem do eixo eram divididas entre estes dois operadores e por restrição e espaço e recursos como ferramentas em alguns momentos algumas tarefas eram adiantadas para aproveitar o tempo disponível em que se esperava a conclusão de uma tarefa ou a disponibilidade de uma ferramenta para seguir com a sequência de montagem.

É fácil de perceber que a produção sendo realizada desta forma havia muitos desperdícios concretos, como o tempo de espera e alguns potenciais como o risco de montagem incorreta devido a falta de padronização da sequência de montagem.

Sendo assim fica claro que o fluxo de montagem dos conjuntos ocorria com muitas interrupções o que impossibilitava que as tarefas fossem realizadas de uma maneira constante, pode-se afirmar que a condição que o processo se encontrava não havia um fluxo contínuo no processo.

A possibilidade de melhoria do sistema utilizado na montagem dos conjuntos situa-se na modificação deste fluxo de processo intermitente para um fluxo contínuo onde os conjuntos possam ser montados de maneira mais harmoniosa e cadenciada obedecendo sempre a mesma sequência de montagem, possibilitando um melhor balanceamento das operações e reduzindo ao máximo o tempo de espera dos operadores.

5.5.4 Produção Puxada

O processo puxador da área de pré-montagem dos conjuntos eixo traseiro é a estação da linha aérea que monta o conjunto no veículo, e a produção dos conjuntos deve atender a demanda deste processo, não produzindo a mais por gerará estoque entre outros desperdícios, nem a menos pois irá gerar paradas de linha pela falta do componente.

Em função do desbalanceamento de carga dos operadores e do mix de produção baseado nas configurações possíveis dos conjuntos, em momentos a produção era puxada pela estação de montagem do conjunto no veículo, em outros a produção era empurrada pela célula de pré-montagem dos eixos. Por exemplo nos momentos em que o mix de produção tinha em sua maioria conjuntos com configuração que consumia um menor tempo de montagem a célula de pré-montagem aproveitava o tempo disponível para

adiantar a produção gerando estoque empurrando a produção para o processo cliente.

A perspectiva da produção puxada deve ser considerada de forma integral para a pré-montagem dos conjuntos em 100% do tempo não somente quando o mix de produção proporcionar uma condição para que isso ocorra. Não que os operadores devam produzir o necessário e ficar esperando os conjuntos serem consumidos, mas que o que o processo esteja realmente nivelado e balanceado mantendo o trabalho contínuo atendendo a demanda do cliente interno.

5.5.5 Busca pela Perfeição

Com os valores previamente já determinados, com o fluxo de valor mapeado e os desperdícios identificados e eliminados é possível dar dinamismo ao processo fazendo-o fluir em um fluxo contínuo para atender a demanda do processo puxador sem geração de estoque nem falta de conjuntos é hora de buscar abertamente a perfeição.

Em todos os processos, por mais enxutos que sejam sempre haverá possibilidade de melhorias, e esta busca deve ser contínua. No intento de melhorar o processo existente a análise a ser feita refere-se em não somente propor uma condição melhor que a existente mas a melhor condição que é possível alcançar.

5.5.6 Resumo da análise da condição original

Na avaliação da condição original do processo gargalo foi possível identificar que havia diversos problemas que geravam desperdícios e limitavam a capacidade produtiva da célula, entre eles:

- Produção alternava entre puxada e empurrada.
- Sequenciamento da produção da bancadas ineficientes.
- Fluxo irregular de montagem.
- Grande quantidade de alguns itens pré-montados.
- Excesso de movimentação dos operadores.
- Inexistência de padronização de montagens.
- Tempo de espera entre operadores.

- Registros de discrepâncias, defletor de disco.
- Risco de acidente.
- Desorganização.

5.6 Recomendação de melhorias baseadas nas ferramentas da manufatura enxuta

Para recomendar melhorias ao processo estudado foi preciso realizar uma análise da condição original do processo e associar os problemas encontrados com ferramentas da Manufatura Enxuta abordadas no referencial teórico, a aplicação destas ferramentas buscou formar uma proposta de condição mais eficiente, com menos desperdícios, com foco direcionado para o ganho de capacidade da linha de produção.

A aplicação de ferramentas da manufatura enxuta buscaram gerar melhorias para o processo analisado, porém esta aplicação foi priorizada pela busca no ganho de capacidade produtiva. As ferramentas foram classificadas de acordo com o seu impacto na capacidade produtiva da linha, sendo:

- Impacto direto – As ferramentas que geraram impacto significativo na capacidade produtiva.
- Impacto Indireto – As ferramentas que geraram impacto pouco significativo na capacidade produtiva.
- Sem impacto – As ferramentas que não geraram impacto na capacidade produtiva.

