

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DESCRIÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DA MANUFATURA
ENXUTA: Estudo de caso em uma montadora de máquinas
agrícolas

Pedro Paulo Anacleto

SÃO CARLOS
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DESCRIÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DA MANUFATURA
ENXUTA: Estudo de caso em uma montadora de máquinas
agrícolas

Pedro Paulo Anacleto

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Gilberto Miller Devós Ganga

SÃO CARLOS
2011

DEDICO este estudo aos meus pais e ao meu irmão pelo amor, educação e apoio durante toda minha vida, possibilitando assim que essa e outras conquistas fossem alcançadas.

AGRADEÇO aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, em especial ao Professor Doutor Gilberto Miller Devós Ganga que me orientou neste trabalho;

A todos os amigos que estiveram comigo durante esses anos de estudo e diversão.

RESUMO

ANACLETO, P. P. **Descrição de implantação da manufatura enxuta**: estudo de caso em uma montadora de máquinas agrícolas. 2011. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

O sistema de produção enxuta está sendo utilizado por uma quantidade crescente de empresas que estão buscando novas maneiras de lidar com o cenário atual. Este trabalho tem por objetivo a descrição da implementação dos conceitos de produção enxuta em uma empresa montadora de máquinas agrícolas. O método utilizado foi um estudo de caso descritivo. Os resultados obtidos apontam para reduções do *lead time* e melhor utilização da mão de obra que ficou melhor nivelada após a realização do trabalho. Há também uma análise das dificuldades encontradas durante o projeto e recomendações para a realização de projetos em produção enxuta.

Palavras-chave: Produção enxuta, balanceamento de linha de montagem, redução de *lead time*.

ABSTRACT

ANACLETO, P. P. **Description of the implementation of lean manufacturing:** a case study in a manufacturer of agricultural machinery. 2011. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

Lean manufacturing is being used by a growing number of companies which are seeking new ways of dealing with today's scene. The object of this work is to describe the implementation of lean manufacturing concepts in a manufacturer of agricultural machinery. The used method is a descriptive case study. The results of the work point to lead times reductions and better utilization of workforce. An analysis of the difficulties during the project implementation was made and some recommendations for lean manufacturing projects are given.

Keywords: Lean manufacturing, line balancing, lead time reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Casa do Sistema Toyota de Produção	12
Figura 2 Um Modelo de Sistema de Produção	17
Figura 3 Ciclo da Produção Enxuta.....	21
Figura 4 O enfoque da produção enxuta.....	22
Figura 5 Exemplo de Mapeamento de Fluxo de Valor.....	23
Figura 6 Gráfico de Balanceamento do Operador	24
Figura 7 Exemplo de Relatório A3.....	26
Figura 8 Os quatorze princípios do Sistema Toyota de Produção.....	28
Figura 9 Estrutura hierárquica para projetos <i>lean</i>	30
Figura 10 Representação do DMAIC e sua abordagem contínua	33
Figura 11 Aplicação das estruturas para diferentes propósitos de estudos de caso.....	35
Figura 12 Estrutura de desenvolvimento da pesquisa	37
Figura 13 Mapa de Fluxo de Valor Inicial	39
Figura 14 Cronograma de Projeto	40
Figura 15 <i>Kaizen Bursts</i> das iniciativas de melhoria.....	42
Figura 16 Gráfico de demanda prevista em 2011.....	43
Figura 17 Mapa de fluxo de valor atual detalhado	46
Figura 18 Planilha utilizada para avaliar a distribuição de trabalho.....	48
Figura 19 Balanceamento da linha de montagem.....	50
Figura 20 Exemplo de TCT.....	52
Figura 21 Distribuição projetada da carga de trabalho por operador	54
Figura 22 Gráfico de <i>Gantt</i>	56
Figura 23 Cronômetro instalado na linha de montagem.....	59
Figura 24 Sinalizador de Progresso Atual x <i>Baseline</i>	59
Figura 25 Sinalizador de status.....	60
Figura 26 Apontamento Manual de Ocorrências.....	61
Figura 27 Acompanhamento de produção.....	62

Figura 28 Gráfico de saída de linha.....	63
Figura 29 Histórico de falta de peças	64
Figura 30 Categorização dos problemas encontrados	66
Figura 31 Análise de um dia de trabalho de um operador.....	67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO TEMA DA PESQUISA.....	11
1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVO DA PESQUISA	13
1.3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO	16
2.1.1 Evolução histórica dos sistemas de produção	17
2.1.2 Sistema de produção artesanal.....	18
2.1.3 Sistema de produção em massa	19
2.1.4 Sistema de produção enxuta	19
2.1.4.1 Os cinco princípios da produção enxuta.....	20
2.1.4.2 Os sete desperdícios	24
2.1.4.3 Ferramentas da produção enxuta	25
2.1.4.4 Os quatorze princípios da produção enxuta.....	28
2.1.4.5 Estrutura hierárquica para a implementação de projetos em produção enxuta	30
2.2 UTILIZAÇÃO DO DMAIC COMO FERRAMENTA PARA A MUDANÇA.....	31
3 METODOLOGIA DE PESQUISA	34
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	34
3.1.1 Caracterização da pesquisa	35
3.2 ATORES DA PESQUISA.....	36
3.3 VARIÁVEIS ENVOLVIDAS NO ESTUDO	36
3.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	37

3.5 ESTRUTURA DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	37
4.1 CONTEXTO DO TRABALHO	38
4.2 PROJETO DETALHADO	41
4.2.1 Definir escopo.....	41
4.2.1.1 Principais oportunidades identificadas inicialmente	41
4.2.1.2 Cenários de demanda.....	43
4.2.2 Medir e Identificar.....	44
4.2.2.1 Mapeamento da situação inicial	44
4.2.2.2 Conteúdo de trabalho e distribuição inicial do trabalho	47
4.2.3 Analisar e desenvolver situação futura.....	51
4.2.4 Implantar situação futura.....	57
4.2.4.1 Objetivo do evento	57
4.2.4.2 Atividades pré-kaizen.....	58
4.2.4.3 Cronograma do Evento Kaizen.....	64
4.2.4.4 Atividades realizadas durante o Evento Kaizen	65
4.2.4.5 Atividades pós-kaizen	65
4.2.4.6 Planos de ação	67
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
5.1 ANÁLISE DAS DIFICULDADES ENCONTRADAS DURANTE O PROJETO	70
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS EM PRODUÇÃO ENXUTA.....	70
5.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	71
5.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	71
REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo mostra uma visão geral do tema de pesquisa, além de estruturar o problema e apresentar a justificativa do estudo.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO TEMA DA PESQUISA

Os Sistemas de Produção (SP) são conjuntos de elementos inter-relacionados cujo objetivo é gerar produtos finais com valor maior do que os custos de obtenção dos mesmos (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

Pode-se obter como *output* de um SP tanto um bem quanto um serviço, ou uma combinação destes. Os sistemas de manufatura têm como *output* final um bem e os sistemas de serviços têm como *output* final um serviço (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

O primeiro SP adotado pelo homem foi a Produção Artesanal. Esse sistema utiliza mão-de-obra altamente qualificada e com organizações extremamente descentralizadas. O emprego de máquinas de uso geral produz volumes pequenos, com variações entre produtos devido à natureza das técnicas artesanais (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Os primeiros conceitos relacionados ao Sistema de Produção em Massa (*Mass Production*) surgiram no início do século XX. Esse sistema objetiva a organização e gerenciamento do desenvolvimento de produtos, das operações de produção e do sistema de compras e relacionamento com os clientes.

Uma das principais características de tal sistema é a transferência de materiais em grandes lotes entre as operações. Além disso, as informações instruem todas as etapas do processo produtivo, fazendo com que todos os produtos sejam empurrados fluxo abaixo (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007).

A Produção em Massa necessita altos investimentos em equipamentos com dedicação exclusiva a uma linha de produção e trabalhadores com alta especialização. Surge

como consequência dessa falta de flexibilidade da linha de produção a incapacidade em atender o cliente, que cada vez mais procura produtos que supram suas necessidades específicas (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

No fim da Segunda Guerra Mundial, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, começaram a desenvolver a Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*), que mais tarde começou a ser utilizada por outras companhias japonesas e contribuíram com o crescimento econômico do Japão (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

A Produção Enxuta tem como um de seus pilares o *Just In Time (JIT)*, que busca a produção de itens somente quando há demanda para esses produtos. Como consequência, os estoques são reduzidos, dando maior agilidade e flexibilidade ao processo. O *Jidoka*, também chamado de automação, é o segundo pilar e gera melhoria de qualidade, pois o trabalho é interrompido imediatamente após a ocorrência de uma falha (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007). Na Figura 1 está representada a Casa do Sistema Toyota de Produção (STP).

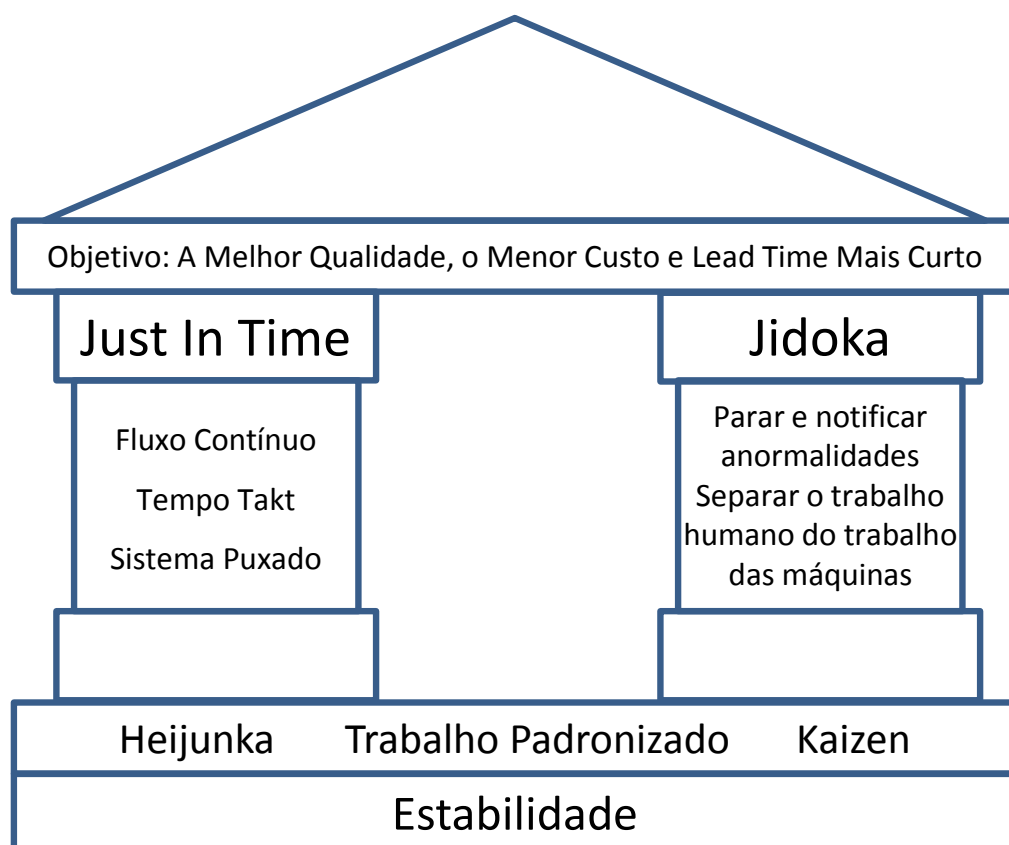


Figura 1 Casa do Sistema Toyota de Produção

Fonte: Kamada (2007).

O sistema de produção que serviu como base para esse trabalho foi o Sistema de Produção Enxuta, ou Sistema Toyota de Produção. Outros termos para Produção Enxuta são:

Manufatura Enxuta, *Lean Manufacturing*, *Lean Production* e *Toyota Production System (TPS)*.

Segundo Shingo (1996), os estoques entre processos mantém a operação em funcionamento. Porém o objetivo final do Sistema Toyota de Produção é o encadeamento de todas as operações em um fluxo de peças unitárias coerente. Para que isso aconteça, é necessário que não ocorram quebras de máquina, defeitos em produtos e que as trocas de ferramentas sejam rápidas.

O tema da pesquisa deste estudo está relacionado aos ganhos proporcionados pela implementação das técnicas de Produção Enxuta em uma empresa montadora. O uso desse sistema de produção vem sendo utilizado por empresas de diferentes setores e gerando ganhos expressivos em redução de *lead-times* e custos, aumento de produtividade, melhor controle de estoques, tempos de resposta mais rápidos e melhor adequação a variações de demanda, garantindo melhores níveis de atendimento ao cliente.

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVO DA PESQUISA

A Montadora X é uma montadora de máquinas agrícolas pertencente a um grande grupo que tem entre suas empresas tanto montadoras quanto fornecedoras de peças.

Para se enquadrar às diretrizes do grupo, que iniciou o processo de mudança da organização para a filosofia de produção voltada ao *Lean Manufacturing*, a Montadora X decidiu implementar os conceitos da produção enxuta em uma de suas linhas de montagem.

Ao implementar o sistema de Produção Enxuta, fez-se necessário realizar atividades que distribuiriam melhor as operações entre os trabalhadores, e por este motivo mudanças no layout se fizeram necessárias para atender ao novo padrão de trabalho. Houve também uma reestruturação na logística interna para garantir o suprimento de materiais na linha de montagem e disponibilizar informações de maneira mais visual, para que os próprios operadores pudessem se gerenciar melhor e para que os condutores da linha tivessem um melhor entendimento de como a linha estava se comportando durante o turno.

Portanto, a questão a ser respondida é: **Quais são os passos necessários para a implementação da filosofia de Produção Enxuta em uma empresa montadora?**

Este trabalho tem como objetivo descrever o processo de implementação do sistema de produção enxuta em uma linha de montagem e deixar recomendações para o sucesso de futuros projetos, além de fazer uma análise das dificuldades encontradas.

1.3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Com o avanço do comércio internacional e acesso a produtos e serviços oriundos de diferentes países, as empresas estão cada vez mais concorrendo por preço e diferenciação.

Devido a essa tendência o uso de técnicas administrativas que consigam lidar com eficiência nesse cenário é imprescindível, sendo que a Produção Enxuta, por se tratar de um sistema voltado ao cliente, é capaz de captar as variações de demanda. Quanto à concorrência por preço, o sistema visa a redução dos custos de armazenagem e a diminuição do *lead time*, conferindo maior flexibilidade à empresa.

O presente estudo se concentra em descrever a implementação do sistema de produção enxuta em uma empresa montadora.

Além disso, o método é flexível o bastante para ser aplicado a diferentes ambientes e pode ser replicado, desde que os agentes de mudança estejam devidamente treinados, além de poder ser modificado de acordo com as necessidades específicas do sistema em que ele será introduzido.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. O capítulo 1, como observado, tratou de introduzir o tema de pesquisa, definindo a caracterização do tema e a formulação do problema, além de justificar a relevância do tema.

O capítulo 2 consiste de revisão bibliográfica acerca do tema em questão. No terceiro capítulo está descrita a metodologia de pesquisa utilizada. E o quarto aborda o estudo de caso realizado, para então uma conclusão na parte final do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o desenvolvimento desse trabalho fez-se necessária a conceituação de Sistemas de Produção (SP), sendo que foram apresentados três diferentes sistemas, a Produção Artesanal, Produção em Massa e Produção Enxuta, sendo que o último foi o foco do trabalho.

Foi apresentado também, o ciclo de melhoria contínua DMAIC, oriundo da metodologia Seis Sigma, como modelo para a condução de mudanças.

2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Gaither e Frazier (2002) definem sistemas de produção como um sistema que recebe entradas de diferentes naturezas. O próximo passo é a modificação dos insumos em um subsistema de transformação para o produto ou serviço desejado. Há também o subsistema de controle, que monitora uma parcela do produto e determina se ele é aceitável em termos de quantidade, custo e qualidade. Informações de *feedback* retornam para a administração que determina se o produto é aceitável ou não, e no caso de não ser, ações corretivas precisam ser tomadas.

No modelo de sistema de produção apresentado por Gaither e Frazier (2002), os insumos são classificados em três categorias:

- a) Insumos externos são informações sobre condições externas ao sistema de produção;
- b) Insumos de mercado também são informações e são utilizadas para reagir às necessidades do mercado e;
- c) Recursos primários são aqueles que sustentam diretamente a produção e entrega de bens e serviços.

