UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DAYANE MAXIMIANO CARVALHO

PRODUÇÃO ENXUTA: APLICAÇÃO DE ALGUNS CONCEITOS NA EMPRESA MRS LOGÍSTICA

JUIZ DE FORA
2014

DAYANE MAXIMIANO CARVALHO

PRODUÇÃO ENXUTA: APLICAÇÃO DE ALGUNS CONCEITOS NA EMPRESA MRS LOGÍSTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: DSc, Luiz Henrique Dias Alves

Co-orientador: Bernardo Ramos de Abreu

JUIZ DE FORA

2014

Carvalho, Dayane Maximiano.
PRODUÇÃO ENXUTA: APLICAÇÃO DE ALGUNS CONCEITOS NA EMPRESA MRS LOGÍSTICA / Dayane Maximiano Carvalho. -- 2014.
47 p. : il.

Orientador: Luiz Henrique Dias Alves
Coorientador: Bernardo Ramos de Abreu
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2014.

1. Lean Manufacturing. 2. Sete Tipos de Desperdícios. 3. Cinco Princípios da Produção Enxuta. 4. Ferramentas Lean. 5. MRS Logística. I. Alves, Luiz Henrique Dias, orient. II. Abreu, Bernardo Ramos de, coorient. III. Título.

DAYANE MAXIMIANO CARVALHO

PRODUÇÃO ENXUTA: APLICAÇÃO DE ALGUNS CONCEITOS NA EMPRESA MRS LOGÍSTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 10 de Julho de 2014.

BANCA EXAMINADORA

_____

D.Sc., Luiz Henrique Dias Alves (Orientador)

Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

Bernardo Ramos de Abreu (Co-Orientador)

MRS Logística

_____

Marcos Borges

Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me sustentado durante essa longa caminhada e por me abençoar com mais esta conquista.

Aos meus pais Ailton e Jurema, por nunca terem medido esforços para que eu realizasse todos os meus sonhos, pelo incentivo e amor incondicional. Esta vitória é tão minha quanto de vocês.

Às minhas irmãs Talita e Thamires, pela compreensão nos momentos que estive ausente e por todo companheirismo e amizade que colaboraram de forma significativa para esta conquista.

Aos meus avós Joaquim e Marlene, por serem meus exemplos de garra e determinação e por todos os mais lindos ensinamentos que já recebi.

Ao meu esposo Misael, pela força e carinho demonstrados. Por enfrentar a distância, por ter me esperado e hoje estar colhendo este fruto juntamente comigo.

A todos meus amigos, pelo apoio e os bons momentos vividos que fizeram desta jornada menos árdua.

Aos meus orientadores, pelo suporte prestado no decorrer do desenvolvimento deste trabalho.

Ao colaborador da MRS Logística, Alexandro Torres, pela experiência profissional compartilhada neste trabalho, sem a qual não seria possível realizá-lo.

Aos professores do curso de Engenharia de Produção da UFJF, pelos conhecimentos transmitidos e por contribuírem para a minha formação profissional.

A todos que colaboraram diretamente ou indiretamente para que eu chegasse até aqui, MUITO OBRIGADA!

RESUMO

As empresas para se manterem no mercado precisam buscar técnicas e novos conhecimentos que as tornem mais competitivas. A filosofia *Lean Manufacturing* vai ao encontro desta necessidade por pregar a busca da melhoria contínua através do aperfeiçoamento de técnicas, procedimentos e eliminação de desperdícios nos processos. Isto permite que as empresas alcancem melhores custos, flexibilidade, qualidade e atendimento. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é elucidar o conceito de produção enxuta e explanar as inúmeras vantagens que a adoção de práticas *Lean* pode gerar a uma organização, ainda que esta seja uma empresa de serviços. Para tanto, realiza-se primeiramente uma contextualização histórica do *Lean Manufacturing*, bem como a explicação dos seus cinco princípios e dos sete tipos de desperdícios que este sistema procurar mitigar, e em seguida são apresentadas as principais ferramentas utilizadas para atingir os objetivos do *Lean* em uma organização. Em sequência é realizado um estudo de caso na MRS Logística, concessionária que controla, opera e monitora a Malha Sudeste da Rede Ferroviária Federal, onde serão apresentadas as práticas adotadas pela empresa que remontam ao *Lean Manufacturing*. Apresenta-se também um plano de ação utilizando as ferramentas *kaizen* e *poka-yoke* ao identificar um ponto de melhoria no local objeto de estudo.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, desperdícios, ferramentas *Lean*.

ABSTRACT

Companies, in order to maintain their position in the market place, need to search for techniques and new understanding that allow them to be more competitive. The *Lean Manufacturing* philosophy responds to this need by lecturing the quest for continuous improvement through the enhancement of techniques, procedures, and removal of waste from processes. This enables companies to achieve better costs, flexibility, quality, and customer services. In this context, the paper's objective is to clarify the concepts of lean production, and to elaborate on the countless advantages of how an organization can benefit from adopting *Lean* tactics even if it is a service company. Therefore, first of all, it is established a historical context of *Lean Manufacturing* as well as an explanation of its five principles and seven waste types which this system aims to eliminate, following with the main tools used to achieve the *Lean* objectives in an organization. Next, a case study is conducted at MRS Logística, service provider which controls, operates, and monitors the Southeast railway network of Brazilian Federal Railway Network, which presents the practices, referring to *Lean Manufacturing,* adopted by the company.This paper also presents an action plan using *kaizen* and *poka-yoke* tools for identifying an improvement opportunity in the company subjected to this study.

Key words: *Lean Manufacturing*, waste, *Lean* tools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção 11
Figura 2 - Sete tipos de perdas 14
Figura 3 - Sistema empurrado e sistema puxado..... 19
Figura 4 - Etapas do sistema *Kanban*..... 24
Figura 5 - Malha da MRS Logística S.A..... 29
Figura 6 - Organograma da MRS Logística S.A 30
Figura 7 - Cronograma de trabalho e objetivos de cada fase do projeto 31
Figura 8 - Etapas da fase de implementação do projeto..... 32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Funções do tempo de *setup* 26

Quadro 2- Relação entre os sete tipos de desperdícios e o estudo de caso da MRS Logística 34

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora

STP – Sistema Toyota de Produção

GMNO – Gerência de Melhorias e Normatização Operacional

PPOF – Projeto de Produtividade das Operações Ferroviárias

TRF – Troca Rápida de Ferramentas

THP – Trem Hora Parado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 7

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 7
1.2 JUSTIFICATIVA 8
1.3 ESCOPO DO TRABALHO 9
1.4 OBJETIVOS 9
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 10
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 11

2. PRODUÇÃO ENXUTA 12

2.1 BREVE HISTÓRICO 12
2.2 OS SETE TIPOS DE DESPERDÍCIOS 13
2.2.1 DESPERDÍCIO DE SUPERPRODUÇÃO 14
2.2.2 DESPERDÍCIO DE TEMPO DE ESPERA 15
2.2.3 DESPERDÍCIO DE TRANSPORTE 15
2.2.4 DESPERDÍCIO DE MOVIMENTAÇÕES 15
2.2.5 DESPERDÍCIO DE PRODUTOS DEFEITUOSOS 16
2.2.6 DESPERDÍCIO DE PROCESSAMENTO 16
2.2.7 DESPERDÍCIO DE ESTOQUE 17
2.3 OS CINCO PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA 17
2.3.1 ESPECIFICAÇÃO DO VALOR 17
2.3.2 IDENTIFICAÇÃO DA CADEIA DE VALOR 18
2.3.3 FLUXO DE VALOR 18
2.3.4 PRODUÇÃO PUXADA 19
2.3.5 BUSCA PELA PERFEIÇÃO 19
2.4 FERRAMENTAS LEAN 20
2.4.1 KAIZEN 20
2.4.2 JUST IN TIME 21
2.4.3 KANBAN 22
2.4.4 REDUÇÃO DE SETUP 25
2.4.5 POKA-YOKE 28