5.6.1 Mapeamento do Fluxo de valor

A aplicação do mapeamento de Fluxo de Valor no processo estudado foi muito pertinente, pois através desta ferramenta foi possível identificar o fluxo de informações da célula de montagem, os estoques intermediários, o tempo de ciclo da montagem dos conjuntos, a área ocupada e a quantidade de operadores envolvidos em cada operação.

Após o levantamento das informações obtidas durante a aplicação do mapeamento foi possível direcionar os *kaizen* de forma a melhorar as condições de montagem dos conjuntos. A aplicação desta ferramenta gerou impacto direto na capacidade produtiva da área estudada.

MAPA ATUAL - Para resumir a condição inicial do processo estudado e auxiliar a análise dos pontos que podem ser melhorados foi elaborado o mapa do estado atual conforme Figura 13. No mapa é representando o fluxo de informações da programação de

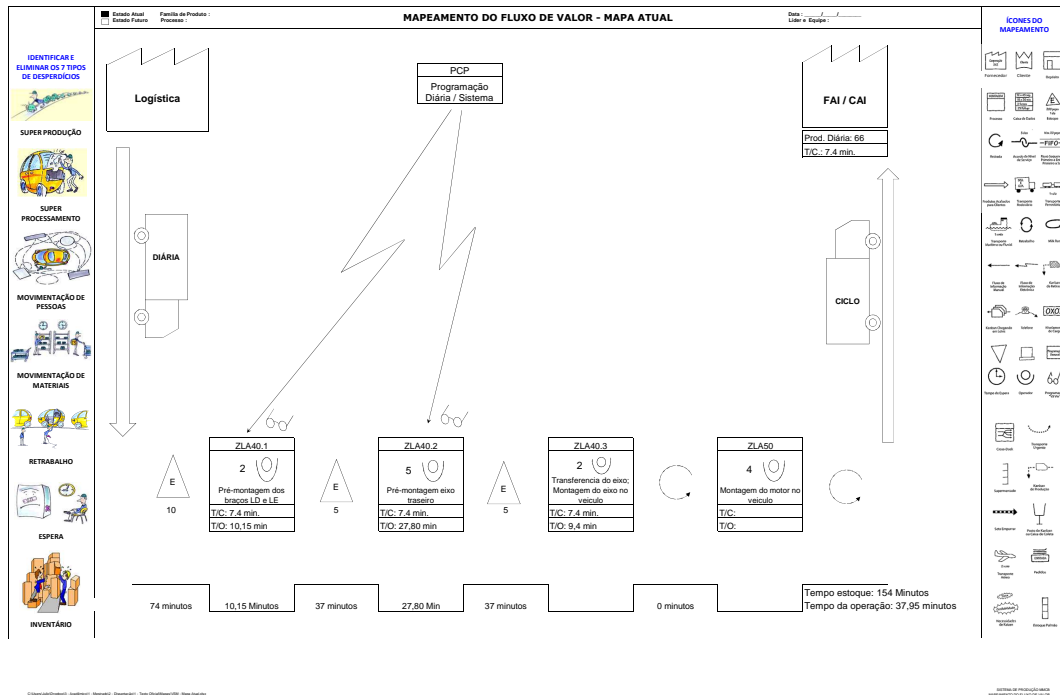


Figura 13 – Mapa do Estado Atual

Fonte: Próprio Autor (2014)

produção para a área de montagem e o fluxo de materiais e produto durante o processo. O mapa ilustra ainda cada etapa do processo produtivo avaliado em blocos considerando como base o tempo de ciclo da operação. Na base do mapa é identificado o tempo de operação e estoques intermediários em cada bloco de operação e no final ao canto direito o valor acumulado de todos os blocos para cada uma destas duas variáveis. No mapa atual o tempo de estoque total era de 154 minutos enquanto o tempo de operação total era de 46,76 minutos.

MAPA FUTURO - No mapa futuro (Figura 14) o tempo de estoque total é de 74 minutos enquanto o tempo de operação total é de 22,47 minutos.