Esses insumos geram produtos diretos e indiretos. Os produtos diretos são bens tangíveis no caso de indústrias e bens intangíveis em empresas de serviços. Também há outra

saída que muitas vezes é negligenciada, os produtos indiretos. Produtos indiretos são impostos, lixo e poluição, entre outros. Esses produtos podem ser causa de preocupação ou orgulho para a organização (GAITHER; FRAZIER, 2002).

Na Figura 2 está representado um modelo de sistema de produção.

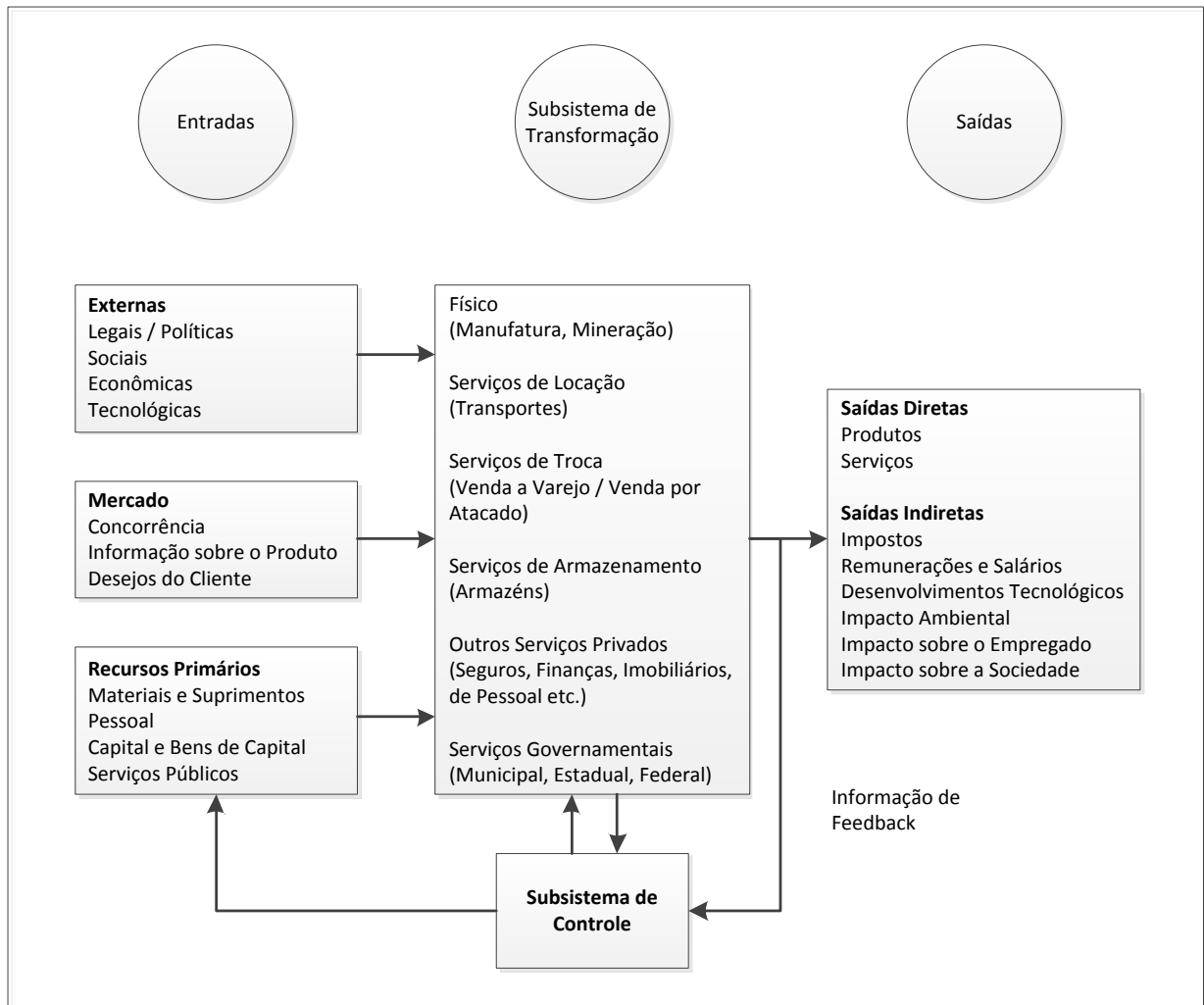


Figura 2 Um Modelo de Sistema de Produção

Fonte: Gaither e Frazier (2002).

2.1.1 Evolução histórica dos sistemas de produção

Martins e Laugeni (2001) descrevem a evolução histórica dos sistemas de produção à partir do homem pré-histórico que polia pedras com o fim de transformá-las em utensílios.

Com o passar do tempo começaram a surgir os artesãos que construíram a primeira forma de produção organizada, pois já havia prazos para entrega, prioridades de atendimento, especificações preestabelecidas e preços estipulados. A evolução da produção artesanal se deu com o aumento do número de pedidos, que forçaram os artesãos a contratar aprendizes.

Segundo os autores, com a descoberta da máquina a vapor em 1764 por James Watt, as primeiras fábricas passaram a aparecer e requerer que uma infinidade de atividades fossem padronizadas para conseguir atender à demanda crescente. No fim do século XIX Frederick Taylor, considerado o Pai da Administração Científica, inseriu os conceitos de Tempos e Métodos que serviram como base para que Henry Ford, na década de 1910 criasse a linha de montagem seriada e os conceitos de produção em massa, que opera com grandes volumes de produtos extremamente padronizados.

O conceito de Produção Enxuta surgiu em meados da década de 1960 e introduziu conceitos como o *just-in-time*, engenharia simultânea, tecnologia de grupo, consórcio modular, células de produção, desdobramento da função qualidade, *comakership*, sistemas flexíveis de manufatura, manufatura integrada por computador e *benchmarking* (MARTINS; LAUGENI, 2001).

2.1.2 Sistema de produção artesanal

O Sistema de Produção Artesanal opera com artesãos habilidosos, que montam cuidadosamente os produtos. Esses trabalhadores conhecem com minúcia os princípios de mecânica e dos materiais com que trabalham (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Segundo Wanke (2005), essa mão-de-obra é motivada pela possibilidade de criação de produtos únicos para cada cliente. Isso gera uma estrutura organizacional receptiva a mudanças, porém os produtos desse sistema têm custos maiores por haver baixa capacidade de monitorar indicadores de qualidade e produtividade.

2.1.3 Sistema de produção em massa

Em 1913, Henry Ford foi a primeira pessoa a utilizar peças intercambiáveis e trabalho padrão em um sistema de esteiras para criar o que ele chamou de produção em fluxo (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE).

Ford alinhou os passos de fabricação em uma sequência de processos quando possível e utilizando máquinas específicas para cada operação demonstrou uma redução significativa da movimentação de materiais que havia em fábricas do tipo *job shop*. Porém o sistema de Ford era incapaz de produzir com variedade, o que fez com que o mesmo precisasse ser aprimorado para suprir o mercado de automóveis (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE).

Segundo Wanke (2005), para a produção de grandes quantidades e pequena variedade, a Produção em Massa é bastante eficiente. Esse tipo de organização gera altos níveis de eficiência em custos, o que pode ser útil principalmente no caso das *commodities*.

Segundo Corrêa e Corrêa (2007) Henry Ford eliminou desperdícios de tempo e movimentação com seu sistema de produção em fluxo na fábrica de *Highland Park* por meio da linha de montagem. Porém a mudança de produto era muito dispendiosa nesse sistema de produção e, portanto o mesmo produto mantinha-se na linha o maior tempo possível e os métodos de trabalho eram muito monótonos para os trabalhadores.

2.1.4 Sistema de produção enxuta

Kiichiro Toyota e Taiichi Ohno realizaram uma série de inovações simples que possibilitariam produzir em fluxo contínuo e aumentar o mix de produtos ofertados. Portanto eles revisaram o Sistema de Produção em Massa criado por Henry Ford para dar início ao Sistema Toyota de Produção (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE).

Esse sistema tirou o foco da utilização das máquinas e passou a olhar mais atentamente para o fluxo do processo produtivo. Toyota identificou que máquinas projetadas

para produzir somente a quantidade demandada, com instrumentos que identificassem falhas e parassem o processo para garantir a qualidade, processos de troca rápida de ferramentas e fazendo com o processo seguinte informasse ao anterior quanto à necessidade de materiais, seria possível obter baixo custo, alta variedade, alta qualidade e tempos de atravessamento curtos que conseguem responder rapidamente a mudanças nos desejos do consumidor (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE).

2.1.4.1 Os cinco princípios da produção enxuta

Os cinco princípios da Produção Enxuta segundo o *Lean Enterprise Institute* são:

- a) Defina o que é valor para o cliente final para cada família de produto;
- b) Identifique todos os processos no fluxo de valor para cada família de produto, eliminando sempre que possível os passos que não criam valor;
- c) Faça com que a sequência de obtenção do produto esteja bem acertada e, portanto o produto flua até o consumidor;
- d) Enquanto o fluxo é introduzido, deixe que o consumidor puxe o processo anterior;
- e) Volte para o primeiro passo e tente alcançar a perfeição.

O Ciclo da Produção Enxuta está representado na Figura 3.

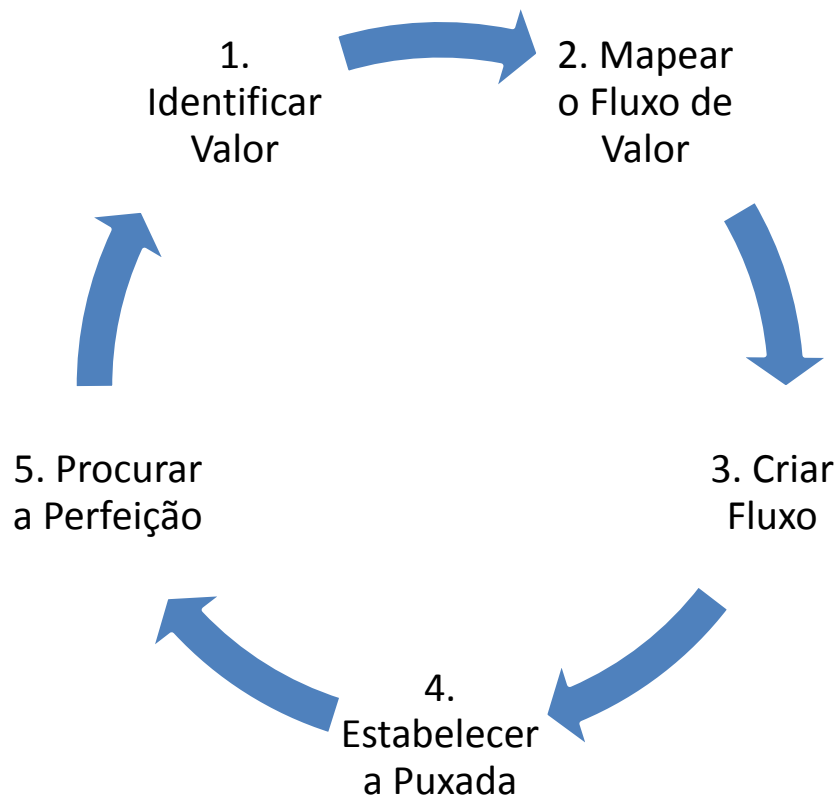


Figura 3 Ciclo da Produção Enxuta

Fonte: *Lean Enterprise Institute* (2009).

Jones e Womack (2004) definem o primeiro passo do Ciclo da Produção Enxuta, Identificar Valor, como sendo a distinção das operações de manufatura que aos olhos do cliente final agregam valor ao produto.

Para Hines e Taylor (2000) existem três tipos de operações em Manufatura Enxuta:

- a) As que agregam valor;
- b) As que não agregam valor, porém são necessárias para a obtenção do produto;
- c) E as que não agregam valor e não são necessárias para a obtenção do produto.

As atividades que agregam valor são aquelas que do ponto de vista do cliente final são indispensáveis, ou seja, são operações que modificam o produto agregando valor ao mesmo.

Já as atividades que não agregam valor são as operações que não modificam o produto e, portanto o cliente final não está disposto a pagar mais por um produto por causa dessa operação. Algumas atividades apesar de não agregar valor ao produto, precisam ser realizadas para que o mesmo chegue às mãos do cliente e essas são as operações que não agregam valor mas são necessárias para a obtenção do produto.

Para identificar se uma operação agrega valor ou não ao produto, basta colocar-se na posição do cliente e imaginar se você pagaria menos pelo produto ou ficaria insatisfeito porque determinada etapa do processo não foi realizada (JONES; WOMACK, 2004).

Segundo Hines e Taylor (2000) em média a distribuição dessas atividades em uma empresa de manufatura se dá da seguinte maneira:

- a) 5% de atividades que agregam valor;
- b) 60% de atividades que não agregam valor;
- c) 35% de atividades que não agregam valor, porém são necessárias.

O enfoque da produção enxuta é diferente do enfoque tradicional que visa reduzir tempos de ciclo de máquinas e melhorar os tempos das atividades realizadas pelos operadores, ou seja, as atividades que agregam valor (AV) e atacam as atividades que não agregam valor (NAV), trazendo assim uma redução mais expressiva do *lead time*.

A Figura 4 ilustra as proporções de ganhos obtidos pelos diferentes enfoques.

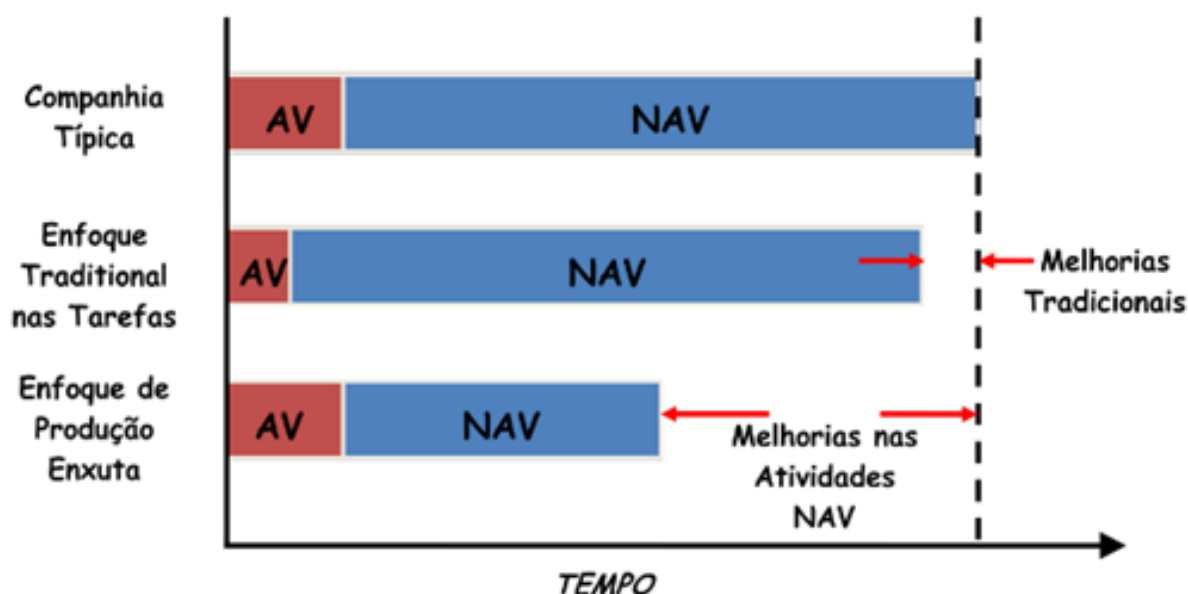


Figura 4 O enfoque da produção enxuta

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Hines e Taylor (2000).

A segunda etapa do ciclo é Mapear o Fluxo de Valor. O fluxo de valor é o conjunto de ações necessárias, agregando valor ou não, para a obtenção de um produto desejado. Quando se pensa em fluxo o foco não está em atividades separadas, mas sim no todo. Portanto a ferramenta de mapeamento do fluxo de valor é de extrema importância, além de ser bastante simples por utilizar somente papel e lápis (ROTHER; SHOOK, 2009).

De acordo com Rother e Shook (2009) esse é o melhor caminho para identificar as fontes de desperdícios e enxergar o valor no fluxo.

A Figura 5 é um exemplo de Mapeamento de Fluxo de Valor.