3. IMPLANTAÇÃO DOS CONCEITOS DE PRODUÇÃO ENXUTA NA MRS LOGÍSTICA 29

3.1 A EMPRESA 29
3.2 A IMPLANTAÇÃO 30
3.2.1 PÁTIO BOM JARDIM 32

4. ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO E OPORTUNIDADE DE MELHORIA IDENTIFICADA 34

4.1 OS SETE TIPOS DE DESPERDÍCIOS X ESTUDO DE CASO DA MRS LOGÍSTICA 34
4.1.1 EXCESSO DE INSPEÇÕES 35
4.1.2 TEMPO DE PERMANÊNCIA ALTO 35
4.1.3 MANOBRAS E MOVIMENTAÇÕES DESNECESSÁRIAS 36
4.1.4 PROCESSO DE TROCA DE EQUIPAGEM 37
4.1.5 RETRABALHO 37
4.1.6 FILA 38
4.2 OS CINCO PRINCÍCIOS X ESTUDO DE CASO DA MRS LOGÍSTICA 38
4.2.1 ESPECIFICAÇÃO DO VALOR 38
4.2.2 IDENTIFICAÇÃO DA CADEIA DE VALOR 39
4.2.3 FLUXO DE VALOR 39
4.2.4 PRODUÇÃO PUXADA 39
4.2.5 BUSCA PELA PERFEIÇÃO 40
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES 40
4.3.1 *KAIZEN* 42
4.3.2 *POKA-YOKE* 42

5. CONCLUSÕES 44

REFERÊNCIAS 45

ANEXO 1 – TERMO DE AUTENTICIDADE 46

ANEXO 2 – DECLARAÇÃO DA EMPRESA 47

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As empresas para se manterem no mercado precisam buscar técnicas e novos conhecimentos que as tornem mais competitivas. Pode-se dizer que uma empresa competitiva é aquela que oferece produtos e/ou serviços aos seus clientes com alto índice de qualidade e bons preços. Para isso, as empresas necessitam otimizar seus processos e procedimentos a fim de obterem ganhos de eficiência, produtividade e redução de despesas (BRIEF, 2014).

Neste contexto, se enquadra a filosofia *Lean Manufacturing*, também conhecida como Produção Enxuta, que busca combinar novas técnicas gerenciais a fim de tornar a empresa referência de padrão (BARTZ et al, 2013). Esta filosofia surgiu na década de 50 na Toyota, quando o executivo Taiichi Ohno implementou um sistema de produção que visava a redução dos sete tipos de desperdícios: defeitos nos produtos; superprodução; movimentação desnecessária dos trabalhadores; transporte desnecessário de material, ferramentas ou equipamentos; estoque de produto final, matéria-prima ou insumo; processamento desnecessário; espera dos funcionários por um equipamento ou atividade anterior para finalizar um trabalho . Este sistema de produção ficou conhecido pelo mundo inteiro pelos benefícios obtidos, como a redução de lead time e custos, e aumento da qualidade (WERKEMA, 2006).

É importante destacar que pelo fato de *Lean Manufacturing* se tratar de uma filosofia, torna-se necessário que haja uma mudança de cultura na organização para que as empresas alcancem sucesso na sua implantação. A empresa deve ser norteada pela busca da melhoria contínua através de uma soma de esforços de toda a organização (WERKEMA, 2006).

Essa mudança de cultura faz com que a organização assuma uma mentalidade enxuta, conhecida também como *Lean Thinking.* Esta filosofia e estratégia de negócio permitem aumentar a capacidade em satisfazer os clientes, entregando os produtos na hora que eles precisam e com preços que eles estão dispostos a pagar, com menores custos de produção, qualidade aumentada e *lead times* menores (WERKEMA, 2006).

De acordo com o *Lean Institute Brasil* (2014), os princípios do *Lean Thinking* são:

- Valor: Definir o que é valor a partir do ponto de vista do cliente. A empresa deve conhecer as necessidades dos seus clientes e procurar atendê-las,

cobrando por isso um preço específico. É necessário que a empresa busque pela melhoria contínua a fim de se manter no negócio e aumentar seus lucros.

- Fluxo de Valor: Significa analisar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: aqueles que geram valor; aqueles que não geram valor, mas são processos de apoio; e aqueles que não agregam valor, devendo ser eliminados imediatamente. Ao olhar para suas cadeias produtivas, as empresas precisam levar em conta os processos dos seus fornecedores e revendedores também para avaliarem melhor a geração de valor.
- Fluxo Contínuo: Ao eliminar os processos que não agregam valor, deve-se dar fluidez aos processos restantes. Um dos benefícios do Fluxo Contínuo é a redução nos tempos de concepção dos produtos, de processamento dos pedidos e em estoque. Isto garante à empresa uma velocidade para atender seus clientes, passando a ser quase instantaneamente.
- Produção Puxada: O fluxo contínuo possibilita a inversão do fluxo produtivo, onde os consumidores passam a "puxar" a produção, eliminando estoques e agregando valor ao produto.
- Perfeição: As empresas devem ter como objetivo a busca da perfeição nos fluxos de valor. É importante que este objetivo seja compartilhado por todos os membros da organização, em que todos tenham conhecimento do processo numa visão sistêmica, tornando possível o diálogo e a busca constante pelas melhores formas de criar valor.

1.2 JUSTIFICATIVA

O termo *Lean Manufacturing* foi definido por James P. Womack e Daniel T. Jones (1990) em seu livro "A máquina que Mudou o Mundo". As origens do *Lean Manufacturing* remontam ao Sistema Toyota de Produção (STP), assim, essa denominação é o reflexo do objetivo do STP: produzir cada vez mais com cada vez menos (BRIEF, 2014).

De acordo com Henderson e Larco (2000), *Lean Manufacturing* é constituído de vários detalhes na forma de procedimentos, técnicas e processos, que juntos são como uma sinfonia para a criação de uma harmonia. Portanto, diante do contexto atual de mercado, onde as empresas precisam oferecer preços competitivos e produtos de qualidade, a filosofia *Lean*

vai ao encontro desta necessidade das empresas pela busca da melhoria contínua através do aperfeiçoamento de técnicas, procedimentos e eliminação de desperdícios nos processos.

De acordo com o que já foi apresentado até este ponto, percebe-se a importância da aplicação dos conceitos da Produção Enxuta nas organizações por este fato escolheu-se abordar o tema no presente trabalho.

Este trabalho, também, tem o papel de mostrar que mesmo não havendo um Sistema *Lean* formalizado na organização em estudo, os resultados obtidos da implantação de alguns dos conceitos já trouxeram ganhos bastante significativos. Assim, este estudo serve para que a organização perceba a importância de intensificar estas práticas *Lean* a fim de obter melhores custos, flexibilidade, qualidade e atendimento.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O presente trabalho se concentra no estudo dos conceitos da Produção Enxuta, sendo este os sete tipos de desperdícios, os cinco princípios e ferramentas *Lean*; e na elaboração de um estudo de caso em que será apresentada a implantação de alguns destes conceitos na empresa MRS Logística S.A.