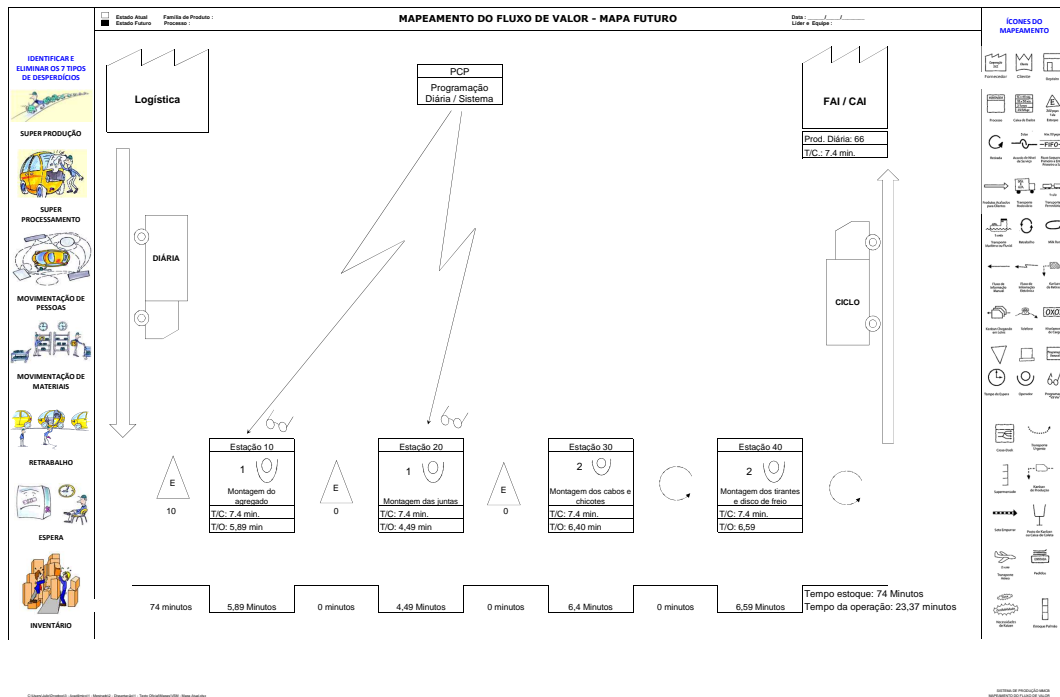


Figura 14 – Mapa do Estado Futuro

Fonte: Próprio Autor (2014)

5.6.2 Manutenção Produtiva Total

A aplicação da ferramenta de Manutenção Produtiva Total está relacionada com a capacidade da linha de produção, porém de forma indireta e a médio ou longo prazo, isso porque a aplicação da ferramenta objetiva manter em funcionamento equipamentos já existentes na linha de produção e a falta de algum destes equipamentos pode refletir na redução de capacidade, porém a aplicação direta da Manutenção Produtiva Total não trará um ganho também direto de capacidade.

5.6.3 Kaizen

O *kaizen* utilizada no estudo extremamente importante para o ganho de capacidade da linha de produção, pois frente a grande parte dos pontos identificados como problemáticos a aplicação do *kaizen* mostrou-se significativa.

Um ponto realmente muito importante para melhorar a condição original de montagem é a falta de fluxo contínuo durante a execução das tarefas, a aplicação do *Kaizen* para a melhoria deste aspecto do processo foi fundamental. A aplicação desta ferramenta gerou

impacto direto no ganho de capacidade produtiva no processo analisado.

5.6.4 Programa 5S

Em função do desperdício identificado na condição original proveniente de uma condição não adequada de principalmente organização, devido à restrição de área, aplicação do programa 5S foi primordial.

A aplicação desta ferramenta teve um impacto indireto no ganho de capacidade produtiva, porém é uma importante ferramenta de apoio na melhoria.

5.6.5 Troca Rápida de Ferramentas

A Troca Rápida de Ferramentas tem uma importância muito significativa em processos em que são necessárias trocas constantes de matrizes ou ferramentas para a realização da produção, porém para o caso estudado não havia necessidade de troca de ferramentas, dispositivos ou matrizes o que tornou a aplicação desta ferramenta desnecessária para o objetivo proposto do estudo que é o ganho de capacidade produtiva.

5.6.6 Kanban

Como a configuração original da célula de montagem estava limitada em função de restrição de área disponível, para o aumento de capacidade produtiva houve a necessidade de buscar outra área para realização das montagens de forma mais adequada.

Em função da modificação do local de montagem do conjunto foi necessária a implantação de um sistema de abastecimento de conjuntos prontos para a linha de montagem. Para a realização deste abastecimento utilizou-se a ferramenta Kanban, mais especificamente o Kanban de retirada onde a sinalização para o abastecimento de novos conjuntos é a embalagem vazia no processo acima.

Para este fim a ferramenta mostrou-se adequada e atendeu as necessidades do processo proposto e obteve um impacto direto no ganho de capacidade produtiva.

5.6.7 Heijunka (produção Nivelada)

A aplicação do Heijunka – produção nivelada – já era aplicada na célula de montagem focalizada na demanda do cliente final, porém não 100% do tempo de produção, havia

momentos que a produção era desnivelada quanto a modelos e volume de produção. A aplicação da ferramenta teve um impacto indireto no ganho de capacidade produtiva.