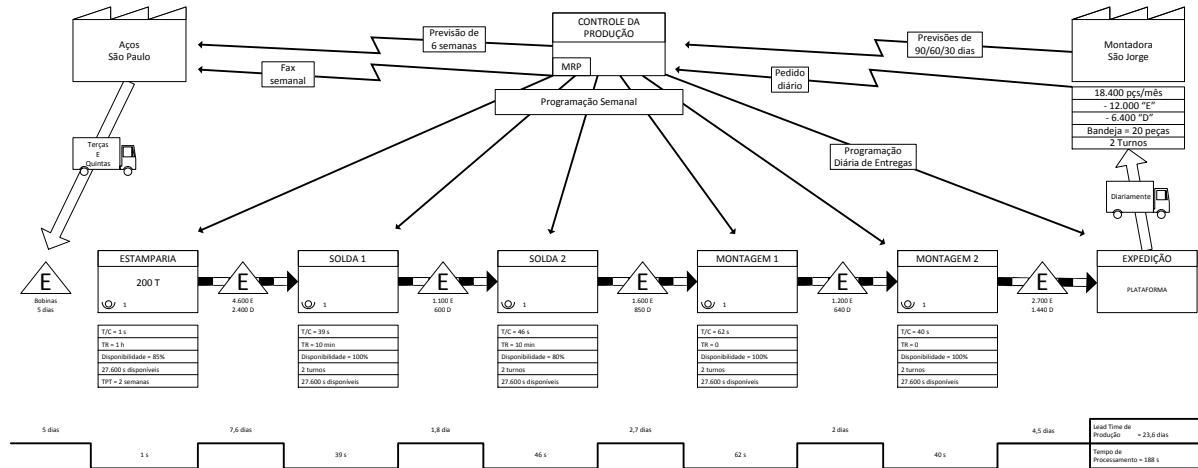


Figura 5 Exemplo de Mapeamento de Fluxo de Valor

Fonte: Rother e Shook (2009).

Ao tentar introduzir o Fluxo Contínuo (terceira etapa do ciclo), é importante definir quais serão os produtos finais adequados para a implantação. Atributos como flexibilidade da célula a ser construída, variações no conteúdo total de trabalho, similaridades das etapas do processo e dos equipamentos, *takt time*, ou seja, a frequência com que o mercado solicita produtos acabados e a localização do cliente (ROTHER; HARRIS, 2008).

O cálculo do *takt time* segundo Rother e Harris (2008) se dá por meio da equação 1:

$$takt\ time = \frac{\text{tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{demanda do cliente por turno}} \quad (1)$$

O Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO) é uma ferramenta que mostra a distribuição de trabalho entre os operadores em relação ao *takt time*. O gráfico ajuda a entender, criar, gerenciar e melhorar o fluxo contínuo (ROTHER; HARRIS, 2008).

A Figura 6 representa um exemplo de Gráfico de Balanceamento do Operador.

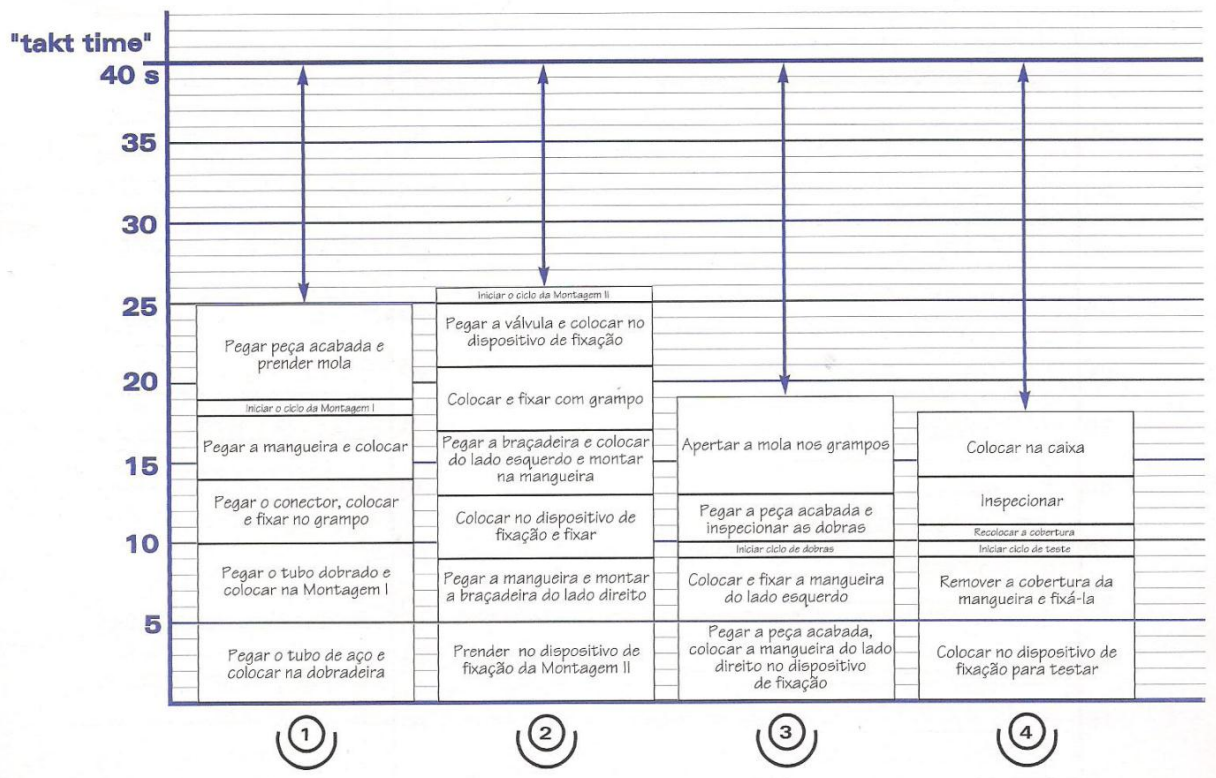


Figura 6 Gráfico de Balanceamento do Operador

Fonte: Rother e Harris (2008).

O quarto passo do Ciclo da Produção Enxuta é o estabelecimento da puxada, quando necessário.

No sistema puxado o consumidor atua como gatilho do movimento de materiais. As especificações do que, quando e quanto produzir são estabelecidas pelo processo consumidor que puxa o trabalho da estação antecedente (fornecedor) (SLACK; CHAMBERS, et al., 1999).

Por fim o quinto passo é a procura pela perfeição, ou seja, deve-se voltar ao primeiro passo e continuar aperfeiçoando o sistema.

2.1.4.2 Os sete desperdícios

Segundo Ohno (1997), os desperdícios encontrados em sistemas de produção podem ser classificados em sete categorias:

- a) desperdício de superprodução;
 - é a produção de itens antes do necessário ou em maior quantidade que o necessário, resultando em excesso de estoque.
- b) desperdício de espera;
 - longos períodos de inatividade de pessoas, materiais ou informação, resultando em interrupções no fluxo produtivo.
- c) desperdício de transporte;
 - movimentações excessivas de materiais ou informações, gerando mais custos e esforço do que o necessário.
- d) desperdício do processamento em si;
 - utilização de ferramentas ou procedimentos inadequados, ao invés de utilizar abordagens mais simples e eficientes.
- e) desperdício de estoque disponível;
 - níveis de estoque maiores do que o necessário, gerando altos custos com armazenagem.
- f) desperdício de movimento;
 - postos de trabalho com layout inadequado geram movimentações excessivas e ineficientes, resultando também em problemas ergonômicos.
- g) desperdício de produzir produtos defeituosos.
 - problemas de qualidade do produto, gerando altos índices de refugo e retrabalho.

2.1.4.3 Ferramentas da produção enxuta

Ao desenhar o mapeamento do fluxo de valor são identificadas as oportunidades de melhoria por meio do emprego dos métodos *lean* (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007).

Outra boa ferramenta para identificar os requisitos do negócio, a situação atual e a situação futura é o Relatório A3. Nesse mesmo relatório que tem o tamanho de uma folha A3 estão descritos os objetivos do negócio, a condição inicial, a condição alvo, um plano para a

implementação e indicadores de desempenho para acompanhar o projeto. A metodologia prega que ao utilizar uma folha A3, é instintivo para qualquer pessoa reduzir o número de informações e escrever somente o que for realmente necessário e relevante para o projeto (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007). A Figura 7 é um exemplo de relatório A3.

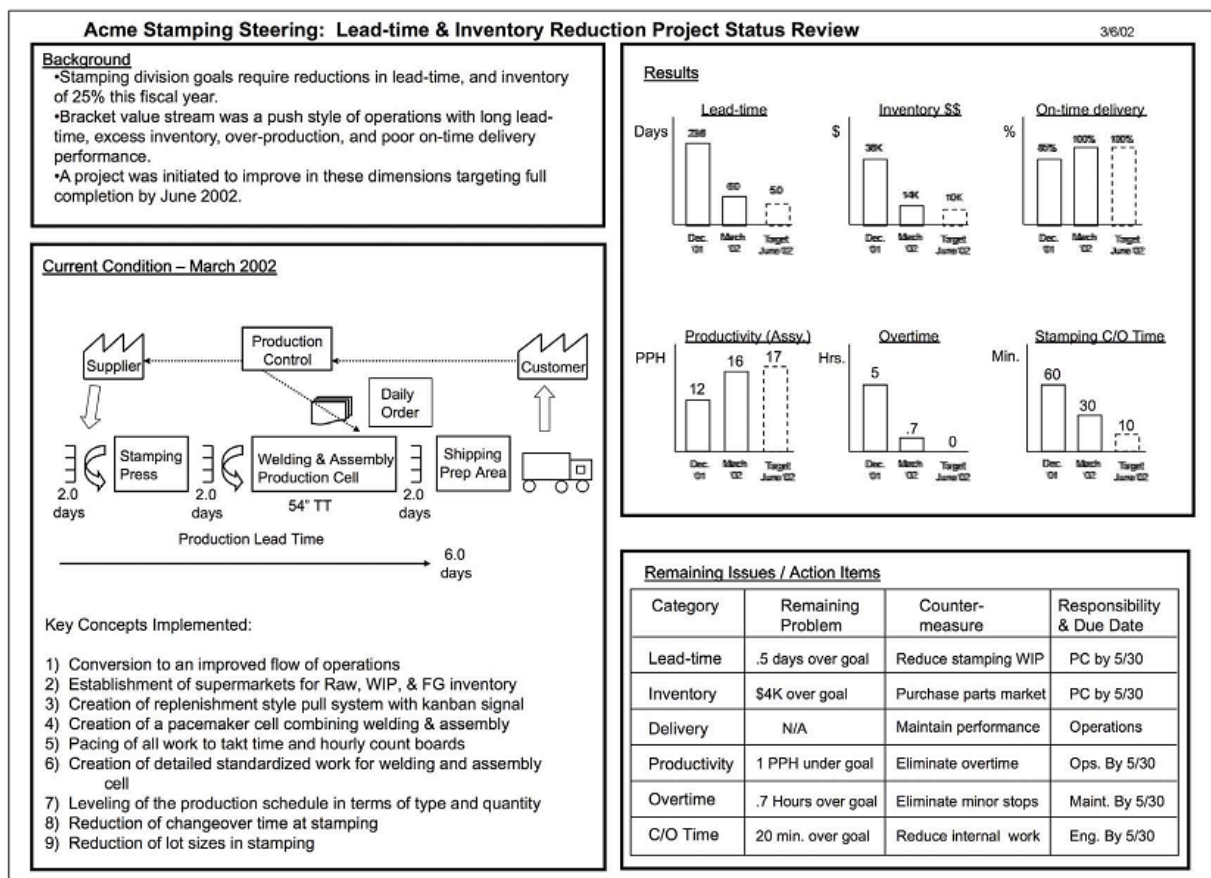


Figura 7 Exemplo de Relatório A3

Fonte: Sobek II e Smalley (2008).

Os “5S” são cinco termos uteis para o ambiente de trabalho principalmente no que diz respeito ao gerenciamento visual e a produção *lean*. Os termos em japonês são:

- a) Seiri: Descartar os itens desnecessários e manter somente os necessários, isso se aplica a ferramentas, peças, materiais, documentos, etc.;
- b) Seiton: Organizar os itens necessários e definir um lugar para cada coisa para que cada coisa fique em seu lugar;
- c) Seiso: Limpeza do ambiente de trabalho;
- d) Seiketsu: Padronização dos três primeiros Ss;
- e) Shitsuke: Disciplina para que os quatro primeiros Ss se mantenham.

O *SMED* (*Single Minute Exchange of Dies*) é um método *Lean* que objetiva a redução dos tempos de *set-up*. Essa ferramenta tem uma meta agressiva, que é a troca de ferramentas em menos de dez minutos. A grande contribuição de Shigeo Shingo em relação à redução do tempo de *set-up* foi a diferenciação das operações de *set-up* interno, que só podem ser feitas com a máquina parada das operações de *set-up* externo, que podem ser realizadas enquanto a máquina ainda está em funcionamento e a conversão de operações internas em externas (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007).

As técnicas empregadas para garantir o bom funcionamento das máquinas e equipamentos são conhecidas como Manutenção Produtiva Total ou *Total Productive Maintenance – TPM*. Essas técnicas foi pioneiramente empregadas na Denso, que é uma empresa do grupo Toyota, e é chamada de total por três motivos. Requerer a participação de todos os funcionários e não somente do pessoal de manutenção, buscar a produtividade total do equipamento e também por concentrar-se no ciclo de vida total do equipamento adequando as práticas ao estágio de seu ciclo de vida (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007).

Outra característica visando à redução de defeitos é o *Poka-Yoke* ou Sistema à Prova de Erros. Esse sistema evita que os operadores cometam erros em seu trabalho como, por exemplo, escolher a peça errada ou montagem incorreta (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007).

Um modelo de layout que permite que os produtos sejam processados em um fluxo muito próximo do contínuo é o Layout Celular. A célula contém as etapas de processamento de produtos similares possibilitando que um único produto ou pequenos lotes sejam produzidos por vez e sejam mantidos ao longo da sequência completa de processamento (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007).

Para a implementação de células de produção é preciso definir o Trabalho Padrão. Baseado no tempo takt, na sequência exata de trabalho de um operador e no estoque padrão, o Trabalho Padrão estabelece procedimentos precisos para cada um dos operadores em um processo de produção (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007).

Esses procedimentos devem estar visíveis aos operadores e precisam ser de fácil entendimento, além de ser necessária a introdução de medidas de acompanhamento que permitam a todos entender a situação do sistema rapidamente (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007).

Finalmente a maneira adotada pela Produção Enxuta para implementar todas essas ferramentas e melhorias é chamado de *Kaizen*. O *Kaizen* visa a melhoria contínua de um fluxo completo de valor ou de um processo individual com a finalidade de agregar mais valor com o menor desperdício possível (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007).

2.1.4.4 Os quatorze princípios da produção enxuta

Liker (2005) definiu quatorze princípios de gestão que guiaram a Toyota desde o início do desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção. Esses princípios estão distribuídos em quatro categorias:

- a) Pensamento de longo prazo;
- b) Eliminação de perdas;
- c) Respeitar, desafiar e desenvolver funcionários e parceiros;
- d) Aprendizagem e melhoria contínuas.

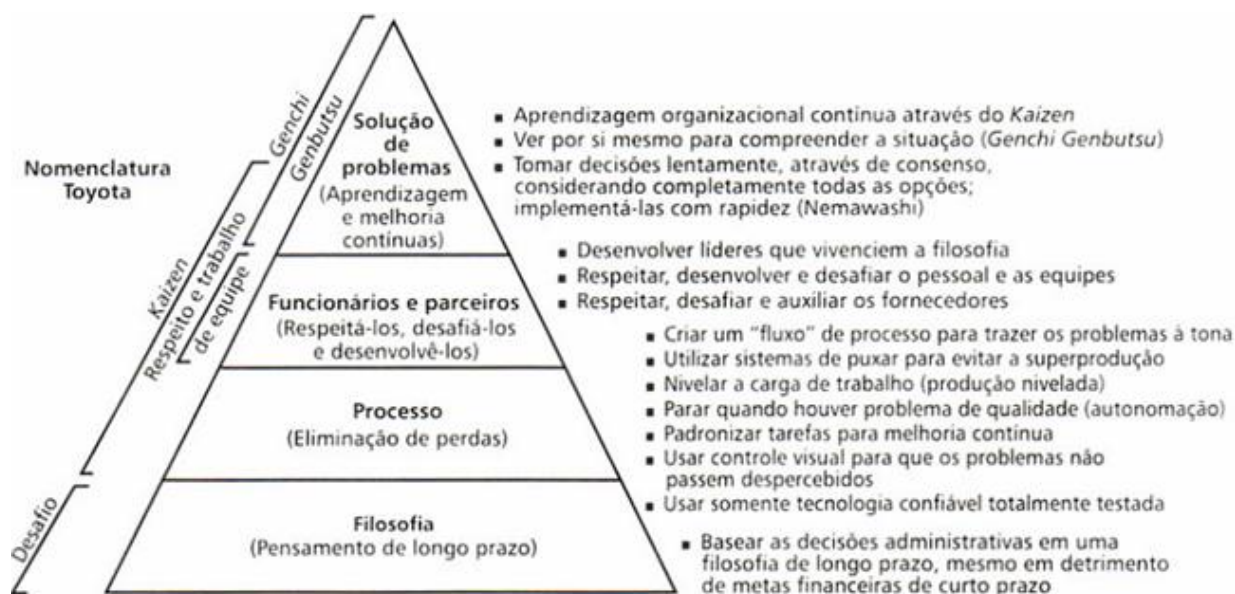


Figura 8 Os quatorze princípios do Sistema Toyota de Produção

Fonte: Liker (2005).