Para isto foi realizada uma revisão bibliográfica do tema, apresentação dos ganhos obtidos com a adoção de práticas *Lean*, bem como a identificação de oportunidade de melhoria na utilização dos conceitos e ferramentas relacionados à Produção Enxuta na empresa.

O local objeto de estudo deste trabalho é o pátio de Bom Jardim, identificado como o maior gargalo da malha da MRS Logística ao realizar um diagnóstico da mesma, sendo o primeiro pátio a ter ações que remontam ao *Lean* implementadas. O pátio de Bom Jardim é responsável por realizar atividades no trem de minério no circuito carregado.

1.4 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados obtidos através da implantação de alguns dos conceitos de Produção Enxuta no pátio de Bom Jardim pelo setor de Engenharia de Transportes da empresa MRS Logística S.A, explicitando como a adoção do *Lean Manufacturing* pode trazer ganhos significativos para a empresa. O trabalho possui,

também, como objetivos a identificação de oportunidades de melhoria e propor soluções com um possível uso de ferramentas *Lean*.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

A primeira etapa do trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica sobre o tema com o objetivo de contextualizar a filosofia *Lean Manufacturing*, além de levantar o estado da arte de seus princípios e práticas. A pesquisa teve enfoque nos cinco princípios, os sete tipos de desperdícios e algumas das ferramentas mais utilizadas no assunto em questão.

Na segunda etapa do trabalho foi realizado um estudo de um projeto implantado na empresa que consistiu na definição de práticas que remontam ao *Lean Manufacturing* a fim de eliminar desperdícios e melhorar processos. Além do estudo realizado através dos documentos disponibilizados pela empresa referente a este projeto, foram realizadas entrevistas com pessoas que estiveram diretamente ligadas na elaboração e execução do projeto. Em seguida, foi realizado o levantamento dos dados e análises dos mesmos, onde se comprovou os ganhos obtidos pela implantação de conceitos da Produção Enxuta. Ainda nesta etapa, foi identificado um ponto de melhoria na utilização do *Lean Manufacturing*, a fim de maximizar os resultados já obtidos pela organização.

De acordo com Moresi (2003), os tipos de pesquisas não são mutuamente exclusivos, portanto, a metodologia utilizada para elaboração deste trabalho é baseada no procedimento de pesquisa bibliográfica, estudo sistematizado baseado em material acessível ao público geral; e a pesquisa-ação, tipo particular de pesquisa participante que supõe a intervenção participativa na realidade social.

De acordo com a figura a seguir, pode se visto que o trabalho é de natureza aplicada, com objetivo explicativo através de uma abordagem qualitativa baseada em pesquisa-ação.

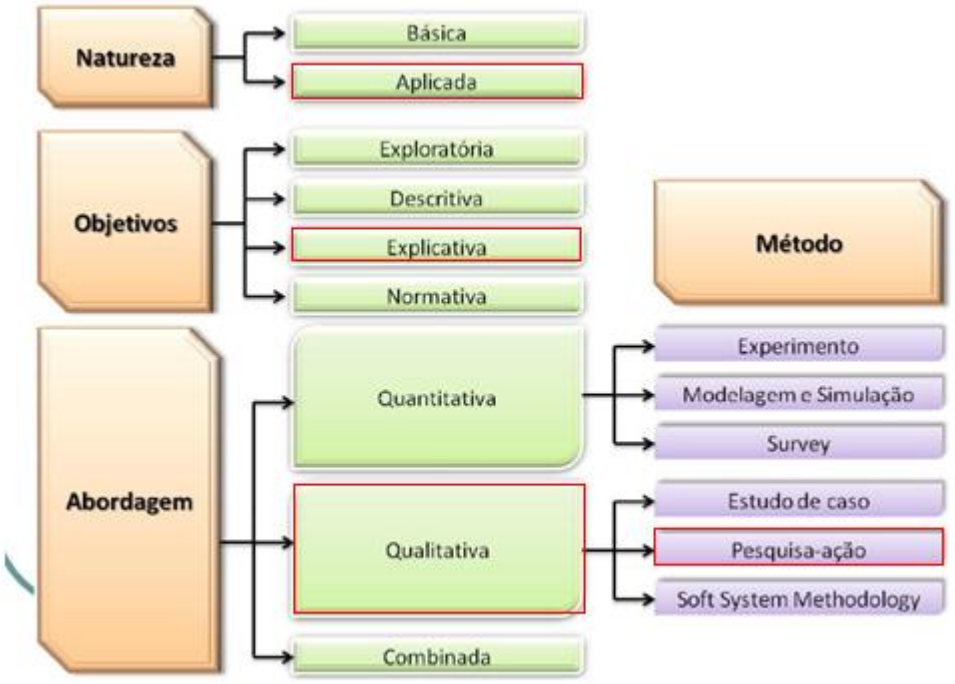

Figura 1 - Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção
Fonte: Miguel, 2010 (Adaptado)

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é apresentado em cinco capítulos. O primeiro capítulo contém informações introdutórias do trabalho, como considerações iniciais, justificativas, objetivos e metodologia.

O segundo capítulo é constituído de uma revisão da literatura sobre o assunto em questão, apresentando definições de alguns autores. Para isso foram utilizadas fontes bibliográficas, como livros, artigos, teses, entre outras.

O terceiro capítulo descreve o estudo de caso na MRS Logística, apresentando a implantação dos conceitos *Lean Manufacturig*.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos através da análise dos dados coletados, evidenciando a importância da aplicação de um sistema enxuto de produção. É apresentado também um ponto de melhoria identificado no local objeto de estudo, bem como um plano de ação utilizando ferramentas *Lean* para solucionar o problema verificado.

O quinto e último capítulo apresenta as principais conclusões do trabalho bem como as referências bibliográficas.

2. PRODUÇÃO ENXUTA

2.1 BREVE HISTÓRICO

A partir dos anos 30, aconteceu uma sequencia de fatos que fizeram com que a empresa automobilística Toyota Motor Company estivesse à beira da falência. Nos anos 30 devido ao governo militar, a empresa não pode mais produzir carros de passeio, passando a produzir somente caminhões, com métodos artesanais, no fracassado esforço de Guerra. No fim de 1949, houve uma queda brusca nas vendas, o que acarretou na demissão de grande parte dos trabalhadores. Em 1950, a Toyota havia produzido 2.685 automóveis enquanto a fábrica Rouge da Ford produzia 7.000 automóveis por dia (WOMACK et al, 2004).

Em 1950, o jovem japonês Eiji Toyoda saiu para uma peregrinação com o objetivo de visitar fábricas da Ford, onde teve um contato mais próximo com a produção em massa. Após estudar a planta Rouge da Ford, Eiji viu que era possível melhorar o sistema de produção da Toyota, porém, percebeu que seria praticamente impossível copiar e aperfeiçoar o modelo da Rouge. Isto porque a produção em massa praticada pela Ford, caracterizada pelo alto volume de produção, pouca variedade de produtos, produção empurrada e baixos custos, não poderia ser aplicada no Japão devido à situação econômica do país. Assim, Eiji e seu gênio da Produção, Taichii Ohno, já de volta ao Japão, começaram a pensar num novo modelo de produção, o que veio a chamar Sistema Toyota de Produção da Toyota, amplamente conhecida como produção enxuta (WOMACK et al, 2004).