5.6.8 *Just in Time / Takt Time*

O *takt time* já era determinado na área de pré-montagem de eixo traseiros, porém esta referência não era seguida o tempo todo, havia momentos em que a montagem de conjuntos acompanhava somente a disponibilidade de recursos como mão de obra e área, produzindo mais ou menos que o requerido pelo cliente interno.

A aplicação do *takt time* na determinação da cadência de produção possibilitou a aplicação do *just in time*. Ao produzir somente quando e quanto o necessário, foi possível identificar desperdícios no processo e implementar melhorias.

É uma ferramenta que contribuiu para a melhoria do desempenho do processo reduzindo desperdícios, porém tem impacto indireto no ganho de capacidade produtiva.

5.6.9 Zero Defeito (Poka Yoke)

A aplicação da ferramenta de zero defeito é muito importante para a redução do desperdício proveniente de retrabalhos. Foi possível utilizar esta ferramenta em uma modificação de processo da montagem dos braços de apoio do conjunto eixo traseiro.

No processo original após o processamento da submontagem do conjunto braço de apoio, este conjunto era armazenado em uma embalagem que em função do manuseio gerava deformação no defletor de poeira. No novo processo, após a pré-montagem os conjuntos são encaminhado diretamente para a pré-montagem do conjunto eixo traseiro, que os utiliza na montagem do conjunto.

Ao excluir o processo de armazenagem do conjunto braço de apoio, eliminou-se a possibilidade de deformação dos conjuntos. A aplicação desta ferramenta resultou em um impacto indireto no ganho de capacidade produtiva.

5.6.10 Trabalho em Equipes

O trabalho em equipe foi aplicado no processo estudado e demonstrou impacto direto na capacidade produtiva da área pois, foram identificadas diversas oportunidades de melhoria que reduziram desperdícios e favoreceram o aumento da capacidade.

5.6.11 Gestão Visual

A gestão visual é uma importante ferramenta e foi utilizada na melhoria da condição original da célula de montagem, porém a sua aplicação trouxe somente impactos indiretos para o ganho de capacidade produtiva.

5.6.12 Trabalho Padronizado

A aplicação desta ferramenta é essencial para a redução de diversos tipos de desperdícios, como retrabalhos e movimentação desnecessária de pessoas e materiais. A realização das montagens na condição original nem sempre eram padronizadas, e a aplicação do trabalho padronizado reduz enormemente estes problemas. A aplicação desta ferramenta gerou impacto direto no ganho de capacidade produtiva da área.

5.6.13 Jidoka (Autonomação)

A aplicação do *Jidoka* somente foi possível após a modificação do sistema de produção dos eixos. Como os processos foram divididos por operadores e estações de trabalho, facilitou a possibilidade de identificação de problemas nos conjuntos e interrupção do processo para correção e identificação da causa do problema. A aplicação desta ferramenta teve impacto indireto no ganho de capacidade produtiva.

5.7 Comparação das melhorias propostas e verificação da necessidade de ajustes

Após o estabelecimento da proposta de uma nova condição de montagem esta proposta foi comparada com a condição original e foram verificados os pontos que poderiam ainda ser melhorados sejam aspectos de processo de montagem e ou abastecimento de peças.

Após a reestruturação da área de montagem dos conjuntos, os operadores foram treinados nas novas sequências de montagem, localização de peças e ferramentas, além da nova distribuição das operações.

O treinamento buscou também demonstrar os benefícios que a nova configuração trazia sob aspectos de produtividade, redução de desperdícios, qualidade na montagem dos conjuntos e possibilidade de um melhor balanceamento das operações realizadas na nova área.

5.8 Resumo da nova condição e da aplicação prática das melhorias

O formato final da área de montagem de eixos traseiros foi concebido considerando conceitos e ferramentas da manufatura enxuta para transformar a área de maneira a reduzir os desperdícios estabelecer um processo mais eficiente.

Na condição original a montagem dos conjuntos era realizada em uma área dentro da linha de produção disposta em formato celular, onde havia muito deslocamento para a obtenção dos componentes a serem montados, o que gerava grande desperdício e perda de produtividade.

Além das perdas devido o deslocamento, o layout restringia a adição de mais operadores para a montagem de uma quantidade maior de eixos em um mesmo período de tempo, pois as bancadas existentes já eram utilizadas por dois operadores simultaneamente, a adição de mais operadores nas bancadas existentes geravam uma ineficiência muito grande em função do tempo de espera entre os operadores e falta de espaço para trabalhar, e não era possível adicionar mais bancadas de montagem devido à falta de espaço disponível para a montagem dos conjuntos, ou seja, a condição restringia a capacidade produtiva da célula de montagem de eixos traseiros.