O primeiro princípio da produção enxuta é basear as decisões em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo. A Toyota toma algumas decisões que no curto prazo trazem resultados negativos, mas que no longo prazo estão alinhadas com as decisões estratégicas da empresa.

Usar somente tecnologia confiável e totalmente testada é o segundo princípio e deixa clara a estratégia de qualidade da empresa, que prefere esperar a maturação de novas tecnologias antes de começar a utilizá-las.

O terceiro princípio também está ligado à qualidade e sugere a utilização de controles visuais para que problemas não passem despercebidos, fazendo que as falhas sejam de fácil visualização.

O quarto princípio é a padronização de tarefas para a melhoria contínua. De acordo com o autor a padronização é necessária para que se possa identificar o que melhorar, sem padrão não é possível determinar com exatidão como as atividades são realizadas.

O quinto princípio é a automação. A automação é a parada automática de máquinas quando houver algum problema de qualidade.

O sexto princípio é nivelar a carga de trabalho, ou seja, distribuir o mix de produtos de maneira proporcional durante a jornada de trabalho.

O sétimo princípio é utilizar sistemas de puxar para evitar a superprodução. Com os processos clientes puxando a produção dos processos fornecedores, um sistema de controle de nível máximo de estoques fica estabelecido.

O oitavo princípio é criar fluxo contínuo para trazer à tona os problemas.

O nono princípio é respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar.

O décimo princípio é respeitar e desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.

O décimo primeiro princípio é desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros.

O décimo segundo princípio é tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções e implementá-las com rapidez.

O décimo terceiro princípio é ver por si mesmo para compreender completamente a situação (*Genchi Genbutsu*).

E o décimo quarto princípio é tornar-se uma organização de aprendizagem através da reflexão incansável (*hansei*) e da melhoria contínua (*kaizen*).

2.2 UTILIZAÇÃO DO DMAIC COMO FERRAMENTA PARA A MUDANÇA

Segundo Rentes (2000), pode-se considerar que quebras de paradigmas ocorrem de forma não planejada, ou que a intuição pode levar a definições corretas sobre melhorias, mas muitas das transformações de uma empresa não são bem sucedidas por falta de uma metodologia clara de gestão de mudanças.

De acordo com o autor os costumes e crenças das pessoas em uma organização podem constituir uma barreira cultural que prejudica o processo de mudança, especialmente quanto à sustentabilidade das melhorias implantadas. O processo de transformação é basicamente um processo de incertezas, muitas coisas podem dar errado, e a tênue confiança das pessoas neste processo depende do sucesso das ações praticadas. A fim de evitar falhas e insucessos, que podem ser originados até mesmo por fatores macroeconômicos e catástrofes naturais, é extremamente importante evitar falhas na condução do processo de mudança.

Nos anos 1980, com o objetivo de reduzir drasticamente o número de defeitos em seus produtos e aumentar assim sua competitividade em um setor em forte expansão, a Motorola iniciou uma estratégia de gestão de negócios denominada *Six Sigma*. Com esta foi desenvolvida uma metodologia para gerir as mudanças que estavam acontecendo, chamada de DMAIC, que foi inspirada no ciclo PDCA (*Plan – Do – Check – Act*) de Deming. Basicamente esta metodologia compreende a definição de cinco fases (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*), que podem ser traduzidas em ações, as quais seguem uma ordem cronológica.

Da união de elementos das correntes de melhoria baseadas no *Six Sigma* e na Produção Enxuta originou-se o termo *Lean Six Sigma* para designar uma ferramenta mais abrangente para a resolução de problemas e para a condução da melhoria contínua. Segundo Queiroz (2007) a junção das duas teorias traz muito mais benefícios para empresa do que sua utilização isolada.

A Hominiss Consulting, uma empresa de consultoria em Produção Enxuta no Brasil, adaptou o DMAIC como metodologia para a condução de projetos de melhoria contínua baseada no *Lean Production*. Algumas das atividades importantes de um projeto deste tipo passam então a fazer parte de cada uma das fases do DMAIC como sugerido a seguir:

- a) *Define*: Aqui são definidos os requisitos do cliente (empresa na qual se realizará o projeto), levando-se em conta o que é realmente valor para ele.

Entre os resultados desta fase devem estar contemplados a definição de escopo do projeto, cronogramas e agendas que regerão as próximas etapas;

- b) *Measure*: Aqui é feita a medição e coleta de dados da situação atual da empresa. É desenhado o projeto da situação atual da empresa, o MFV atual, é também nesta fase que são levantados os problemas encontrados, as interrupções do fluxo e todos os desperdícios que sua operação apresenta;
- c) *Analyse*: Nessa etapa deve-se analisar a fundo tudo o que foi levantado na etapa anterior, identificando as relações de causa e efeito, investigando as raízes dos problemas. Neste momento, uma visão holística dos números é muito importante, a fim de buscar interceder com soluções de maior impacto para a empresa;
- d) *Improve*: É aqui onde são implantadas as soluções para os diversos cenários criados na fase anterior, normalmente essas melhorias são introduzidas em fases, de acordo com os ganhos mais significativos, dando origem à outra aplicação completa do DMAIC;
- e) *Control*: É uma fase crucial para efetiva sustentabilidade das melhorias que foram implantadas e para a busca da empresa em se tornar enxuta de fato.

Na última fase, se lança mão de ferramentas como *checklists*, gráficos de controle, levantamento de problemas e causas, Pareto de problemas, para garantir que as melhorias se sustentem ao longo do tempo e até mesmo para aperfeiçoá-las.

Segundo Rechulski e Carvalho (2004), a metodologia DMAIC não é um ciclo, pois ela não retorna a uma fase já completada. De fato, um estado futuro alcançado na fase *Improve* e controlado passa a ser o estado atual para um novo projeto, dando sequencia ao processo de melhoria contínua, conforme ilustra a Figura 10.

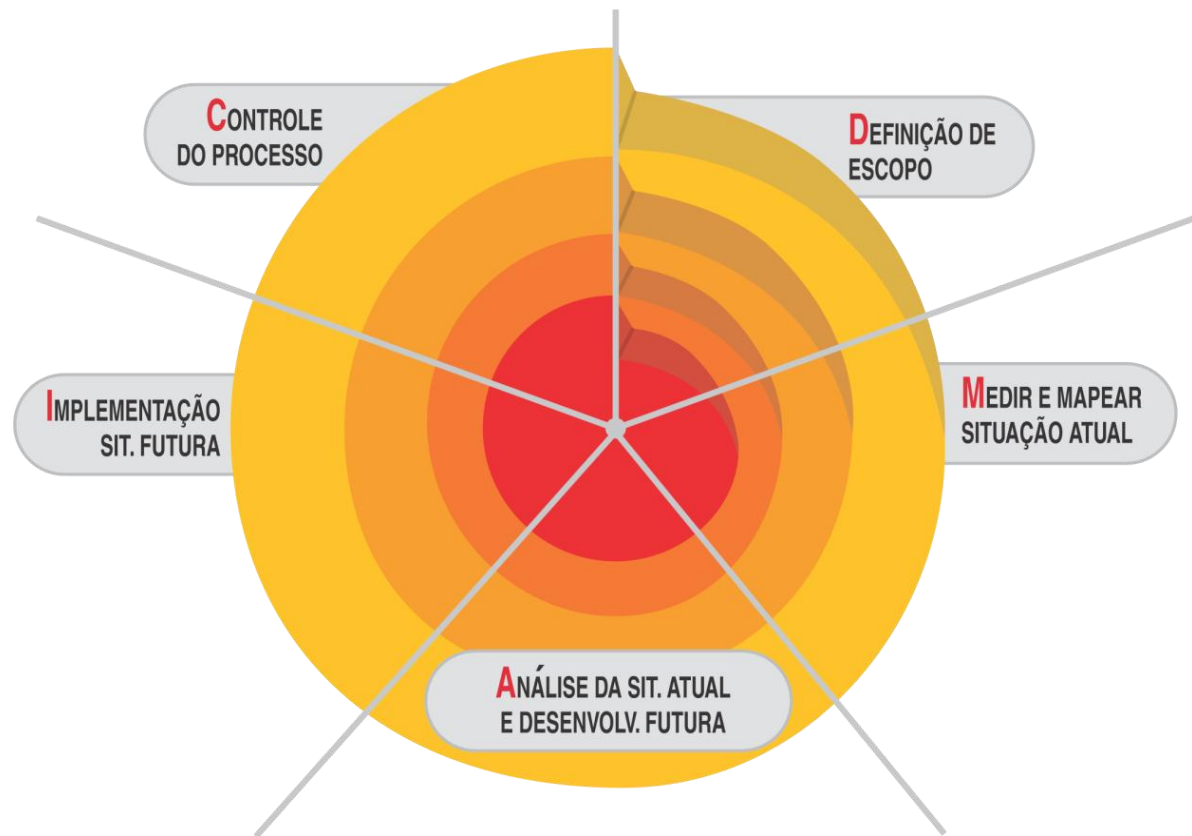


Figura 10 Representação do DMAIC e sua abordagem contínua
Fonte: Hominiss Consulting (2011).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

O problema de pesquisa, definido e estruturado no capítulo primeiro desta monografia foi:

Quais são os passos necessários para a implementação da filosofia de Produção Enxuta em uma empresa montadora?

A partir desta delimitação foi determinado o seguinte objetivo da pesquisa:

Descrição da implementação de um projeto em Produção Enxuta e deixar recomendações para o sucesso de futuros projetos, além de fazer uma análise das dificuldades encontradas durante a implementação.

Este capítulo visou a proposição de uma análise metodológica quanto à caracterização desta pesquisa em relação a sua natureza e objetivos de pesquisa e orientação a resultados, além dos métodos de pesquisa utilizados em engenharia de produção. Por conseguinte foram determinados os atores da pesquisa, as variáveis de pesquisa relevantes e os instrumentos de coleta de dados.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

As pesquisas podem ser classificadas com base em seus objetivos gerais, sendo possível classificá-las em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas. Também se pode utilizar a classificação com base nos procedimentos técnicos utilizados (GIL, 2007).

3.1.1 Caracterização da pesquisa

O trabalho utilizou uma abordagem qualitativa devido aos procedimentos técnicos a serem utilizados.

Creswell (2003) definiu pesquisa qualitativa como uma pesquisa que se baseia em perspectivas construtivistas ou participativas, além de utilizar estratégias de pesquisa como narrativas, fenomenologias, etnografias, estudos de *grounded theory* ou estudo de caso. Para este tipo de pesquisa o pesquisador coleta dados não estruturados e emergentes.

Este trabalho é um estudo de caso descritivo, de acordo com Yin (2001) o estudo de caso é uma boa estratégia de pesquisa quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e o foco do trabalho se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

Um estudo de caso deve obedecer alguma das estruturas a seguir:

- a) analítica linear;
- b) comparativa;
- c) cronológica;
- d) não-sequencial.

A **Figura 11** sugere quais estruturas cada tipo de estudo de caso pode se basear.

<i>Tipo de estrutura</i>	<i>Propósito do estudo de caso (caso único ou casos múltiplos)</i>		
	<i>Explicatório</i>	<i>Descritivo</i>	<i>Exploratório</i>
1. Analítica linear	X	X	X
2. Comparativa	X	X	X
3. Cronológica	X	X	X
4. Construção da teoria	X		X
5. De "incerteza"	X		
6. Não-sequencial		X	

Figura 11 Aplicação das estruturas para diferentes propósitos de estudos de caso
Fonte: Yin (2001).

A estrutura utilizada para este trabalho é a estrutura analítica linear, que segundo Yin (2001) é a abordagem padrão ao elaborar um relatório de pesquisas. A sequência de subtópicos inclui o tema ou problema de pesquisa, uma revisão literária, os métodos utilizados, as descobertas feitas a partir dos dados coletados e as conclusões feitas a partir das descobertas.

3.2 ATORES DA PESQUISA

Os atores envolvidos na pesquisa foram a equipe do projeto, que é constituída por consultores de uma empresa contratada, gerentes, supervisores e operadores da Montadora X.

3.3 VARIÁVEIS ENVOLVIDAS NO ESTUDO

Como principal variável do estudo figurou a descrição de um projeto de produção enxuta em uma empresa montadora de máquinas agrícolas, além de recomendações de boas práticas para o desenvolvimento de tal tipo de projeto, abordando também algumas dificuldades encontradas durante sua execução.

3.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Além da observação do pesquisador, foram utilizadas entrevistas semiestruturadas com os consultores da empresa contratada e com gerentes e operadores da Montadora X.

3.5 ESTRUTURA DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A pesquisa utilizou o ciclo de melhoria contínua DMAIC como estrutura para seu desenvolvimento, sendo que na seção 2.2 está descrito como esse modelo serviria de referência para a condução de mudanças.

A Figura 12 ilustra o cronograma das atividades realizadas durante o projeto, desde a definição do escopo até a fase de implantar a situação futura. A fase de controle das melhorias não está descrita, pois não houve participação do time de consultoria durante esse período.

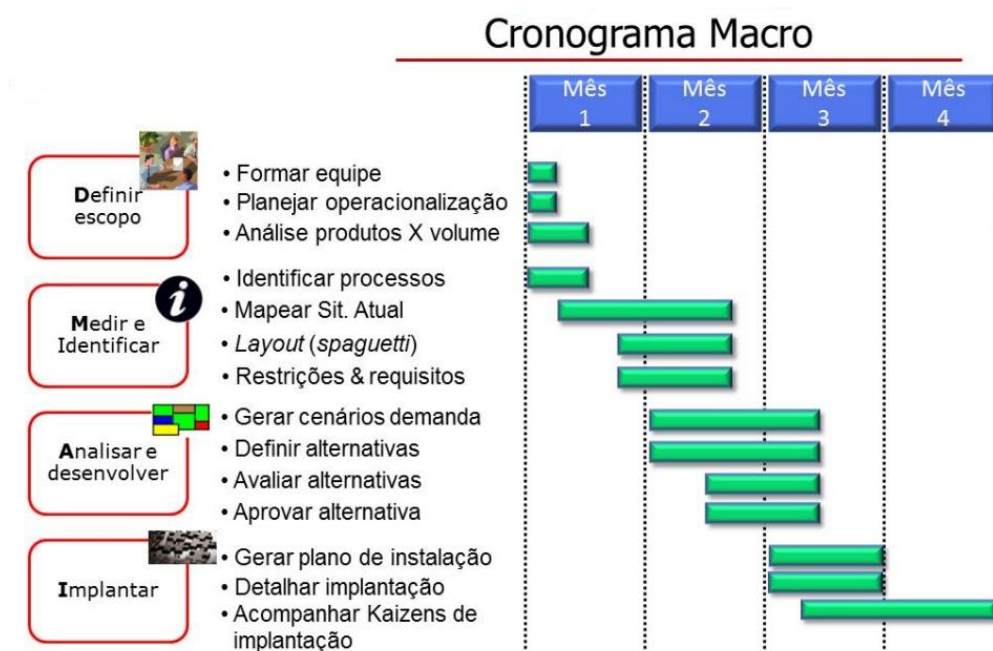


Figura 12 Estrutura de desenvolvimento da pesquisa

4 DESCRIÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA

Esta seção contém a descrição do trabalho desenvolvido pelos atores envolvidos na pesquisa.

4.1 CONTEXTO DO TRABALHO

A Montadora X é uma multinacional que fornece uma linha completa de máquinas agrícolas. Ela pertence a um grande grupo que controla outras empresas montadoras e também algumas fornecedoras de peças para os seus produtos.

A adoção do sistema de manufatura enxuta é uma determinação da matriz da empresa que está iniciando a implementação da filosofia *lean manufacturing* em todas as empresas do grupo e, portanto avaliando os resultados desses projetos em todos os seus parques fabris no mundo.