Ainda segundo Womack et al (2004), logo após a Segunda Guerra Mundial, a Toyota decidiu produzir veículos em larga escala, porém, enfrentou alguns problemas:

- O mercado doméstico era limitado, sendo necessário produzir uma grande gama de veículos para atender as diferentes necessidades deste mercado;
- Devido à guerra, a economia estava devastada, sendo praticamente impossível realizar grandes compras das recentes tecnologias de produção ocidentais;
- Existiam grandes concorrentes ansiosos por operarem no Japão e dispostos a protegerem seus mercados contra as exportações japonesas;
- Os trabalhadores japoneses não estavam dispostos a serem força de trabalho temporária, como acontecia nos Estados Unidos. Além disso, os sindicatos japoneses eram fortes e organizados, garantindo condições de trabalho favoráveis aos trabalhadores.

Assim, a Toyota precisaria produzir em pouca quantidade e de maneira diversificada, com maior rendimento dos trabalhadores e sem desperdícios (SOARES, 2007).

Ohno iniciou suas mudanças no sistema de produção através do desenvolvimento da troca rápida de ferramenta, eliminando o tempo ocioso dos trabalhadores e garantindo maior flexibilidade à produção. A redução dos lotes de produção fez com que os custos financeiros diminuíssem dos imensos estoques de peças acabadas e propiciou que apenas poucas peças fossem fabricadas antes da montagem de um carro, o que melhorou a percepção dos defeitos. Isto acarretou na eliminação de desperdícios com peças defeituosas. Porém, Ohno entendia que para que todo este sistema funcionasse bem precisaria de mão-de-obra qualificada e extremamente motivada, em que os trabalhadores fossem ativos nos interesses da empresa, introduzindo melhoramentos, ao invés de somente reagirem aos problemas (WOMACK et al, 2004).

A Toyota passou a ser reconhecida mundialmente a partir de 1973, quando ocorreu a crise do petróleo e todas as economias, governos e sociedades haviam sido afetadas. Porém, a Toyota permaneceu obtendo lucros, mesmo que menores, em três anos consecutivos. Isto chamou a atenção das pessoas e as fizeram se questionarem sobre o que estaria acontecendo na Toyota. A partir deste momento tornou-se claro que o sistema de produção em massa não seria mais o ideal para as empresas alcançarem o sucesso. (Ohno, 1997).

Atualmente o STP é amplamente difundido pelo mundo e muitas organizações almejam implementar conceitos e ferramentas de produção enxuta na busca por maior flexibilidade, qualidade, eficiência e redução de custos.

2.2 OS SETE TIPOS DE DESPERDÍCIOS

As visitas de Ohno à Ford possibilitaram-no a perceber que o sistema vigente era cheio de *muda*, termo em japonês para “desperdício”, contemplando desperdícios de esforços, materiais e tempos (WOMACK et al, 2004). Para Ohno (1997), produzir de maneira enxuta é o resultado da eliminação dos sete tipos de desperdícios, também conhecidos como perdas, dentro das organizações. De acordo com Shingo (1996), perda é toda e qualquer atividade que não contribui para as operações, ou seja, não agregam valor.

A Figura abaixo apresenta os sete tipos de perdas definidas por Ohno (1997), relacionando-as com pessoas, quantidade e qualidade.

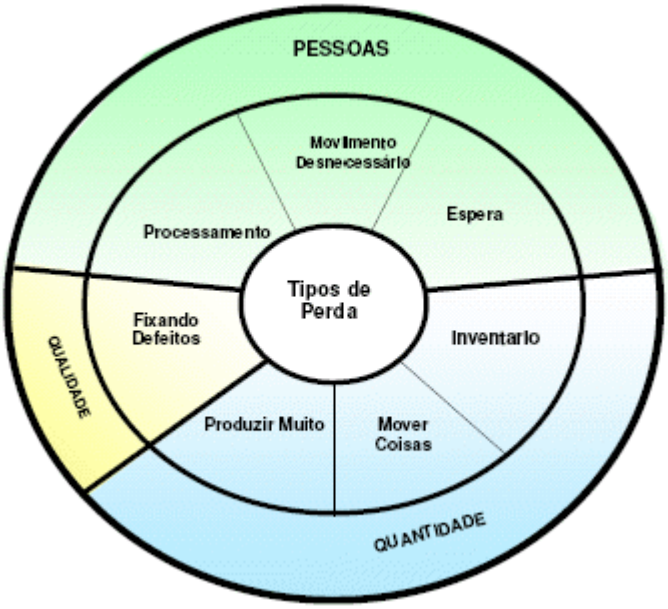

Figura 2 - Sete tipos de perdas
Fonte: Ohno, 1997

2.2.1 DESPERDÍCIO DE SUPERPRODUÇÃO

Existem dois tipos de superprodução: a quantitativa, que é produzir mais produto do que o necessário e a antecipada, que consiste em fazer o produto antes do tempo necessário (SHINGO, 1996).

A Filosofia *just in time* considera um desperdício a produção antecipada, isto é, produzir antecipadamente à demanda, para o caso dos produtos serem requeridos nos próximos períodos. Geralmente, a origem da superprodução está nos problemas e restrições dos processos produtivos, como: altos tempos de *setup*, induzindo à produção de grandes lotes; problemas com a incerteza da qualidade e confiabilidade dos equipamentos, levando a produzir mais do que o necessário; falta de aderência da produção à demanda; *layout* de fábrica que implica em grandes distâncias para percorrer com material, levando à formação de lotes para movimentação; dentre outros (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

De acordo com o *just in time*, algumas maneiras para evitar a superprodução são: produzir somente o que é necessário no momento em que é necessário, redução dos tempos de *setup*, maior coordenação entre produção e demanda, redefinição de um *layout* de fábrica mais compacto (CORRÊA; GIANESI, 2009).

2.2.2 DESPERDÍCIO DE TEMPO DE ESPERA

O desperdício por tempo de espera refere-se ao material que espera para ser processado, formando filas para garantir maior taxa de utilização dos equipamentos. O *just in time* dá ênfase ao fluxo de material, não às taxas de utilização dos equipamentos, os quais devem trabalhar somente quando for necessário (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

A equalização e sincronização entre processos pode reduzir ou eliminar as esperas de processos, e operações com fluxo de peças unitárias podem acabar com a espera de lotes para serem processados. Porém, essas ações têm como consequência a frequência de transporte, assim, é necessário que a melhoria no *layout* seja um pré-requisito para seu uso (SHINGO, 1996).

2.2.3 DESPERDÍCIO DE TRANSPORTE

As atividades de transporte e movimentação de materiais ao longo do processamento não agregam valor ao produto fabricado, porém, é necessária devido às restrições do processo e das instalações, que impõem grandes distâncias a serem percorridas pelo material durante a produção. Estas atividades são vistas como desperdícios de tempo e recursos, portanto, devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo (CORRÊA; GIANESI, 2009).

A redução das distâncias, conseguida através de uma melhoria no *layout* da fábrica, pode eliminar ou reduzir a necessidade de movimentação. Para a movimentação de materiais em que não é possível eliminá-la, deve-se pensar em, ao menos, racionalizá-la (CORRÊA; GIANESI, 2009).

2.2.4 DESPERDÍCIO DE MOVIMENTAÇÕES

Os desperdícios causados por movimentações podem ser encontrados nas mais diversas operações que se executam na fábrica. A filosofia *Just in time* adota as metodologias de estudo de métodos e estudo do trabalho com o objetivo de obter economia e consistência nos movimentos. Esta economia dos movimentos propicia o aumento da produtividade e redução dos tempos associados ao processo produtivo. Já a consistência nos movimentos contribui para o aumento da qualidade (CORRÊA; GIANESI, 2009).