Na nova condição a área de montagem dos conjuntos está disposta em formato de uma linha sequencial de montagem (ver Figura 15), onde os operadores trabalham cada um na sua estação obtendo os componentes que em sua maioria estão alocados dentro da sua própria estação e montando o conjunto, porém sem se deslocar para fora das suas estações, neste formato, o que se desloca entre as estações são os carrinhos de processo que são utilizados para a montagem e deslocamento dos conjuntos eixo traseiro através da linha de montagem.

A linha de montagem é composta por um total de cinco estações sendo:

1. Estação:

- Montagem do agregado e barra estabilizadora e buchas;
- Montagem do diferencial;
- Suporte do chicote.

2. Estação:

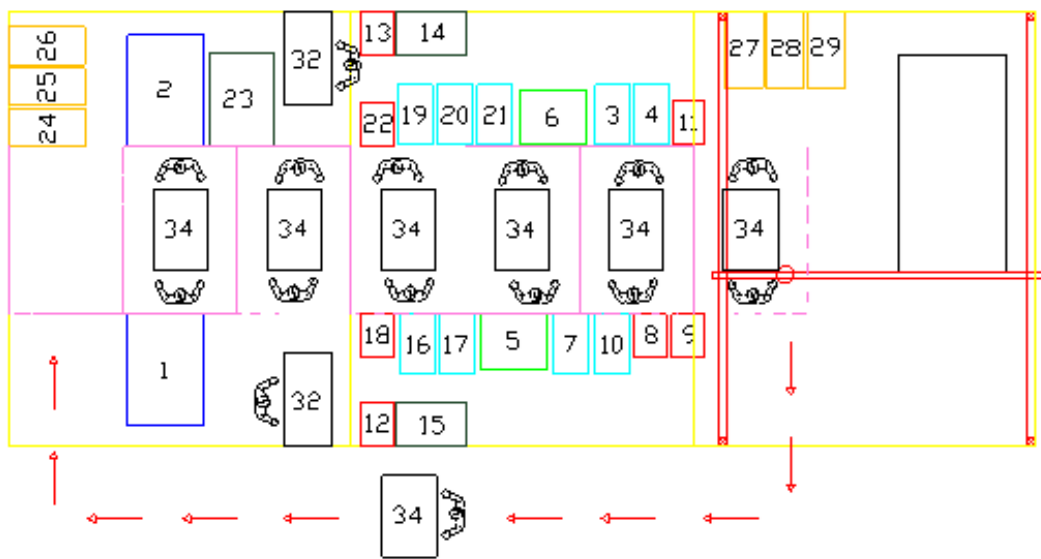


Figura 15 – Linha de pré-montagem do eixo traseiro

Fonte: Próprio Autor (2014)

- Montagem das juntas homocinéticas.
3. Estação:
- Pré-montagem e Montagem dos conjuntos braço de apoio lado direito e esquerdo já pré-montados;
 - Cabos de freio de estacionamento;
 - Sensores do ABS.
4. Estação:
- Chicotes;
 - Suportes dos flexíveis de freio;
 - Montagem dos tirantes da suspensão e discos de freio traseiros;
 - Montagem das pinças de freio;
 - Clipes, Mangueiras e cabos;
 - Montagem do suporte do escapamento e do sensor de carga.
5. Estação:
- Verificação geral do conjunto montado.

Para o transporte dos conjuntos montados da linha de pré-montagem até a linha área que monta o conjunto no veículo é utilizado plataformas de transporte dos conjuntos já montados que tem capacidade de quatro conjuntos prontos. Estas plataformas são abastecidas na estação de montagem do conjunto na linha aérea utilizando rebocadores.

A plataforma com os conjuntos montados fica alocada na linha de montagem ao lado da mesa de elevação do conjunto na área onde antes ficava a célula de montagem dos conjuntos, no total são ficam duas plataformas na linha aérea e duas plataformas na linha de pré-montagem dos conjuntos.

O sistema de chamada de abastecimento das plataformas de manuseio é o Kanban de retirada que utiliza a própria embalagem vazia como sinalizador da necessidade de abastecimento de mais conjuntos montados.

5.9 Apresentação dos resultados

Nesta seção são apresentados os principais ganhos obtidos através da aplicação do método proposto para aumento da capacidade produtiva, baseado nos princípios e ferramentas da manufatura enxuta. Este capítulo tem também como objetivo difundir e incentivar o uso de ferramentas da manufatura enxuta divulgando os benefícios que podem ser alcançados através da sua aplicação.