Esta determinação está baseada no crescimento acelerado do setor e também da concorrência acirrada com outras empresas que disputam este mercado.

O trabalho foi desenvolvido pelos atores da pesquisa citados no item 3.2 e o escopo do trabalho foi uma das linhas de montagem da Montadora X.

Esta linha inicialmente trabalhava dedicada a um único item, porém o balanceamento da linha previu a inclusão de outro item da mesma família, além de lidar com aumentos consideráveis na demanda desses itens.

Além das operações de montagem, também foram feitos testes e regulagem final da máquina. Os produtos referidos possuíam cerca de mil componentes que eram fornecidos por parceiros nacionais e internacionais.

Na Figura 13 está o Mapa de Fluxo de Valor Inicial do produto.

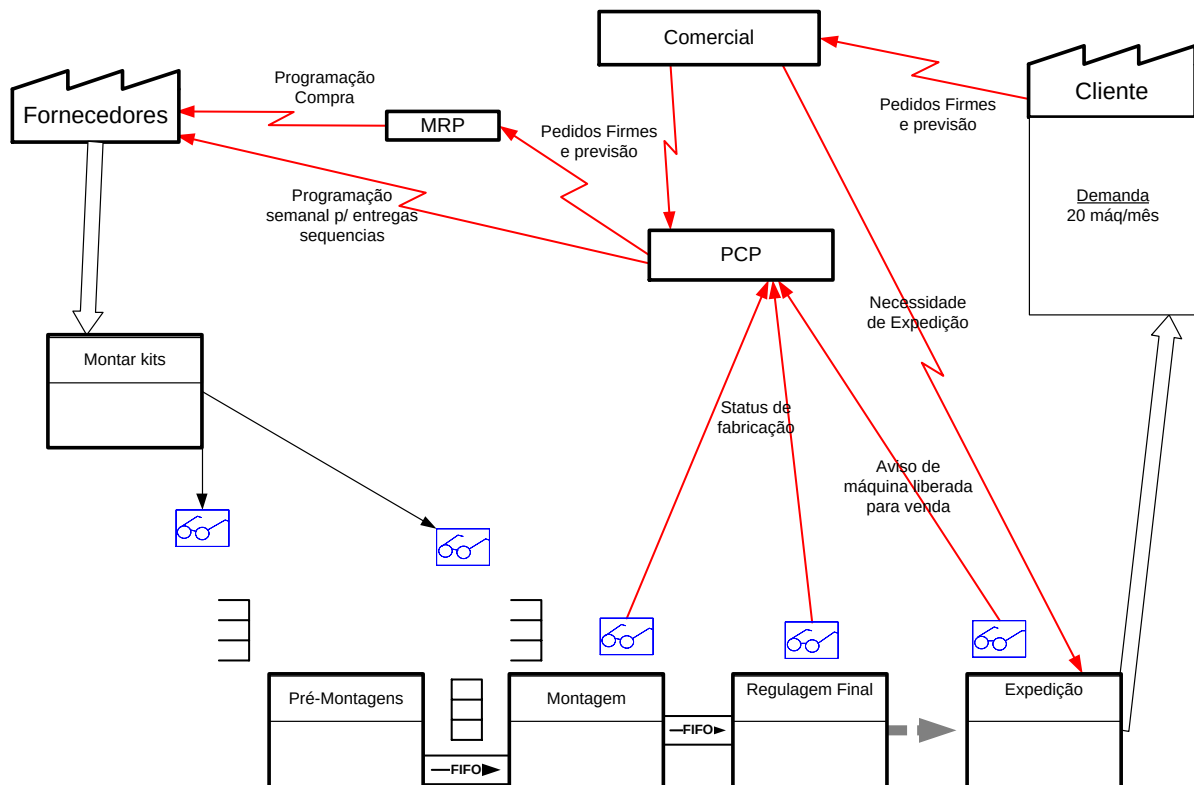


Figura 13 Mapa de Fluxo de Valor Inicial

De acordo com as entrevistas, o setor comercial promove o contato com o cliente e envia previsões de venda e pedidos firmes para o PCP da empresa que dispara a compra dos materiais necessários à linha de montagem.

Uma programação de entregas de matéria-prima é gerada por meio do *MRP* (*Material Requirement Planning*) e é enviada em regime semanal aos fornecedores.

Parte dos materiais são requisitados via *Kanban* e os itens Classe A são pedidos pelo sistema *JIS* (*Just In Sequence*), onde o fornecedor entrega os materiais de acordo com a programação da linha de montagem um dia antes de serem utilizados.

A logística é responsável pelo abastecimento da linha, fazendo-o com o uso de kits, ou seja, carrinhos personalizados que carregam uma lista específica de peças do armazém até seu ponto de uso na linha de montagem. São sempre utilizados dois carrinhos semelhantes (sistema de duas gavetas), sendo que um fica na área da logística (armazém) e o outro fica na linha de produção (ponto de uso).

A linha de produção é composta por boxes de trabalho. Nestes boxes são realizadas operações de:

- a) pré-montagem: operações que não são realizadas diretamente no chassi da máquina, ou seja, podem ser feitas fora da linha de montagem, caso necessário;

b) montagem: realizadas diretamente no chassi da máquina.

Após as operações de pré-montagem e montagem, a máquina é abastecida e testada, seguindo para o local onde serão realizadas as regulagens finais e a liberação final da máquina.

Depois de uma breve análise da empresa foi definido um cronograma para que o estudo e a implementação das ações pudesse ser realizada. O cronograma do projeto foi definido conforme a Figura 14.

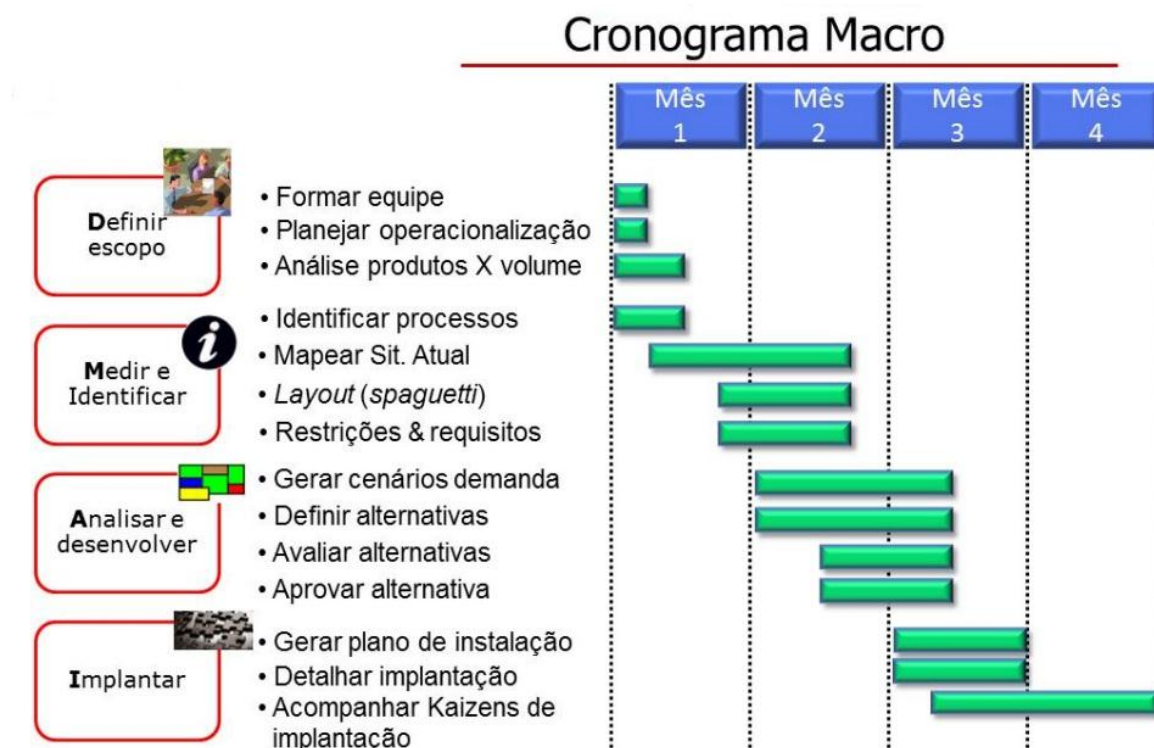


Figura 14 Cronograma de Projeto

A fase de definir escopo foi colocada logo nas primeiras semanas do projeto. Próximo ao fim do segundo mês encerra-se a fase de medir e identificar. A fase de analisar e desenvolver foi programada para ser finalizada em meados do terceiro mês de projeto. Nesta fase, foram geradas propostas de situação futura do projeto (layout, mapa de fluxo de valor, padrões de trabalho, dentre outros).

Por fim, a implantação dos projetos desenvolvidos aconteceu ao longo do terceiro e quarto mês, encerrando, assim, este ciclo do projeto. Como se pôde perceber, o projeto em questão, não contemplou a fase de controlar presente na metodologia DMAIC.

Alguns tópicos apontados no cronograma macro não foram discutidos neste trabalho por não estarem diretamente ligados ao tema do estudo.

4.2 PROJETO DETALHADO

Esta seção tem como objetivo distribuir as atividades realizadas no projeto dentro do ciclo DMAIC.

4.2.1 Definir escopo

Esta fase definiu qual foi o escopo do projeto.

4.2.1.1 Principais oportunidades identificadas inicialmente

Após o diagnóstico inicial e a confecção do mapa de fluxo de valor macro atual, foram identificadas algumas oportunidades de melhoria.

O primeiro dos problemas identificados foi um fenômeno conhecido como falta e sobra de componentes para abastecimento da montagem, causando grandes perdas de produtividade. Este fenômeno ocorre quando existe uma grande quantidade em estoque de alguns itens e não há estoque suficiente para outros, fazendo com que a produção pare por falta de itens. Uma das causas é a falta de um padrão definido para a logística, que atende a chamadas via rádio ao longo de todo o dia. Outra causa é a falta de materiais no estoque da logística, ou seja, quando há problemas de entrega por parte dos fornecedores. Além disso, observou-se a falta de padrão de trabalho na linha de montagem, com os operadores frequentemente realizando tarefas diferentes a cada dia. Além de dificultar a padronização da

logística, este fato também leva à produção de subconjuntos em excesso, pois operadores com menor carga de trabalho tendem a produzir mais do que o necessário dentro do *takt time*.

A gestão visual da linha também poderia ser mais efetiva, pois não havia indicação de qual o *takt time* a ser seguido, e o andamento das atividades ao longo do *takt time* também não era acompanhado visualmente. Outro ponto importante era a falta de apontamento dos problemas e paradas por parte dos operadores e condutores da linha, o que não permitia a identificação de quais eram os problemas que ocorriam com maior frequência e que deveriam ter a identificação de sua causa raiz e solução priorizados.

Por fim, a carga de trabalho estava claramente desbalanceada, tema destacado a seguir.

Depois de levantados os principais problemas, foram listadas as principais iniciativas de melhorias relacionadas a estes problemas. Estas oportunidades estão representadas na forma de *kaizen bursts*, símbolo padrão utilizado em mapas de fluxo de valor (MFV) para representar quais *kaizens* deveriam ser realizados para a situação futura ser alcançada. Na Figura 15 estão representados os *kaizen bursts*.



Figura 15 Kaizen Bursts das iniciativas de melhoria

Pode-se destacar entre as principais iniciativas de melhoria a implantação de *kanban* a partir da seleção de fornecedores mais críticos (maiores responsáveis pela falta de peças na linha de montagem). A padronização de kits e a padronização do abastecimento da linha de acordo com o *takt time* são imprescindíveis para o funcionamento de uma linha de produção enxuta e livre de desperdícios.

Além disso, a criação de um padrão de trabalho com operadores balanceados e sua posterior disponibilização visual na linha fariam com que a logística pudesse estabelecer um padrão de abastecimento confiável e evitasse a superprodução de subconjuntos na linha.

4.2.1.2 Cenários de demanda

Durante esta fase, foi levantada a demanda esperada para a linha em questão, a fim de que fossem definidos os principais cenários de demanda a serem atendidos pelos projetos de situação futura.

Este levantamento foi feito em janeiro de 2011 e gerou as previsões demonstradas na Figura 16.

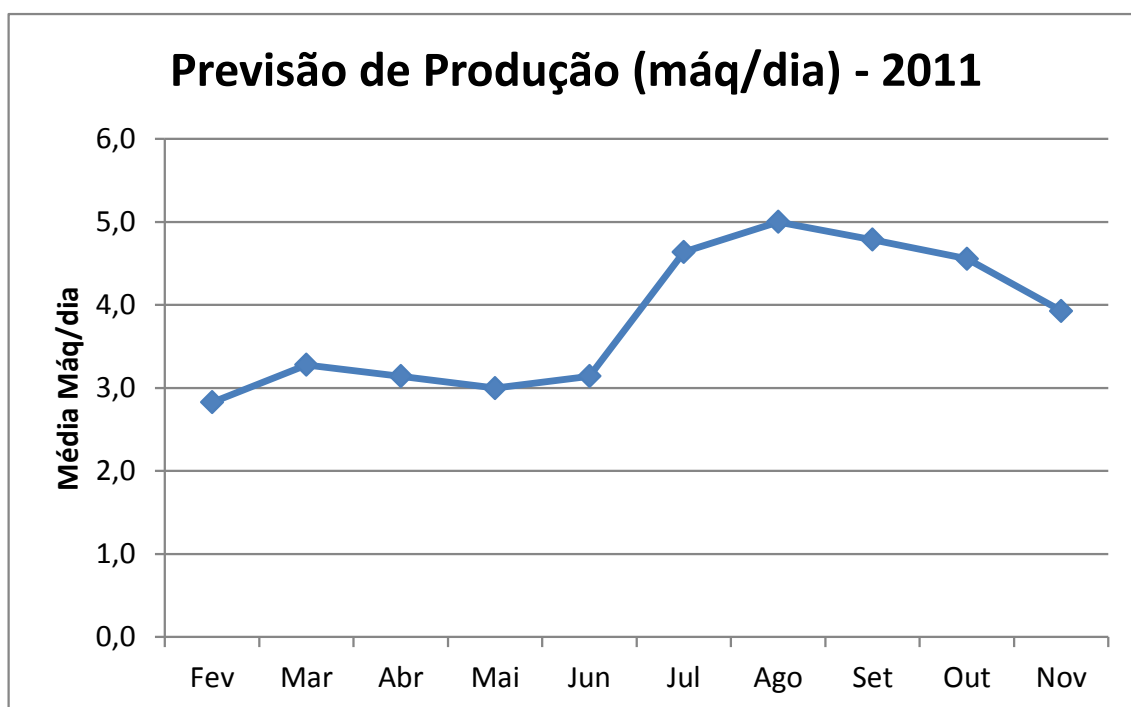


Figura 16 Gráfico de demanda prevista em 2011

A partir da análise destes dados, para 2011 foram identificados os cenários para 2011. Definiu-se que a linha seria projetada para os seguintes cenários de demanda:

- a) três máquinas por dia;
- b) cinco máquinas por dia.

Por fim, foi definido que seria feito também um projeto para o cenário de demanda de seis máquinas por dia, tendo em vista que as previsões para o próximo ano contemplam este aumento de demanda.

4.2.2 Medir e Identificar

Nesta fase foi medida e identificada a situação atual do projeto.

4.2.2.1 Mapeamento da situação inicial

Depois de realizado o mapeamento de fluxo de valor macro da linha, demonstrado na seção de contextualização do projeto, fez-se necessário realizar o mapeamento do fluxo de valor detalhado.

A primeira etapa consistiu no levantamento dos principais processos realizados na linha de montagem. Para tanto, o levantamento de processos consistiu na identificação das atividades de montagem realizadas. Inicialmente, o levantamento das atividades foi feito box a box e também foram levantados quais os operadores responsáveis pela realização daquelas atividades.

Como não existia um padrão de trabalho muito bem definido, algumas atividades eram realizadas por operadores diferentes a cada ciclo. Nesta etapa, foi encontrado um total de 237 atividades.

Após este levantamento, as atividades foram agrupadas em macro atividades, visando facilitar a visualização de sequenciamento e precedência entre elas. Em seguida, foram levantadas as relações de precedência entre as macro atividades apresentadas. A partir deste levantamento, foi feito o Mapa do Fluxo de Valor atual que está apresentado de forma detalhada na Figura 17.