O *Just in time* prioriza as técnicas de estudo de tempos e métodos ao invés da automação, pois tem enfoque em soluções simples e de baixo custo. Porém, se ainda assim, a fábrica optar pela automação, deve-se aprimorar os movimentos para, somente depois, automatizar; caso contrário, corre-se o risco de automatizar o desperdício (CORRÊA; GIANESI, 2009).

2.2.5 DESPERDÍCIO DE PRODUTOS DEFEITUOSOS

O desperdício por produtos defeituosos pode ser considerado como um dos maiores desperdícios do processo, e é causado por problemas de qualidade. A produção de produtos defeituosos implica em: desperdício de materiais, disponibilidade de mão-de-obra, disponibilidade de equipamentos, movimentação de materiais defeituosos, armazenagem de materiais defeituosos, inspeção de produtos, entre outros (CORRÊA; GIANESI, 2009).

O processo produtivo deve ser desenvolvido de modo que previna a ocorrência de defeitos, para que se possam eliminar as inspeções. A filosofia *Just in time* diz que os defeitos não devem ser aceitos e não devem ser gerados. Assim, é comum que as fábricas que adotaram esta filosofia utilizem “dispositivos à prova de falhas”, os quais procuram evitar erros comuns causados pelo homem (CORRÊA; GIANESI, 2009).

2.2.6 DESPERDÍCIO DE PROCESSAMENTO

É possível que haja desperdícios que podem ser eliminados no próprio processo produtivo. É importante questiona-se, por exemplo, “por que determinado item ou componente deve ser feito?”, “qual sua função no produto?”, “por que esta etapa do processo é necessária?” para evitar-se produzir algo que não seja necessário (CORRÊA; GIANESI, 2009).

Neste caso, melhorias voltadas à Engenharia de Valor e à Análise de Valor devem ser estudas, pois elas consistem na simplificação ou redução do número de componentes ou atividades necessárias para fabricar determinado produto. Os candidatos a passarem por esta avaliação são aqueles que acrescentam custo e não valor ao produto (CORRÊA; GIANESI, 2009).

2.2.7 DESPERDÍCIO DE ESTOQUE

Os estoques além de ocultarem outros tipos de desperdícios, significam, também, desperdícios de investimento e espaço. A redução de estoque deve ser realizada através da eliminação das causas geradoras de se manter estoques. A eliminação de todos os outros desperdícios tem como conseqüência a redução dos desperdícios por estoque (CORRÊA; GIANESI, 2009).

Algumas formas de eliminar este tipo de desperdício são: redução dos tempos de *setup* e *lead times* de produção, sincronizando-se os fluxos de trabalho, redução das incertezas sobre a demanda, utilização de máquinas com maior confiabilidade e garantindo a qualidade dos processos (CORRÊA; GIANESI, 2009).

2.3 OS CINCO PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA

Conforme Womack e Jones (2004), o pensamento enxuto (*Lean Thinking*) é essencial para a eliminação do desperdício, pois é uma maneira de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que geram valor, realizar as atividades sem interrupções e de modo mais eficaz.

Womack e Jones (2004) definiram cinco princípios fundamentais na eliminação dos desperdícios, estes resumem o pensamento enxuto e norteiam as empresas que almejam que a produção enxuta funcione por completo. Esses princípios são: Especificação do Valor, Identificação da Cadeia de Valor, Fluxo de Valor, Produção Puxada e Busca da Perfeição.

2.3.1 ESPECIFICAÇÃO DO VALOR

O valor é o ponto de partida para o pensamento enxuto. Ele deve ser definido pelo cliente em termos de produto específico que atenda às necessidades do cliente a um preço e momento específico. É importante que as empresas definam onde o valor é criado, pois a maioria dos clientes gosta de produtos projetados de acordo com as necessidades locais, no geral, as empresas devem desenvolver produtos que os consumidores estejam dispostos a comprar. Assim, especificar valor é o primeiro passo para o pensamento enxuto, pois busca definir precisamente valor em termos de produtos específicos com capacidades específicas a

preços específicos através da relação mais próxima com clientes específicos (WOMACK; JONES, 2004).

2.3.2 IDENTIFICAÇÃO DA CADEIA DE VALOR

Cadeia de valor é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para levar um produto específico a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio: a tarefa de solução de problemas, que contempla desde a concepção até o lançamento do produto; a tarefa de gerenciamento da informação, que abrange as atividades desde o recebimento do pedido do produto até a entrega do mesmo; e por fim, a tarefa da transformação física, que vai da matéria-prima ao produto acabado (WOMACK; JONES, 2004).

A identificação da cadeia de valor consiste em mapear todas as atividades da empresa separando-as em três categorias distintas: as que efetivamente geram valor, as que não geram valor, mas são essenciais a manutenção da produção e da qualidade, e as não geram valor e devem ser eliminados imediatamente (WOMACK; JONES, 2004).

2.3.3 FLUXO DE VALOR

Segundo Werkema (2006), fluxo de valor consiste em todas as atividades realizadas em uma organização para projetar, produzir e entregar seus produtos e/ou serviços aos clientes.

Após ter definido o que é valor para o cliente e ter identificado as atividades que agregam e as que não agregam valor, eliminando estas últimas; o próximo passo é fazer com que as etapas que agregam valor fluam, de modo a possibilitar que o produto chegue ao cliente sem interrupções, refugos ou refluxos. No entanto, esta etapa requer uma completa mudança de mentalidade, pois a ideia de produzir grandes lotes de produtos através de uma estrutura de produção dividida por funções e departamentos deve ceder lugar a um fluxo contínuo de produção. Desta forma, as coisas funcionam melhor quando o foco está no produto e suas necessidades, e não na organização ou equipamento, de modo que todas as atividades necessárias para fornecer um produto ao cliente ocorram em um fluxo contínuo (WOMACK; JONES, 2004).

2.3.4 PRODUÇÃO PUXADA

Através do fluxo contínuo, os produtos têm seus tempos de projeto, fabricação e entrega reduzidos consideravelmente. Isto possibilita projetar, programar e fabricar o que o cliente quer no momento que ele quer, ou seja, o cliente passa a puxar o produto da empresa. (WOMACK; JONES, 2004)

A produção puxada tem como principal característica a não acumulação de estoques, de modo que um processo precedente não deve produzir um bem ou serviço sem que o cliente de um processo subsequente o solicite. O conceito de produção puxada se diferencia do conceito de produção empurrada utilizado na produção em massa no seguinte aspecto: na produção empurrada grandes lotes de produtos eram produzidos em ritmo máximo, pois trabalhadores e máquinas não deveriam ficar ociosos, assim, o ritmo e as necessidades da próxima etapa não eram considerados, o que acarretava em altos inventários de matéria-prima, de material, em processo e de produtos acabados, como mostra a Figura 3, e em um produto de alto valor para o consumidor (WOMACK; JONES, 2004).