5.9.1 Redução de Área

Com a reestruturação da área de montagem de conjuntos eixo traseiro, este processo passou a ser realizado em outro ponto da fábrica em uma área com mais espaço liberando assim área dentro da linha de produção considerado como uma área nobre dentro da fábrica.

Considerando o espaço que ainda é ocupado pelas plataformas de transporte de eixo foi liberado o total de $78,75 m^2$ que pôde ser aproveitado para adequação do layout e melhoria de fluxo de processo e materiais.

5.9.2 Aumento da capacidade produtiva

A principal necessidade que este estudo buscou atender foi a melhoria na capacidade produtiva da linha de produção estudada para possibilitar a adição de mais um modelo de veículo para ser produzido nesta linha. Conforme citado na seção 4.1.2 a capacidade

produtiva da área gargalo da linha estudada, a linha de pré-montagem de eixos traseiros inviabilizava o aumento de volume necessário para a produção de um novo veículo.

Originalmente a capacidade produtiva da célula de montagem de eixos traseiros era de 67 unidades por turno, ou 7,76 veículos por hora. Com a nova proposta de processo de montagem dos conjuntos a capacidade deste processo passou para 148 unidades por turno, ou 17,14 veículos por hora, um aumento de 121%.

Como o foco é a capacidade produtiva da linha de montagem, foi necessário considerar qual é o processo gargalo atual e para se verificar a nova capacidade da linha de produção. Com a saída da célula de montagem de eixo o processo gargalo da linha passou a ser a mesa de elevação de motores utilizada para a montagem do conjunto motor e transmissão nos veículos com a capacidade de 165 veículos por turno, ou 19,11 veículos por hora.

5.9.3 Variação de estoque

No processo original a quantidade de conjuntos submontados era de 05 unidades que ficavam armazenados ao redor das bancadas de pré-montagem que geravam excesso de manuseio e estoque e podiam ser considerados com estoque de segurança pois existia somente para garantir que os clientes do fluxo não fiquem desabastecidos. Com a mudança do processo para uma nova área, foi necessário uma alteração da quantidade dos conjuntos para doze unidades porém consideradas aqui como estoque em processo pois é quantidade mínima para manter o processo fluindo sem problemas.

5.9.4 Redução dos desperdícios

Com a aplicação dos princípios e ferramentas da manufatura enxuta foi possível identificar e reduzir um dos principais desperdícios do processo estudado a movimentação desnecessária dos operadores durante a realização das montagens.

Na condição original o tempo de movimentação desnecessária era de 11,12 minutos por unidade produzida para os modelos 4x4 e 13,04 minutos para os modelos 4x2. Após a aplicação dos princípios e ferramentas os tempos reduziram para 5,17 minutos para os modelos 4x4 e 6,92 minutos para os modelos 4x2, redução de 53,5% e 46,9% respectivamente.

Em resumo, o tempo total necessário para montagem de um conjunto completo de eixo traseiro na condição original era de 37,95 minutos para os modelos 4x4 e de 32,29

minutos para os modelos 4x2. Após a aplicação dos princípios e ferramentas da manufatura enxuta os tempos reduziram para 23,37 minutos para os modelos 4x4 e para 19,23 minutos para os modelos 4x2, redução de 38,42% e 40,46% respectivamente.

O restante do tempo reduzido na execução da montagem dos conjuntos é proveniente da redução do tempo de espera dos operadores para a realização das suas montagens, seja pela espera para utilização de equipamentos ou pela espera pela conclusão das operações anteriores.

5.9.5 Difusão dos conceitos e ferramentas *lean*

Somente os ganhos já mencionados são o suficiente para acreditar nos benefícios da aplicação dos conceitos e ferramentas *lean*, porém quanto mais os conceitos e ferramentas estão arraigados nas pessoas mais efetivos são os resultados da sua aplicação.

A convicção e comprometimento de todos funcionários que participam das mudanças promovidas por ações *lean* propiciam ganhos realmente diferenciados para solução de problemas e eliminação de desperdícios. Com a participação integral dos funcionários o sistema de manufatura enxuta é difundido para a organização e favorece o empenho de todos os envolvidos na melhorias identificadas.

O comprometimento da liderança é fundamental para o sucesso das melhorias, é através do exemplo, suporte, fomento e monitoramento das práticas que os times de trabalho podem impulsionados a enxergar as condições não ideais em seus processos que geram desperdícios e terem inspiração e brio para buscar melhorar sempre.

5.9.6 Avaliação final dos resultados

O principal objetivo do estudo foi aumentar a capacidade produtiva da linha de montagem, através de um método estruturado utilizando os conceitos e ferramentas da manufatura enxuta. A condição original do processo gargalo foi avaliada e uma nova proposta foi elaborada com o intuito de eliminar desperdícios e melhorar o desempenho.