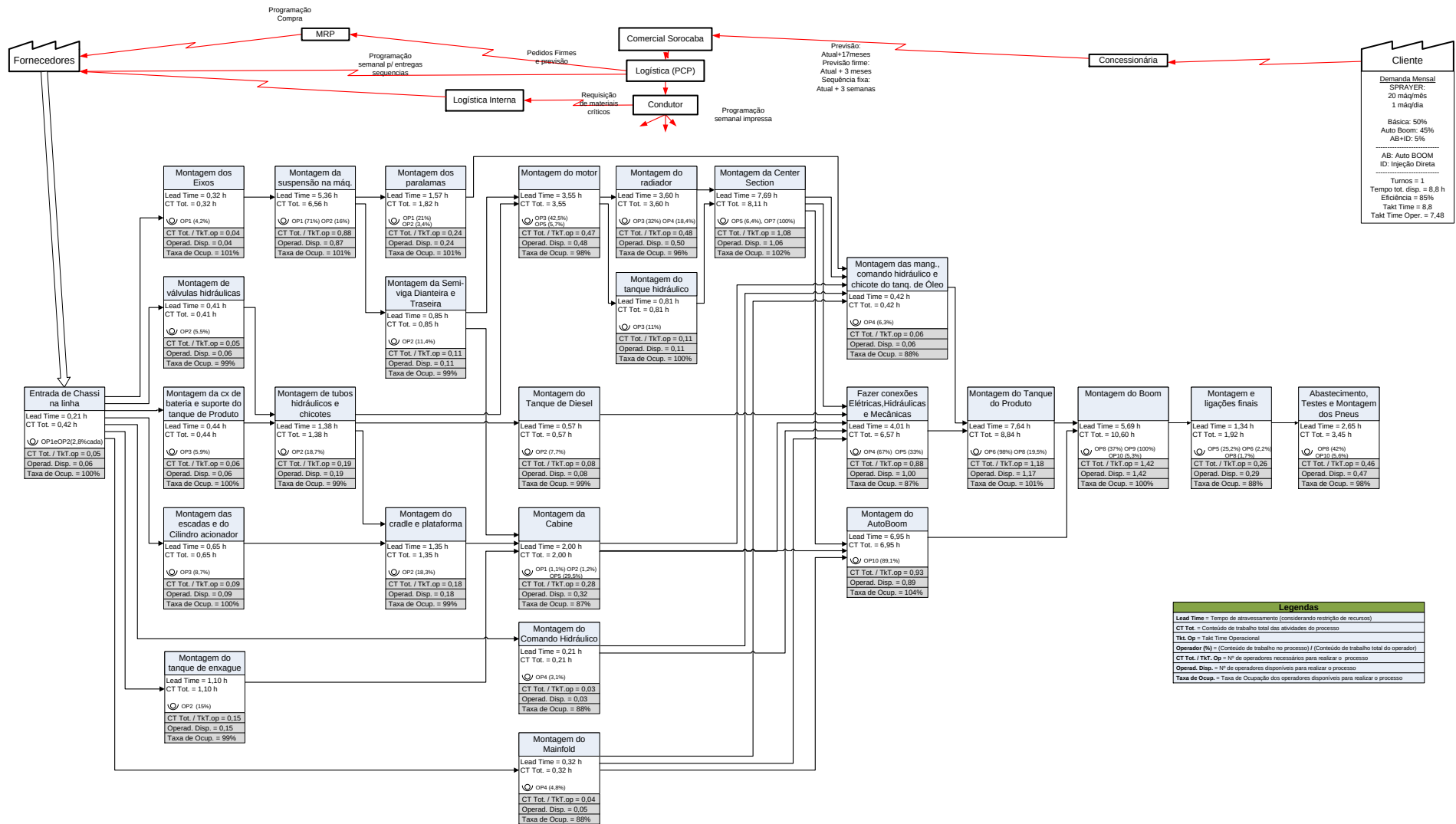


Figura 17 Mapa de fluxo de valor atual detalhado

4.2.2.2 Conteúdo de trabalho e distribuição inicial do trabalho

A fim de levantar a situação atual da distribuição de trabalho na linha, e realizar o dimensionamento dos recursos necessários para cada box e atividade, é necessário que seja feito um levantamento do *lead time* e do conteúdo de trabalho de cada atividade.

Nesta etapa, foram realizadas três cronometragens pela equipe de projeto, individualmente para cada uma das micro atividades mapeadas. Observa-se que algumas atividades não puderam ser cronometradas em todos os três levantamentos realizados, pois devido à falta de padrão de montagem já haviam alguns subconjuntos montados. Depois de compilados, os tempos foram validados pelo engenheiro de manufatura responsável, operadores e condutores da linha.

Em paralelo, houve a filmagem de todas as atividades da linha (por uma empresa externa ao projeto), cuja cronoanálise só seria realizada após o término do projeto. No entanto, esta filmagem foi utilizada para validar (de maneira macro) alguns tempos críticos.

Com todos os tempos levantados, foi desenvolvida uma planilha eletrônica utilizada para avaliar a distribuição atual de carga de trabalho por operador e por box e, posteriormente, redimensionar e redistribuir atividades entre os operadores, visando reduzir os desperdícios de superprodução, espera e desbalanceamento.

Na planilha foram inseridos, além dos tempos das atividades, o operador responsável por cada atividade, levantado anteriormente, e o número de operadores simultâneos para cada atividade. A Figura 18 demonstra a planilha utilizada.

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5	Predecessoras Nível F /Seq. Interna	Atividade F Relacionada	Tempo Cronometrado (h) - L.T.	Conteúdo de Trabalho (1 operador)	Box Utilizado	Operador 1	Operador 2	Operador 3
						F0	0,65	0,65	1			
						F0	0,65	0,65	1	A	B	
					F0	F1	1,00	1,00	1			
					1	F1	0,59	0,59	1	B		
					2	F1	0,40	0,40	1	A	B	
					F1	F2	11,42	13,10	1			
					2	F2	1,54	1,54	1	A	B	
					1	F2	7,53	7,53	1	A		
					1	F2	1,02	1,02	1	B		
					1	F2	2,34	2,34	1	A		
					1	F2	0,67	0,67	1	B		
					F2	F3	7,83	7,83	1			
					2	F3	1,89	1,89	1	A	B	
					4	F3	1,71	1,71	1	A	B	
					3	F3	3,45	3,45	1	B		
					1	F3	0,78	0,78	1	A	B	
					F0	F4	3,46	3,46	2			
					2	F4	1,10	1,10	2	C		
					1	F4	2,36	2,36	2	C		
					F0	F5	2,05	2,05	2			
					2	F5	1,20	1,20	2	D		
					1	F5	0,21	0,21	2	D		
					1	F5	0,64	0,64	2	D		

Figura 18 Planilha utilizada para avaliar a distribuição de trabalho

Foi gerado um gráfico com a carga de trabalho total de cada operador comparada com o *takt time* operacional da linha. O *takt time* operacional foi calculado multiplicando a eficiência esperada da linha (85%) pelo *takt time* real para três máquinas por dia, como demonstrado na Figura 19.

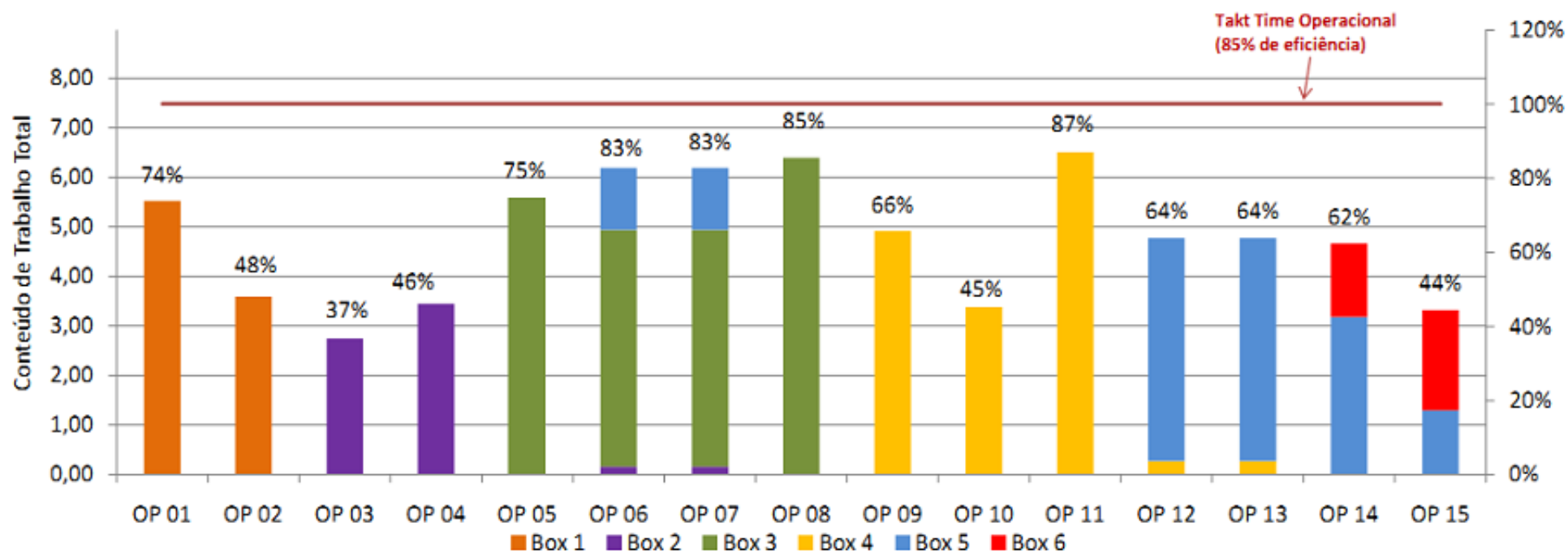


Figura 19 Balanceamento da linha de montagem

Pelos gráficos, pode-se notar que o trabalho não era bem distribuído entre os operadores, gerando desperdícios de espera e superprodução de subconjuntos. O conteúdo total de trabalho levantado foi de 170 horas. A ocupação média dos operadores foi de 62%.

Depois de finalizada a análise de carga dos operadores, as informações obtidas foram passadas para o mapa de fluxo de valor, a fim de ser feita uma análise holística da situação encontrada.

4.2.3 Analisar e desenvolver situação futura

Esta etapa de análise e desenvolvimento da situação futura foi feita separadamente para cada cenário de demanda definido anteriormente. Para cada um dos cenários foi feito o cálculo dos *takt times* real e operacional, assim como a redistribuição da carga de trabalho dos operadores, balanceamento de atividades, obedecendo às relações de precedência identificadas no mapa de fluxo de valor.

Depois de finalizada esta etapa, o balanceamento foi validado a partir da construção de um gráfico de *Gantt* para cada operador. Neste gráfico, a sequência de operações foi definida e validada, assim como as inter-relações entre as atividades de operadores diferentes dentro do mesmo box de montagem.

Em seguida, foi utilizada a Tabela de Combinação de Trabalho (TCT). Para cada operador, foi elaborada uma TCT, o qual representa o padrão de trabalho do operador, ou seja, todas as atividades a serem desenvolvidas durante o *takt time*, a sua sequência e tempo padrão esperado para a atividade.

Um exemplo da TCT utilizada neste projeto encontra-se na Figura 20.

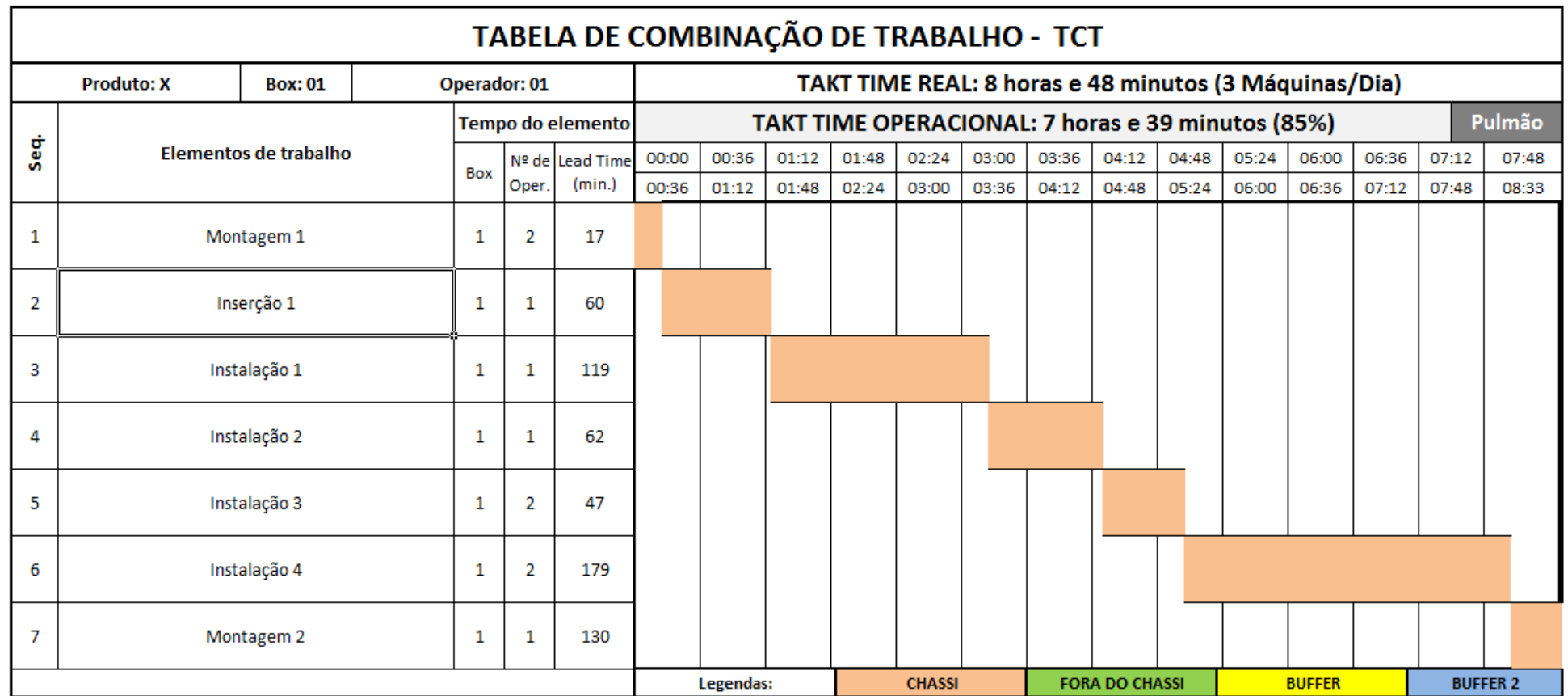


Figura 20 Exemplo de TCT

Observa-se que para os novos cenários tornarem-se viáveis, foram necessárias algumas alterações de box para determinadas atividades. Além disto, conseguiu-se analisar a viabilidade de alteração de algumas relações de precedência demonstradas no MFV e, assim, um melhor balanceamento pode ser alcançado. Tais alterações foram cuidadosamente validadas pelo engenheiro de manufatura responsável e pelos condutores da linha.

Por fim, assim como na análise da situação atual, todas as informações de balanceamento geradas foram passadas para um Mapa de Fluxo de Valor Futuro, assim como, as mudanças de box das atividades que sofreram este tipo de modificação.

Na Figura 21 é demonstrada a distribuição dos operadores para a situação projetada.