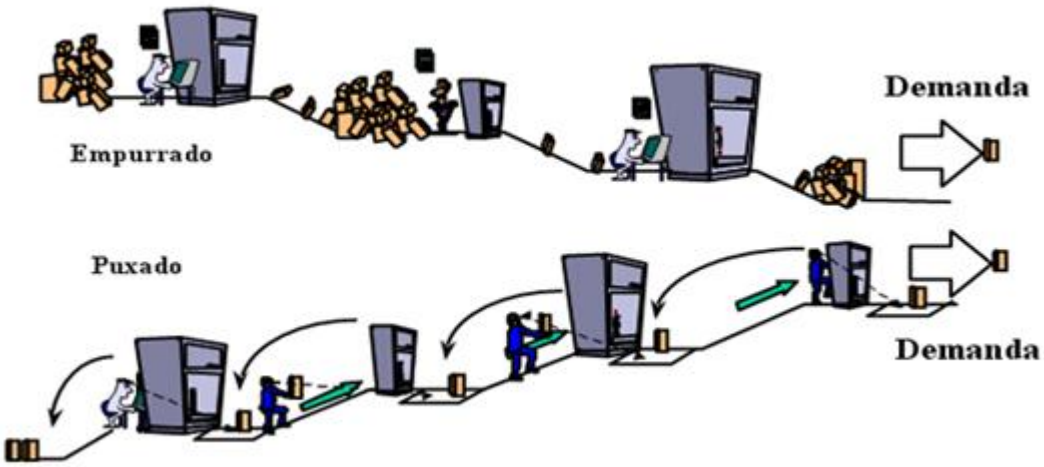

Figura 3 - Sistema empurrado e sistema puxado
Fonte: Corrêa e Corrêa, 2004

2.3.5 BUSCA PELA PERFEIÇÃO

À medida que o valor tenha sido especificado com precisão, que a cadeia de valor tenha sido identificada em sua totalidade e que o fluxo esteja contínuo sendo puxado pelos clientes, novos desperdícios e obstáculos que estavam ocultos no fluxo de valor irão aparecer.

Dessa forma, a eliminação de desperdícios deve se tornar rotina nas organizações, tendo como objetivo constante a perfeição. A busca pelo aperfeiçoamento contínuo deve nortear todos os esforços da empresa pela melhoria de seus processos (WOMACK; JONES, 2004).

2.4 FERRAMENTAS LEAN

2.4.1 KAIZEN

A metodologia *Kaizen* tem como objetivo o alcance de melhorias rápidas através do emprego do senso comum e da criatividade para melhorar um processo individual ou um fluxo de valor completo. Geralmente, o *Kaizen* é utilizado para solucionar problemas de escopo restrito e é conduzido por uma equipe formada por pessoas de diversas áreas da empresa (WERKEMA, 2006).

De acordo com Werkema (2006) apud George et al (2005), o *Kaizen* deve ser conduzido da seguinte forma:

- A equipe deve trabalhar em tempo integral durante o evento *Kaizen*, cuja duração é de aproximadamente de 3 a 5 dias. Para que isto seja possível, o líder do *Kaizen* e sua equipe devem providenciar que o trabalho de rotina seja realizado de outra forma durante esse período.
- O escopo do projeto já deve estar definido e de maneira precisa.
- Os dados básicos do projeto devem ser coletados anteriormente.
- Deve-se esforçar para que a maior parte das ações definidas sejam implementadas durante o período do evento *Kaizen* e aquilo que não foi possível executar durante o evento deve ser implementado em um prazo máximo de 20 dias.
- Durante o evento *Kaizen*, os gestores devem disponibilizar o acesso às áreas de suporte da empresa, como manutenção, marketing, recursos humanos, dentre outras, para caso seja preciso.

Ainda segundo Werkema (2006), o *Kaizen* pode ser usado nas seguintes situações: quando fontes de desperdício foram claramente identificadas, quando o escopo do projeto está bem definido e compreendido pela equipe, quando o risco de implementação é mínimo, quando os resultados são necessários urgentemente, quando é desejável aumentar a velocidade e adquirir credibilidade nas fases iniciais de um projeto de melhoria.

2.4.2 JUST IN TIME

Just in time é considerado uma filosofia que abrange aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projeto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos. Este sistema tem como objetivo a melhoria contínua dos processos produtivos e busca alcança-lo através da redução de estoques, os quais tendem a camuflar problemas (CORRÊA; GIANESI, 2009).

Segundo Corrêa e Gianesi (2009) o estoque tem sido utilizado para evitar que três grupos de problemas, descritos a seguir, atrapalhem o fluxo do processo produtivo:

- Problemas de qualidade: Quando ocorre problemas de qualidades em alguns estágios da produção, gerando refugos, o estoque é colocado entre estes estágio e os posteriores a fim de evitar interrupções no processo produtivo. Assim, o estoque gera independência entre os estágios do processo produtivo.
- Problemas de quebra de máquina: Quando uma máquina pára devido a problemas de manutenção, os processos seguintes que são alimentados por esta máquina também parariam, caso não houvesse estoque suficiente para que a produção continuasse até que a máquina fosse consertada. Nesta situação o estoque também gera independência entre os estágios.
- Problemas de preparação de máquina: Quando a máquina processa várias operações em um mesmo item, é necessário preparar a máquina a cada mudança de processamento. Esta preparação incorre em vários custos como no tempo inoperante da máquina, mão-de-obra requerida na preparação da máquina, perda de material no início da operação, dentre outros. Assim, para ratear estes custos, geralmente, as empresas produzem grandes lotes de produtos. Porém, grandes lotes geram estoques, pois a produção é antecipada à demanda.

Desta forma, a eliminação destes problemas constitui um benefício e um pressuposto para a utilização do *Just in time.* A eliminação das causas geradoras de se manterem estoques contribui para que o objetivo principal do *Just in time* seja alcançado: redução dos estoques. Para esta filosofia, os estoques são considerados nocivos por ocuparem espaço, representarem altos investimentos em capital, mas, principalmente, por esconderem os problemas da produção que geram baixa qualidade e produtividade (CORRÊA; GIANESI, 2009).

O *Just in time* permite que em um processo de fluxo, as peças corretas necessárias à montagem do produto cheguem na linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária, não sendo utilizado o estoque (OHNO, 1997). Para isto acontecer é necessário que os métodos convencionais de gestão mudem, passando a ter foco em: manutenção preventiva dos equipamentos; ampliação do papel dos operários, em que estes tornam-se responsáveis por identificar e solucionar os problemas ocorridos na produção; fazer as coisas certas da primeira vez, o que implica na responsabilidade dos operários pela qualidade dos produtos; organização e limpeza dos itens, essencial para o sucesso dos aspectos como a confiabilidade dos equipamentos e visibilidade dos problemas; dentre outros (CORRÊA; GIANESI, 2009).

2.4.3 KANBAN

De acordo com o *Léxixo Lean* (2003) apud Werkema (2006), *Kanban* é um dispositivo sinalizador que autoriza e dá instruções para a produção ou para a retirada de itens em um sistema de produção puxada. O *Kanban* surgiu da necessidade de tornar simples e rápidas as atividades de programação, controle e acompanhamento de sistemas de produção em lotes (TUBINO, 1997).

Geralmente, os cartões *Kanban* são feitos a partir do papelão, às vezes protegido por envelopes plásticos, e contém as seguintes informações: nome e número da peça, fornecedor externo ou processo fornecedor interno, local de armazenamento e local do processo de consumo *Léxixo Lean* (2003) apud Werkema (2006). Dá-de o nome de sistema *Kanban* o método baseado na utilização deste cartões na finalidade de controlar o fluxo de materiais em um processo produtivo (WERKEMA,2006).