A área estudada na condição original produzia conjuntos de eixo traseiro em um sistema celular dentro da linha de produção com uma significativa restrição de aumento de volume de produção que impedia a adição de novos produtos. A nova configuração reestruturou o processo, modificando o sistema de montagem para um sistema em linha onde os principais conceitos da manufatura enxuta puderam ser atendidos.

Com base nos resultados alcançados é possível afirmar que os aspectos favoráveis obtidos durante a mudança superam os desfavoráveis, o que confirma que o método utilizado para a melhoria do desempenho do processo e mostrou-se eficiente.

Conclusão

Este trabalho teve como finalidade determinar um processo estruturado para o aumento da capacidade produtiva em uma linha de produção de veículos, avaliando as condições originais de processo com base nos conceitos *lean*, e propondo melhorias baseadas em ferramentas da manufatura enxuta.

Para cumprir a finalidade do trabalho proposto, foi elaborado um método dividido em nove etapas que são: Visão Macro da área de análise a linha de montagem, Mensuração da capacidade dos principais processos, Identificação do processo “Gargalo” da linha, Formação da equipe de trabalho, Avaliação da condição original do processo gargalo baseado nos princípios da Manufatura Enxuta, Recomendação de melhorias baseadas nas ferramentas da manufatura enxuta, Comparação das melhorias propostas e verificação da necessidade de ajustes, Resumo da nova condição e da aplicação prática das melhorias e Apresentação dos resultados. O método elaborado foi aplicado em uma linha de montagem de veículos.

Na primeira etapa do método elaborado, visão macro da área de análise, foi avaliada a linha de montagem “H” porque era a linha da empresa que tinha previsão de entrada de um novo veículo e era necessário certificar a se capacidade produtiva disponível era o suficiente para a produção de mais um veículo. Verificou-se que a linha estudada é constituída de três sublinhas, quarenta estações e diversos processos e equipamentos.

Na segunda etapa foi mensurada a capacidade produtiva dos principais equipamentos e processos da linha estudada. Na terceira etapa foi identificado qual o processo da linha com menor capacidade produtiva, o processo gargalo. O processo identificado como gargalo no estudo foi a célula de pré-montagem de eixo traseiro com capacidade de 67 veículos por turno, equivalente a 7,76 veículos por hora. A capacidade original da linha

pesquisada não atendia a demanda futura necessária para a inclusão de mais um veículo na linha de produção, justificando o estudo.

Em seguida no quarta etapa foi formada a equipe para a execução das análises e mudanças necessárias para o aumento de capacidade produtiva da área gargalo. Foi formada uma equipe de gestão de mudança constituída pelos supervisores das áreas envolvidas para suporte da equipe e para traçar os principais objetivos. Para o planejamento e execução das mudanças foi formada uma equipe de engenheiros, técnicos e analistas das áreas envolvidas e para a execução e treinamentos operacionais participaram os operadores e líderes de produção das áreas envolvidas.

Após a formação da equipe, na quinta etapa foi avaliado a condição original do processo gargalo baseado em princípios da manufatura enxuta, verificou-se o valor do processo, o fluxo de valor, se o processo tinha ou não um fluxo contínuo, como era o sistema da produção se era puxada ou empurrada, a busca pela perfeição e um resumo da análise da condição original.

Para executar a sexta etapa que é a recomendação de melhorias baseadas nas ferramentas de manufatura enxuta se priorizou através do impacto das ferramentas no ganho de capacidade produtiva na linha de produção. As ferramentas avaliadas foram: O mapeamento do fluxo de valor, a manutenção produtiva total, Kaizen, programa 5S, Troca rápida, Kanban, Heijunka (produção nivelada), *Just in Time/Takt Time*, Zero defeito, trabalho em equipe, gestão visual, trabalho padronizado, *Jidoka* (autonomação).

Na sétima etapa as melhorias propostas foram verificadas com o objetivo de se verificar se a condição sugerida poderia ser melhorada e ajustada. Na oitava foi detalhado o resumo da nova condição e a aplicação das melhorias.

Após a implantação das melhorias e modificação do processo pesquisado, confirmou-se a efetividade das ações tomadas e então na nona etapa foi apresentada a avaliação final dos resultados à equipe gestora da melhoria.

6.1 Avaliação do Método Proposto

O método elaborado e descrito no quinto capítulo buscou detalhar os procedimentos necessários para tornar possível o principal objetivo que era a melhoria da capacidade de uma linha de produção. O método elaborado foi utilizado com sucesso em um estudo de caso em uma empresa montadora de veículos.