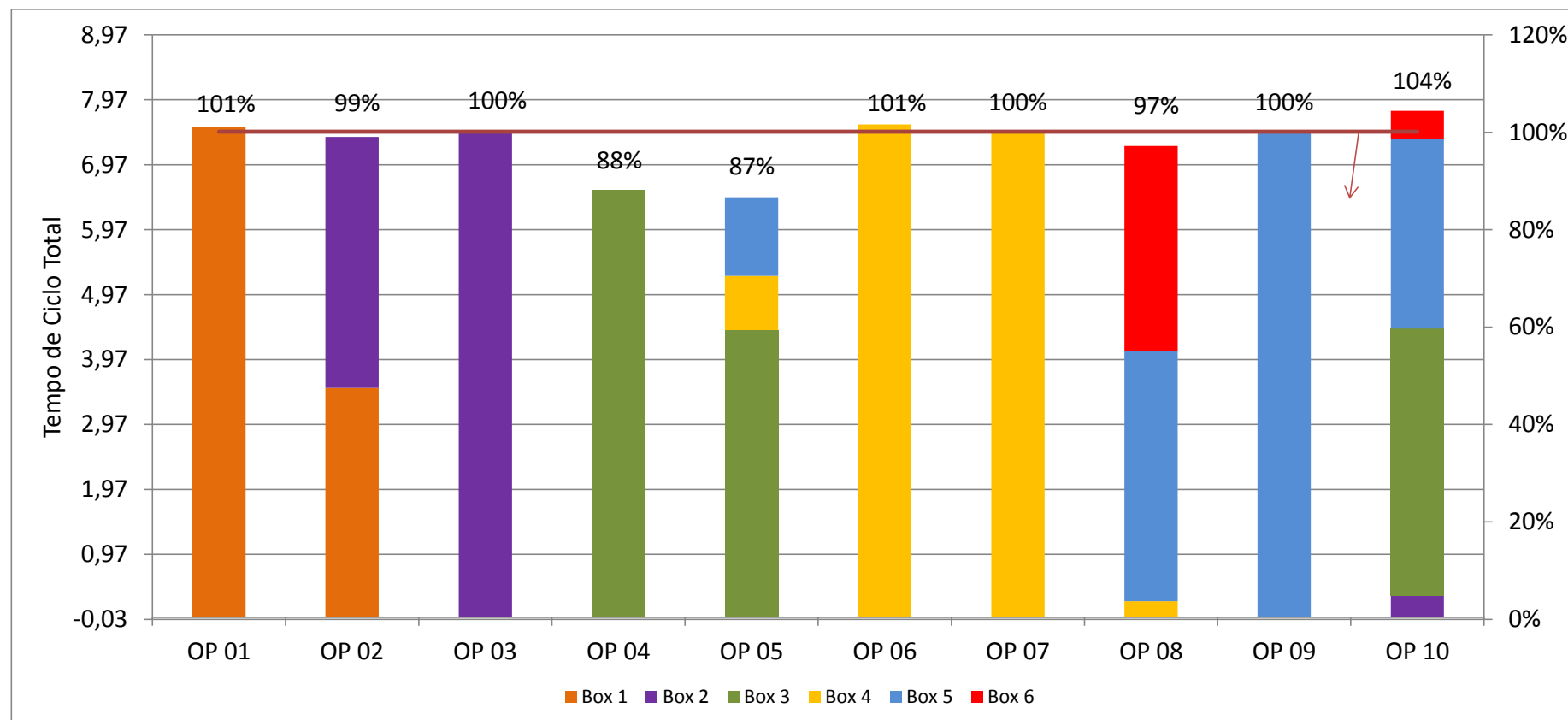


Figura 21 Distribuição projetada da carga de trabalho por operador

Com a utilização dos gráficos de *Gantt* o entendimento da sequência de operações e as possíveis alterações puderam ser discutidas de maneira mais prática e didática com os operadores da linha de montagem.

O *Gantt* de trabalho está descrito na Figura 22. Como já mencionado, todos os padrões de trabalho (TCT) de cada operador deste cenário foram gerados e distribuídos pela linha de montagem.

3 Máquinas / dia										
	TAKT TIME REAL: 8 h									
	TAKT TIME OPERACIONAL: 6 h e 48 minutos (85% de eficiência)									
MÁQUINA	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
BUFFER	00:00	00:48	01:36	02:24	03:12	04:00	04:48	05:36	06:24	07:12
	00:48	01:36	02:24	03:12	04:00	04:48	05:36	06:24	07:12	08:00
OP1	Montagem 1			Montagem 2						
OP2	Montagem 1						Pré-Montagem 2			
OP3	Ajustes	Pré-Montagem 5								
OP4	Instalação mangueiras						Montagem mangueiras			
OP5	Montagem Conexões							Montagem 6		
OP6	Instalação do tanque				Montagem Painei			Pré-Montagem Válvulas		

Figura 22 Gráfico de *Gantt*

4.2.4 Implantar situação futura

Após a análise do balanceamento inicial e o projeto da situação futura para o cenário de três máquinas/dia, foi proposta a implantação da situação projetada de forma rápida e consistente: utilizando-se a metodologia denominada *Kaizen*. *Kaizen* é uma palavra japonesa que significa “mudança boa”, por isso está relacionada com o conceito de melhoria contínua.

O Evento *Kaizen* é baseado na formação de times envolvendo vários níveis hierárquicos da empresa. Eles possuem metas agressivas de ação e um prazo de cinco dias para a realização das tarefas programadas para o evento.

Para isso, o time tem prioridade em relação ao uso de recursos da empresa e seus membros ficam dedicados exclusivamente ao Evento, desvinculando-se de suas atividades normais e rotineiras de trabalho. Ao final do Evento, há uma apresentação sobre as ações realizadas e os resultados obtidos para o patrocinador do projeto e outras pessoas chave da empresa.

O Evento *kaizen* para implantação do balanceamento para produção de três máquinas/dia foi realizado no período de 18/04/2011 a 22/04/2011.

4.2.4.1 Objetivo do evento

Esse Evento *Kaizen* foi realizado para atingir os principais objetivos:

- a) Aumentar a produtividade da linha;
- b) Balancear a carga de trabalho de acordo com o *takt time*;
- c) Padronizar as atividades realizadas;
- d) Padronizar o abastecimento;
- e) Adequar o *layout*;
- f) Implantar nova gestão visual.

Para que os objetivos propostos fossem alcançados, uma equipe de dezoito pessoas lideradas pelo Engenheiro de Processos trabalhou nas implantações.

O Evento *Kaizen* foi divulgado com o objetivo de conscientizar toda a organização, desde o nível de liderança até o operacional de todas as áreas que de alguma forma se envolvem com a produção do item, através de uma campanha de comunicação feita por divulgação de cartazes e e-mails.

4.2.4.2 Atividades pré-kaizen

Para viabilizar o cumprimento dos objetivos do evento *kaizen* algumas atividades deveriam ocorrer anteriormente ao evento, denominadas atividades pré-*kaizen*. Segue uma breve descrição das principais atividades realizadas nesta etapa:

No dia 29/03/2011 foi realizada uma reunião com a liderança da fábrica, na qual foram validados o escopo, data e participantes do Evento *kaizen*.

No dia 05/04/2011 foi feita uma reunião com todos os montadores e com os supervisores da linha onde seriam realizadas as modificações, com o objetivo de validar o balanceamento e o padrão de trabalho de todos os operadores.

Um passo importante para o projeto foi a implementação de Gestão Visual na linha de montagem, para que os operadores pudessem gerir melhor seu tempo e suas atividades, além disso, qualquer pessoa que passasse pela linha poderia identificar em qual status a produção se encontrava.

Segue abaixo os principais recursos visuais projetados:

- a) Cronômetro: o principal objetivo da instalação do cronômetro foi acompanhar o ritmo de produção da linha, uma vez que o montador poderia conferir pelo padrão de trabalho o andamento de suas atividades em relação ao *takt time*. A Figura 23 mostra uma representação visual do cronômetro instalado na linha de montagem.



Figura 23 Cronômetro instalado na linha de montagem

- b) Sinalizador de progresso atual x *baseline* na TCT padrão da linha: o objetivo foi acompanhar visualmente como cada operador estava em relação ao *takt time*. Os dois bastões correm na horizontal, sendo que o bastão cinza mostra onde o operador deveria estar de acordo com o *takt* e o bastão azul mostra onde ele está de fato. Um exemplo está demonstrado na Figura 24.

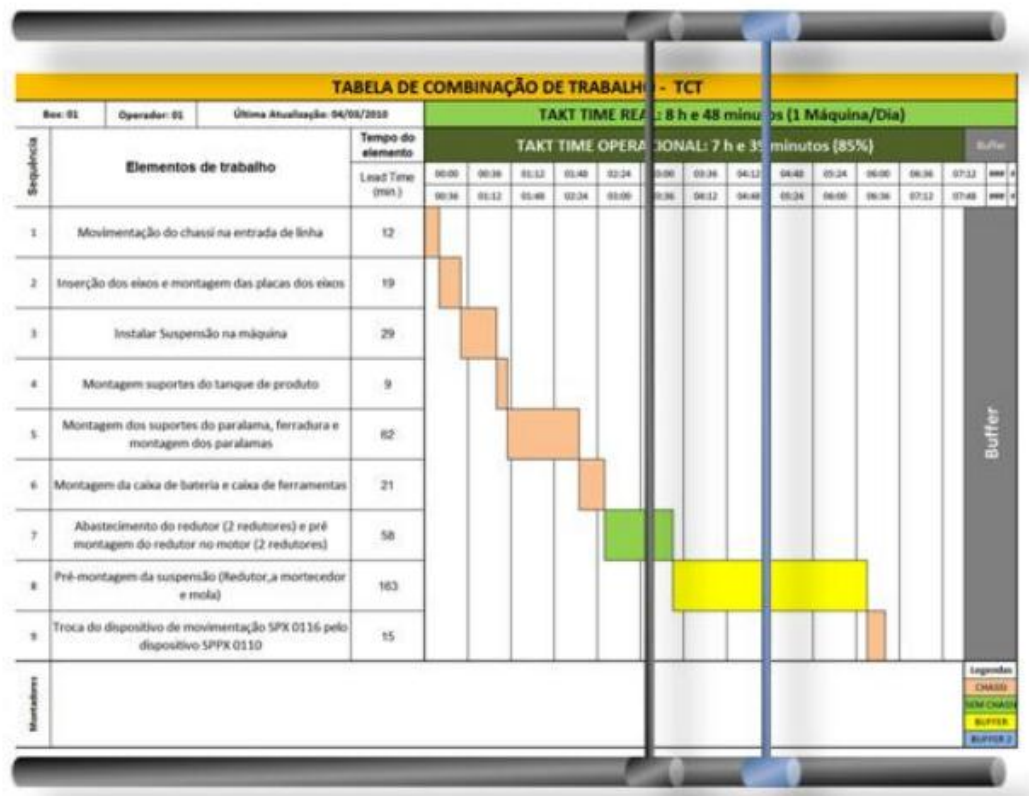


Figura 24 Sinalizador de Progresso Atual x *Baseline*

- c) Abastecimento e *Status* do box: o objetivo foi identificar o *status* de abastecimento e de finalização das atividades, permitindo a movimentação para o próximo box. A Figura 25 mostra um esquema de como seria esse identificador.



Figura 25 Sinalizador de status

- d) Apontamento de ocorrências: o objetivo foi identificar os principais motivos que pudessem impedir o montador de dar continuidade ao seu trabalho. Na Figura 26 está um exemplo de folha de apontamento.

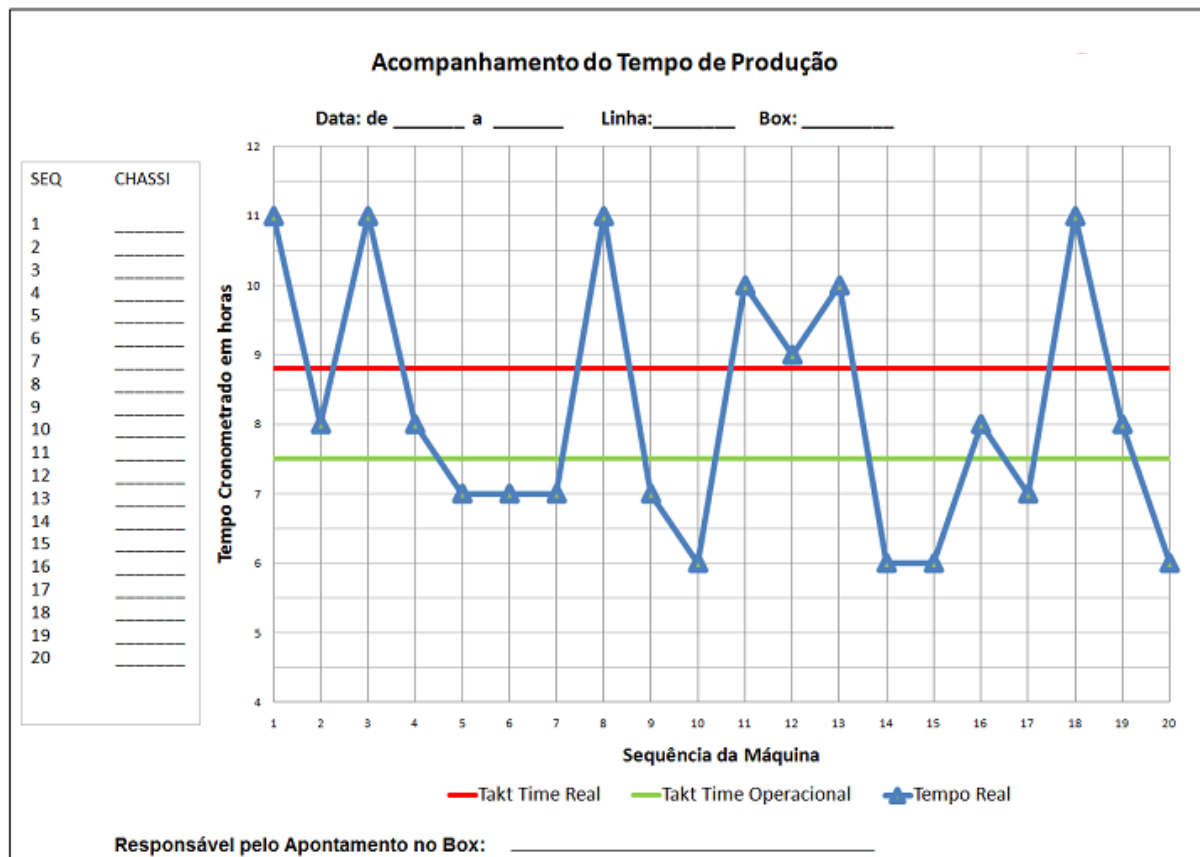


Figura 27 Acompanhamento de produção

- f) Saída de linha: o objetivo foi acompanhar o ritmo de saída de máquinas prontas no último box de montagem, e acompanhar a produção programada mensal e a realizada pela linha. O exemplo da Figura 28 foi preenchido com dados hipotéticos.

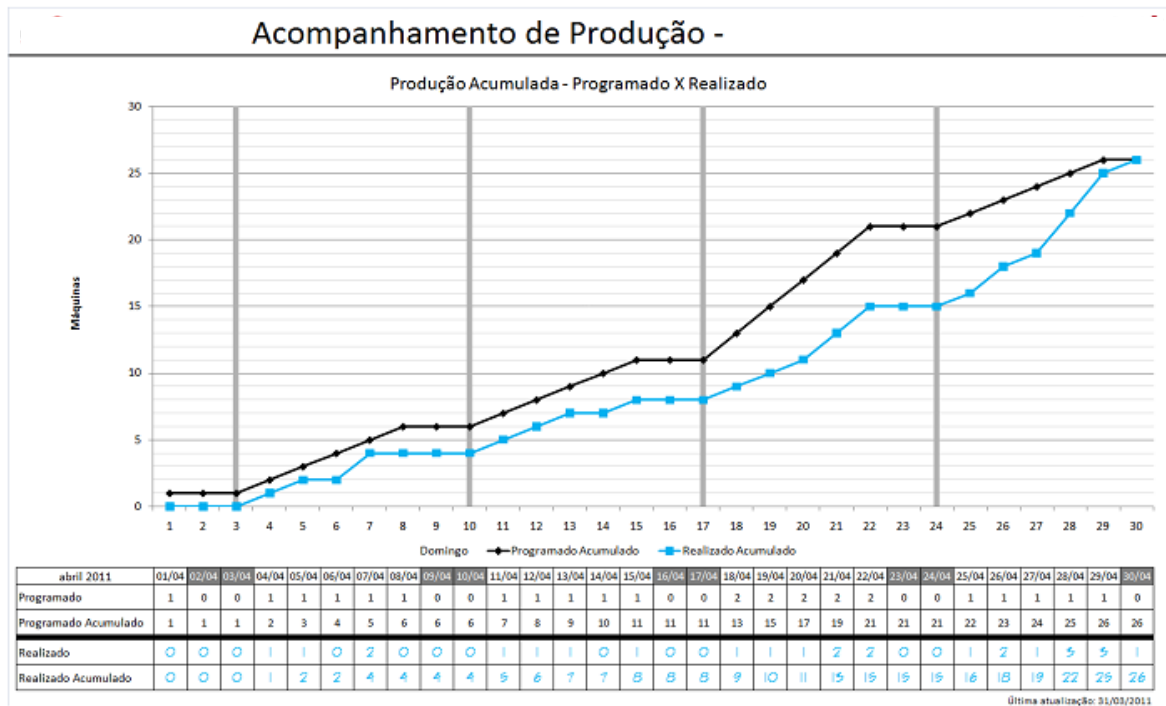


Figura 28 Gráfico de saída de linha

Foram levantadas as principais peças paradoras de linha, já que para a realização das atividades no padrão de trabalho projetado não poderia ocorrer a falta de peças durante a montagem.