O sistema *Kanban* foi projetado para ser utilizado dentro da filosofia *Just in time,* já que este sistema busca movimentar e fornecer os itens dentro da produção somente quando o cliente (interno ou externo) de determinado processo o solicitar. O sistema *kanban* funciona a partir do uso de sinalizações para disparar a produção e movimentação dos itens, geralmente esta sinalização é realizada através dos cartões *kanban* e os painéis porta-*kanbans*, porém, outros meios podem ser utilizados para na sinalização. Os painéis porta-*kanbans* são quadros de sinalização espalhados ao longo da linha de produção com o objetivo de sinalizar a movimentação e o consumo dos itens conforme a anexação dos cartões *kanban* nestes quadros. (TUBINO,1997).

Segundo Tubino (1997), existem dois grupos de cartões *kanban*: os cartões *kanban* de produção e os cartões *kanban* de requisição ou movimentação. Os cartões *kaban* de produção são responsáveis pela autorização da montagem ou fabricação de determinado item, já os cartões de requisição ou movimentação autorizam a movimentação dos lotes entre cliente e fornecedor do item, estes são, ainda, subdivididos em dois tipos de cartões: *kanban* de requisição interna e *kanban* de fornecedor. A seguir serão detalhados os tipos de cartões *kanban*:

- Cartão *kanban* de produção: O cartão *kanban* de produção atua no centro de trabalho que executa determinada atividade produtiva, sendo responsável por autorizar a fabricação ou montagem dos lotes de itens (TUBINO, 1997). Assim, o cartão *kanban* informa ao processo fornecedor o tipo e a quantidade de itens a ser fabricado para repor o que foi consumido pelo processo cliente (WERKEMA,2006).
- Cartão *kanban* de requisição interna: Este tipo de cartão também é conhecido como cartão de transporte, retirada ou movimentação. Sua finalidade é realizar a requisição de materiais, autorizando o fluxo de itens entre o centro consumidor e o centro produtor, principalmente, quando estes estão distantes um do outro (TUBINO, 1997). Resumidamente, este catão informa o tipo e a quantidade de produto a ser movimentado e transferido para o processo posterior (WERKEMA, 2006).
- Cartão *kanban* de fornecedor: Este cartão autoriza o fornecedor externo da empresa realizar uma entrega de lote de itens na empresa, ou seja, exerce a função de uma ordem de compra convencional. Esta ordem de compra só acontece desde que o usuário interno destes itens já tenha consumido o lote de itens correspondente ao cartão (TUBINO, 1997).

O funcionamento do sistema *kanban* ocorre de acordo com a Figura 4 e com a descrição das seguintes etapas (WERKEMA, 2006):

1 – Um operador do processo posterior leva os *kanbas* de retirada ao supermercado do processo anterior. No supermercado, cada palete de material possui cartão *kanban* de produção anexado a ele.

2 – No momento em que o operador retira o material do supermercado, o *kanban* de produção é destacado do palete e anexado no posto de *kanban* de produção.

3 – O *kanban* de produção é anexado ao palete em substituição ao *kanban* de produção.

4 – Quando o palete é utilizado no processo posterior, o *kanban* de retirada é desanexado e colocado no posto de *kanban* de retirada.

5 – No processo anterior, os materiais são fabricados na mesma ordem de chegada dos *kanbans* de produção no respectivo posto.

6 – Os materiais produzidos juntamente com seus respectivos *kanbas* são movimentados durante todo o processamento.

7 – Na última etapa, os materiais acabados e seus respectivos *kanbans* de produção são colocados no supermercado, reiniciando o ciclo.

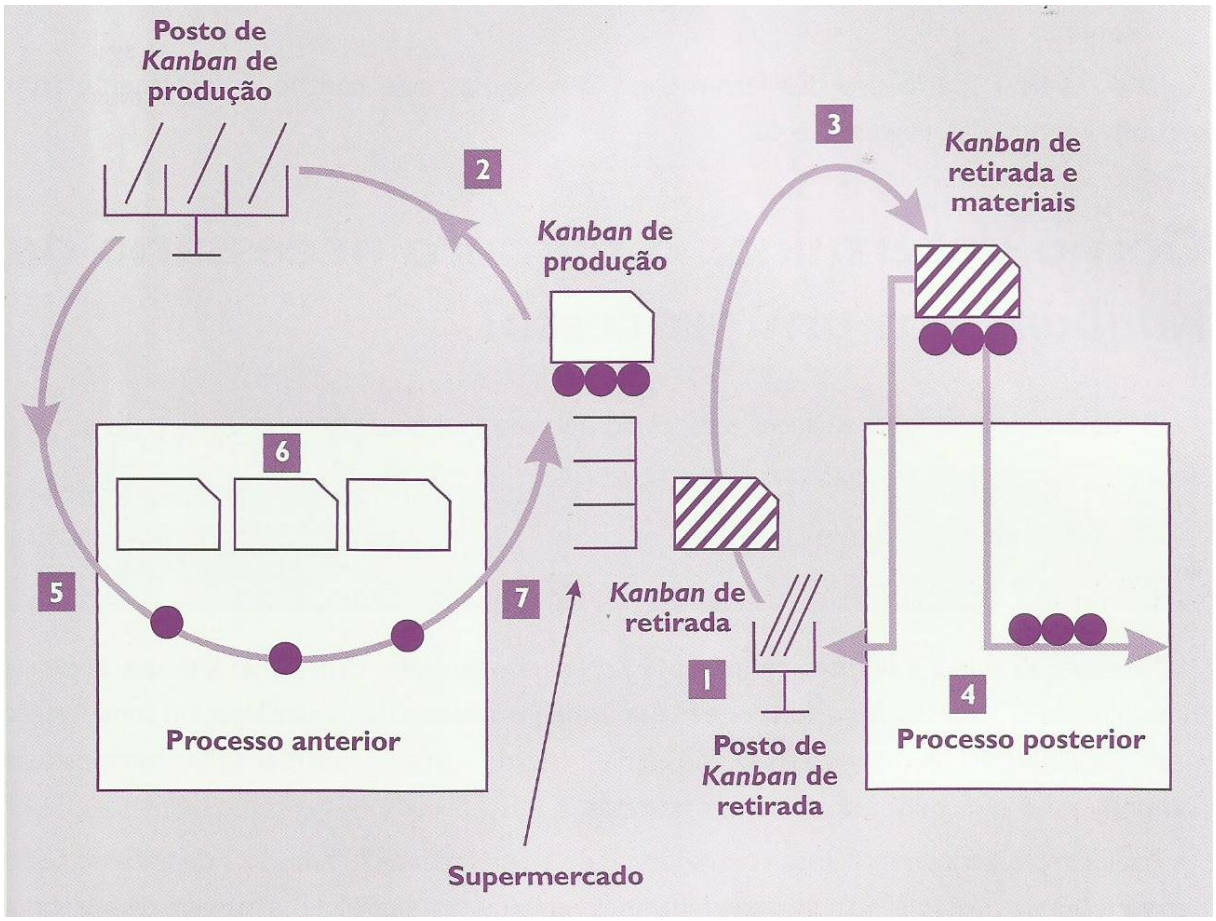

Figura 4 - Etapas do sistema *Kanban*
Fonte: Werkema, 2006

2.4.4 REDUÇÃO DE SETUP

A Redução de *Setup* é um método criado por Shigeo Shingo nas décadas de 1950 e 1960 com o objetivo de reduzir o tempo necessário para a troca da fabricação de um tipo de produto para o outro. O recurso fundamental para a execução deste método consiste na conversão dos procedimentos internos em externos, isto pode implicar em uma redução do tempo de *setup* em até 50% (WERKEMA, 2006).