Pode-se afirmar que os principais objetivos do trabalho foram alcançados, pois os resultados da aplicação do método no estudo de caso auxiliou a empresa na redução de desperdícios e melhoria da capacidade produtiva o que possibilitou a alocação de mais uma plataforma de veículos na produção da linha estudada.

Pode-se então afirmar que o método proposto poderá ser entendido por outras pessoas e aplicado em outras empresas do mesmo ou de outros segmentos que busquem melhorar os seus processos e aumentar a capacidade produtiva.

6.2 Recomendações de trabalhos futuros

A empresa utilizada no estudo de caso é uma grande empresa com diversos processos o que tornou necessário delimitar um escopo restrito para a conclusão do estudo no tempo determinado, e a situação de uma linha em específico era mais crítica em função da necessidade de adição de mais uma plataforma de veículos.

Porém a aplicação do método pode ser feita em outras áreas, não com o foco somente direcionado no aumento de capacidade produtiva, mas também para a redução de desperdícios e melhoria do desempenho operacional, dentre as possibilidades de trabalhos futuros pode-se destacar:

- Realizar estudo para identificação dos principais desperdícios da área e elaboração de propostas de melhoria.
- Aplicar o método proposto na outras linhas de montagem de veículos.
- Desenvolver sistema para mensurar efetividade da aplicação das ferramentas de manufatura enxuta.
- Planejamento e execução de estudo macro avaliando o fluxo de valor dos processos globais da empresa.
- Elaboração de um método estruturado para implantação do sistema de manufatura enxuta em toda a organização.

Referências

BLACK, J. T. *O projeto da fábrica do futuro*. Porto Alegre: Bookman, 1998. Citado 3 vezes. Páginas 11, 28 e 30.

CHIAVENATO, I. *Administração nos Novos Tempos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. Citado na página 12.

FACHIN, O. *Fundamentos de Metodologia*. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2006. Citado na página 37.

FERREIRA, A. B. *Dicionário Aurélio de língua portuguesa*. 5. ed. Curitiba: Positivo, 2010. Citado na página 22.

GIL, A. C. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. Citado na página 36.

GODINHO, M.; FERNANDES, F. C. F. Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. *Gestão da Produção*, v. 11, n. 1, p. 1–19, 2004. Citado 2 vezes. Páginas 12 e 25.

HINO, S. *O pensamento Toyota: princípios de gestão para um crescimento duradouro*. Porto Alegre: Bookman, 2009. Citado 2 vezes. Páginas 21 e 26.

INSTITUTE, L. E. *Léxico Lean: glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean*. 4. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2011. Citado 5 vezes. Páginas 27, 28, 30, 33 e 34.

LACOMBE, F. *Dicionário de Administração*. São Paulo: Saraiva, 2004. Citado 3 vezes. Páginas 16, 19 e 21.

LAKATOS, M. E.; MARCONI, M. de A. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. Citado na página 42.

LIKER, J. k. *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2005. Citado 6 vezes. Páginas 22, 24, 31, 32, 33 e 34.

OHNO, T. *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997. Citado 5 vezes. Páginas 13, 22, 25, 27 e 31.

ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a Enxergar*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003. Citado 3 vezes. Páginas 24, 28 e 32.

SEVERINO, A. J. *Metodologia do Trabalho Científico*. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007. Citado na página 36.

- SHINGO, S. *O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996. Citado 4 vezes. Páginas 21, 25, 31 e 32.
- SILVA, E. L. da. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2001. Citado na página 35.
- SILVA, M. A. F. da. *Métodos e técnicas de pesquisa*. 2. ed. Curitiba: Ibplex, 2005. Citado na página 36.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009. Citado 5 vezes. Páginas 17, 22, 30, 32 e 45.
- TAVARES, M. C. *Gestão Estratégica*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007. Nenhuma citação no texto.
- TAYLOR, F. W. *Princípios de Administração Científica*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2002. Citado 2 vezes. Páginas 17 e 18.
- VERGARA, S. C. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 14. ed. São Paulo: Atlas, 2013. Citado 2 vezes. Páginas 36 e 37.
- WERKEMA, C. *Lean seis sigma: introdução as ferramentas do lean manufacturing*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. Citado 5 vezes. Páginas 20, 26, 28, 29 e 33.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. *The machine that changed the world*. New York: Macmillan Publishing Company, 1990. Citado na página 11.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. *A Máquina que mudou o mundo*. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. Citado 6 vezes. Páginas 12, 16, 17, 19, 20 e 21.
- WORMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. *A Mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. Citado 5 vezes. Páginas 22, 23, 24, 26 e 27.
- YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. Citado na página 36.