A Figura 29 ilustra o gráfico que demonstra a análise dos dados históricos de falta de peças.



Figura 29 Histórico de falta de peças

Dois fornecedores foram escolhidos para se implementar o sistema de *Kanban* de compras, os dois foram escolhidos por estarem localizados próximos à montadora e já possuírem conhecimento da mentalidade enxuta, uma vez que alguns itens fornecidos para outras máquinas já estão sendo controlados via *kanban*.

Foi validada junto à logística a disponibilidade das peças durante o Evento *Kaizen*, para não comprometer as atividades que seriam realizadas durante a semana.

4.2.4.3 Cronograma do Evento Kaizen

Foi elaborado um cronograma detalhado do evento *Kaizen*, abrangendo todas as atividades a serem realizadas durante a semana. Este cronograma foi validado junto às lideranças e coube à equipe de projeto gerenciá-lo e atualizá-lo.

4.2.4.4 Atividades realizadas durante o Evento Kaizen

Durante o Evento *Kaizen* o *layout* foi realocado para facilitar o andamento das atividades previstas no padrão de trabalho dos operadores. Alguns kits de montagem também foram modificados e novos kits foram criados com a mesma finalidade. Após as modificações físicas foi necessário treinar todos os operadores no novo padrão de trabalho e realizar os ajustes necessários.

4.2.4.5 Atividades pós-kaizen

Durante o evento *kaizen*, foram levantadas oportunidades adicionais de melhoria, advindas de problemas que ocorreram durante a semana. Para facilitar a elaboração do plano de ação, eles foram segregados na forma de categorias, conforme apresentados na Figura 30.

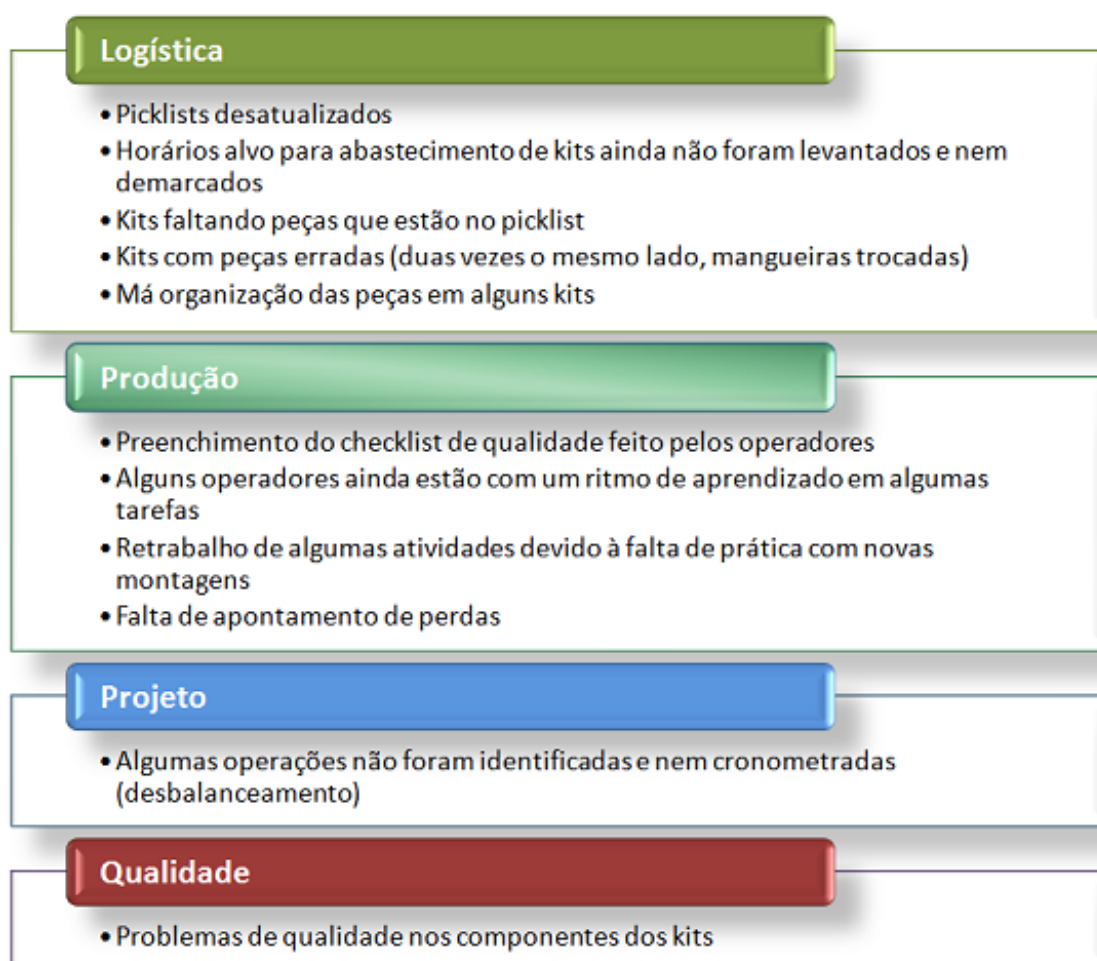


Figura 30 Categorização dos problemas encontrados

Adicionalmente, foi realizado o acompanhamento de um operador durante o evento, cujo resultado segue na Figura 31.

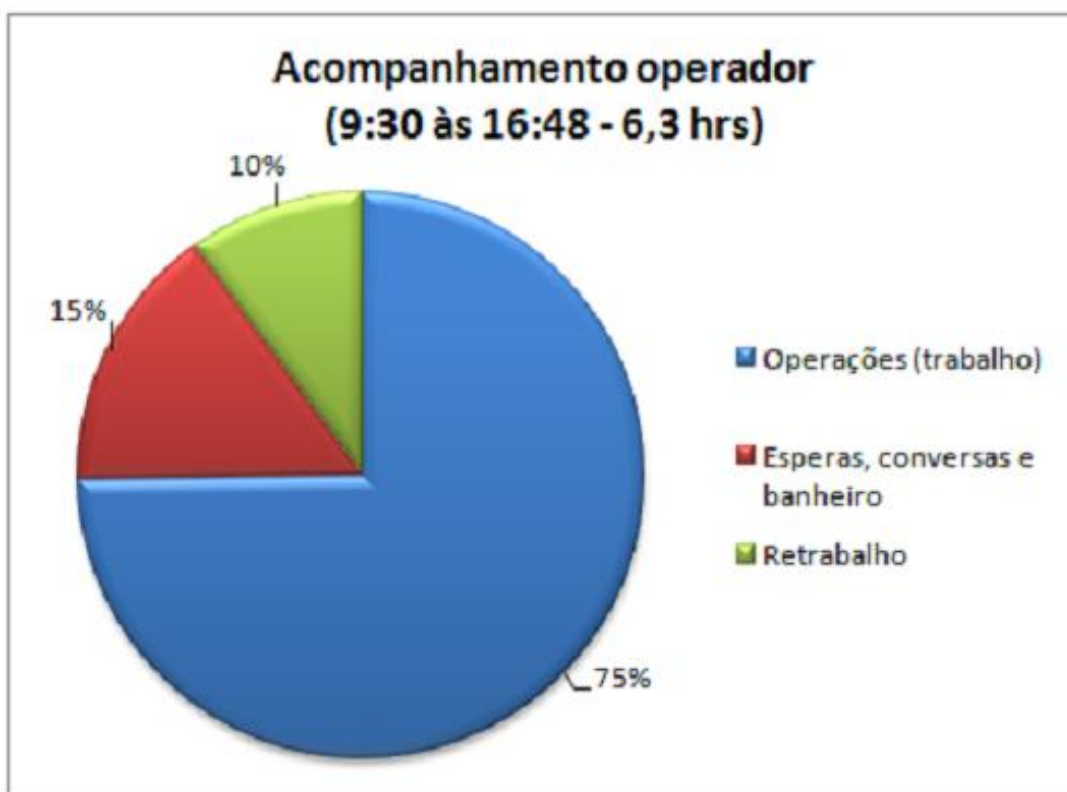


Figura 31 Análise de um dia de trabalho de um operador

Vale ressaltar que, na Figura 31, na categoria, Operações (trabalho), foi considerado todo o tempo que o operador estava realizando a atividade do padrão de trabalho, inclusive as atividades que não agregam valor, como por exemplo, andar para pegar e procurar ferramentas, desde que estas estivessem contempladas no ciclo do padrão de trabalho projetado.

4.2.4.6 Planos de ação

Foi decidido pela liderança do projeto que os planos de ações referentes às atividades de logística, produção e qualidade serão tratados pela equipe interna da empresa, sem envolvimento da consultoria.

A principal atividade pós-*kaizen* em relação ao projeto foi relacionada à divergência dos tempos cronometrados e a não contemplação de algumas atividades no balanceamento.

Sendo assim, foi realizado um novo estudo, no qual foram colhidos novos dados da linha em funcionamento.

Um grupo de estudo envolvendo a equipe de projeto, os condutores da linha e os operadores da linha, ficou responsável pela análise dos novos dados coletados. Este estudo foi realizado box a box.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as conclusões do trabalho, alguns pontos merecedores de atenção especial para efetiva obtenção e manutenção dos ganhos projetados e, por fim, algumas recomendações de trabalhos futuros.

Este projeto endereçou as principais oportunidades de melhoria vislumbradas inicialmente, dentre as quais destacamos o melhor balanceamento das operações de montagem, resultando em aumento considerável da ocupação média prevista dos operadores; e o projeto de padrões de trabalho para operações de montagem, individuais e de todos os boxes, projetadas de acordo com o *takt-time* operacional para diferentes cenários de demanda.

Houve relevante transferência de *know-how* quanto às técnicas aplicadas para o entendimento da situação inicial, desenvolvimento de situação futura e implantação de situação futura.

É importante ressaltar alguns aspectos que merecem especial atenção para que os ganhos projetados sejam obtidos de forma consistente:

- a) Os padrões de trabalho foram desenvolvidos de forma ajustada ao *takt-time* e, mesmo contemplando-se segurança adequada em seu projeto, há sensibilidade quanto à eventual ocorrência de problemas de qualidade nos componentes de kits, falta de aderência das peças aos kits, peças faltando ou erradas, e, também, variações bruscas na força de trabalho, em termos de quantidade de operadores ao longo do tempo e, também, em termos de qualificação destes operadores para execução das atividades nos tempos padrão projetados.
- b) O arranjo físico também foi ajustado em função dos padrões de demanda e de conteúdos de trabalho. Portanto, variações no ritmo de abastecimento de peças e descumprimento do padrão de trabalho podem ocasionar perdas consideráveis em relação ao espaço projetado.

Medidas de desempenho e acompanhamento para sustentabilidade das melhorias e desenvolvimento de novas melhorias: Estas medidas de desempenho poderiam ser incorporadas e desdobradas até o nível operacional, adicionalmente às medidas de cumprimento de metas de produção. Ou seja, medir as melhorias propostas e a aderência aos padrões estabelecidos, também no nível operacional. Este tipo de iniciativa poderia, de forma

complementar contribuir para a geração de modelos justos de avaliação de desempenho para todos os agentes envolvidos.

5.1 ANÁLISE DAS DIFICULDADES ENCONTRADAS DURANTE O PROJETO

As principais dificuldades encontradas foram referentes à mudança cultural das pessoas que conviveriam com as implementações. Alguns operadores estavam acostumados a trabalhar da mesma maneira há mais de cinco anos e o novo modelo de produção não estava bem claro antes da conclusão das modificações.

A cronometragem dos tempos de montagem foi outro fator de conflito, uma vez que algumas pessoas se sentiram incomodadas com o fato de estarem sendo medidas e no início do projeto não estavam certas do porque isso seria importante.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS EM PRODUÇÃO ENXUTA

Como boas práticas de projetos *lean* é importante ressaltar a utilização de metodologia de projeto apropriada. Neste estudo de caso foi utilizado o ciclo DMAIC, que foi a metodologia sugerida pela equipe de consultoria.

A uso correto da metodologia facilita o entendimento de todos os envolvidos e faz com que a visão do todo seja melhor difundida.

Outro ponto importante é a estrutura hierárquica que suporta o projeto. Como vimos na seção 2.1.4.5 a estrutura deve ter a figura de um patrocinador bem definida e este

patrocinador deve ter influência tanto em níveis hierárquicos abaixo, quanto em níveis mais altos, demonstrando assim a importância do projeto para a organização.

5.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A pesquisa como citado na seção 3.5 não contemplou a fase de controle do projeto, pois a Montadora X preferiu utilizar seus próprios métodos de controle de melhorias sem a presença do time de consultoria. A manutenção dos resultados é importante para garantir que as pessoas se adaptem ao novo sistema e consigam enxergar que os benefícios são relevantes.

Outro ponto foi a implementação do projeto somente em uma das linhas, o que implica na manutenção de um sistema híbrido na planta fabril, ou seja, um sistema onde coexistem dois sistemas de produção. A utilização de sistemas híbridos pode gerar desentendimento, pois a rotina de trabalho será controlada pelo uso de cartões *Kanban* e *software* MRP.

5.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

A utilização de sistemas híbridos é bastante comum em empresas que estão dispostas a utilizar uma metodologia diferente, sendo que há casos onde é mais interessante manter dois ou mais sistemas para conseguir atender a todos os requisitos do negócio. Portanto, o estudo de sistemas híbridos é relevante o suficiente para ser estudado mais a fundo.

REFERÊNCIAS

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2007.

CRESWELL, J. W. **Research design**: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 2ª. ed. Sage: Thousand Oaks, 2003.

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e Controle da Produção**: Dos Fundamentos ao Essencial. São Paulo: Atlas, 2010.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. 8ª. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

HARRIS, R.; HARRIS, C.; WILSON, E. **Fazendo Fluir os Materiais**: Um guia lean de movimentação de materiais para profissionais de operações, controle de produção e engenharia. 2ª. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean**: A guide to implementation. Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Center, 2000.

HOMINISS CONSULTING. Apresentações. **Hominiss Consulting**: Consultoria e Treinamentos em Produção Enxuta. Disponível em: <<http://www.hominiss.com.br/apresentacoes>>. Acesso em: 23 out. 2011a.

HOMINISS CONSULTING. Consultoria Lean. **Hominiss Consulting**: Consultoria e Treinamentos em Produção Enxuta. Disponível em: <<http://www.hominiss.com.br/lean-manufacturing>>. Acesso em: 18 out. 2011b.

JONES, D.; WOMACK, J. **Enxergando o Todo**: Mapeando o fluxo de valor estendido. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.

KAMADA, S. Estabilidade na Produção na Toyota do Brasil. **Lean Institute Brasil**, 2007. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/86/estabilidade-na-producao-da-toyota-do-brasil.aspx>>. Acesso em: 18 maio 2011.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. What is Lean - History. **Lean Enterprise Institute**. Disponível em: <<http://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>>. Acesso em: 13 jun. 2011.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. What is Lean - Principles. **Lean Enterprise Institute**. Disponível em: <<http://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm>>. Acesso em: 13 jun. 2011.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MARCHWINSKI, C.; SHOOK, J. **Léxico Lean**: Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean. 2ª. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 5ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 216 – 229, 2007.

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

QUEIROZ, M. A. Lean seis sigma: Como integrar o lean manufacturing com o seis sigma. **Banas Qualidade**, São Paulo, 2007. 40-50.

RECHULSKI, K. D.; CARVALHO, M. M. Programa de qualidade seis sigma: Características distintivas do modelo DMAIC e DFSS. **PIC-EDUSP**, São Carlos, 2004.

RENTES, A. F. TransMeth: Proposta de uma metodologia para condução de processos de transformação de empresas, São Carlos, 2000.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando Fluxo Contínuo**: Um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. 2ª. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2008.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2009.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**: Do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

SMALLEY, A. **Criando o Sistema Puxado Nivelado**: Um guia para aperfeiçoamento de sistemas lean de produção, voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia. 2ª. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2008.

SOBEK II, D. K.; SMALLEY, A. **Understanding A3 Thinking**. [S.l.]: Lean Enterprise Institute, 2008.

WANKE, P. Considerações sobre os sistemas de produção e os limites da customização em massa. **Instituto de Logística e Supply Chain**, Rio de Janeiro, Junho 2005. Disponível em: <http://www.ilos.com.br/site/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=100&Itemid=44>. Acesso em: 14 junho 2011.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina Que Mudou o Mundo**: Baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel. 13ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

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