De acordo com Shingo (1996), existem dois tipos de *setup:*

- Setup interno: operações de *setup* que só podem ser realizadas quando a máquina estiver parada. Por exemplo, a remoção e a fixação de matrizes.
- Setup externo: operações de setup que devem ser concluídas durante o funcionamento das máquinas. Por exemplo, o transporte de matrizes entre estações de trabalho.

A maneira mais eficaz de reduzir o tempo de *setup* é através da troca rápida de ferramentas (TRF), que consiste em converter o *setup* interno em externo. A TRF surgiu da hipótese formulada por Shingo de que qualquer *setup* poderia ser executado em menos de dez minutos (SHINGO, 1996).

Ainda segundo o autor, o tempo de setup compreende quatro funções como mostra a quadro abaixo.

Etapa do processo de *setup*	Comentários	Proporção do tempo utilizado, antes da adoção das atividades para Redução de Setup
Preparação, ajustes após a interrupção da operação e verificação de materiais e ferramentas.	Essa etapa tem o objetivo de garantir que todas as peças e ferramentas estejam no local apropriado e funcionando adequadamente. Nessa fase está incluído o período após a interrupção da operação, quando esses itens são removidos e devolvidos ao local de armazenagem, e é feita a limpeza dos equipamentos. Geralmente essa etapa é realizada após a interrupção da operação (procedimento interno), o que representa uma oportunidade de melhoria, já que ela pode ser facilmente transformada em um procedimento externo.	30%
Montagem e remoção de peças e ferramentas.	Essa etapa inclui a remoção de peças e ferramentas após a fabricação do último item do ciclo de produção que acabou de ser finalizado e a instalação de peças e ferramentas necessárias para a fabricação do novo tipo de produto. Geralmente, a operação deve estar paralisada para a execução dessa etapa, de modo que ela é um procedimento interno. No entanto, o tempo necessário para sua realização é muito pequeno, em comparação ao tempo gasto com as outras etapas.	5%
Medições e calibrações.	Essa etapa inclui atividades tais como centralização, dimensionamento, medição de temperatura e pressão, que são requisitos para a operação produtiva. Apesar de freqüentemente ser necessário efetuar essas atividades com a operação interrompida, é possível agilizar sua realização.	15%
Testes de funcionamento (*trial runs*) e ajustes.	Essa etapa inclui a realização de ajustes após a fabricação, em caráter de teste, de um item do produto. Geralmente, o tempo necessário para os *trial runs* depende de habilidades pessoais, intuição e conjecturas dos operadores, o que constitui uma oportunidade de melhoria. Como o equipamento não fabrica peças perfeitas enquanto essa atividade é realizada, ela deve ser classificada como um procedimento interno. A Redução de *Setup* busca a eliminação completa dessa etapa, de modo que sejam fabricados produtos perfeitos desde o início da operação do equipamento.	50%

Quadro 1- Funções do tempo de *setup*
Fonte: Werkema, 2006

A seguir as oito principais técnicas TRF são apresentadas de acordo com Shingo (1996):

1 – Separação das Operações de Setup Internas e Externas: Identificar claramente quais são os *setups* internos e os *setups* externos. Somente com esta separação os *setups* internos, ou seja, as paradas de máquinas desnecessárias, podem diminuir de 30 a 50%.

2 – Converter Setup Interno em Externo: Consiste em examinar todas as operações e verificar se há alguma operação que foi equivocadamente tomada como interna, porém, poderia ser externa. Por exemplo, as matrizes podem ser pré-aquecidas para a fundição em molde permanente, o que elimina o aquecimento da matriz. Esta técnica permite atingir *setup* inferiores a dez minutos.

3 – Padronizar a Função, não a Forma: A redução da forma e da matriz pode reduzir consideravelmente o tempo de *setup.* A padronização da forma pode acarretar em custos, pois todas as matrizes teriam que adequar-se ao maior tamanho utilizado. Já a padronização da função requer somente uniformidade nas peças necessárias à operação de *setup.*

4 – Utilizar Grampos Funcionais ou Eliminar os Grampos: O tempo de *setup* pode reduzir consideravelmente ao substituir o modo de fixação de rosca com parafusos por métodos de um único toque, como cunhas, ressaltos e prendedores ou molas, dentre outros mecanismos de ligação que encaixem e unam duas partes.

5 – Usar Dispositivos Intermediários: O uso de dispositivos padronizados pode reduzir o tempo de *setup,* pois enquanto a peça presa a um dispositivo está sendo processada, a próxima é presa a um segundo. Assim, quando a primeira peça estiver pronta, a peça presa ao segundo dispositivo é facilmente instalada na máquina para ser processada.

6 – Adotar Operações Paralelas: Algumas máquinas, como injetoras de plástico ou de metais e prensas grandes necessitam de trabalho de *setup* nas duas laterais ou nas partes frontal e posterior da máquina. Se esta operação for realizada por dois operários, o tempo de *setup* pode ser reduzido em mais de 50%. Não há a necessidade de aumentar o número de horas-homem, porém, alguns gerentes acreditam não poderem privar-se de um trabalhador para ajudar o outro no momento do *setup.*

7 – Eliminar Ajustes: O ajuste ocorre quando o interruptor de fim de curso é testado e repetidamente ajustado em uma nova posição. Estes ajustes podem ser eliminados através da adoção de um padrão para determinar com precisão a posição correta do interruptor de fim de curso.

8 – Mecanização: A mecanização é bastante utilizada para deslocar matrizes, matrizes de injeção e matrizes de injeção de plástico grandes. O investimento na mecanização deve ser analisado e ser considerado somente após ter sido utilizada as sete técnicas descritas

anteriormente. Os sete primeiros métodos podem reduzir um *setup* de duas horas para um *setup* de 3 minutos, a mecanização reduziria esse tempo em apenas mais um minuto.

2.4.5 POKA-YOKE

O *Poka-yoke*, termo japonês que significa "à prova de erros", consiste em um conjunto de procedimentos e/ou dispositivos que detecta e corrige erros durante um processamento antes que estes erros se transformem em defeitos e sejam percebidos pelos clientes, tanto internos quanto externos (WERKEMA, 2006).

Este método foi criado na década de 60 por Shigeo Shingo e segundo o autor os defeitos surgem porque erros são cometidos, os dois possuem uma relação de causa e efeito; porém, erros não se tornarão defeitos se houver *feedback* e ação no momento que estes ocorrem (WERKEMA, 2006).

De acordo com Shingo (1996) a inspeção 100% pode ser atingida através do controle físico e mecânico desempenhado pelo *Poka-yoke*. Este método possui funções de regulagem e de detecção.

Os tipos de *Poka-yoke* que possuem função de regulagem são:

- Método de Controle: Quando o *Poka-yoke* é ativado, a máquina ou a linha de produção pára com o objetivo de que o problema possa ser corrigido. Este é um dos dispositivos corretivos mais poderosos, pois o processo é paralisado até que a fonte causadora do defeito seja corrigida.
- Método de Advertência: Quando o *Poka-yoke* é ativado um sinal luminoso ou sonoro é emitido, visando alertar o operário. Este método permite que o processo que está gerando o defeito continue em andamento caso o trabalhador não perceba o alerta.

Os tipos de *Poka-yoke* que possuem a função de detecção são:

- Método de Contato: Identifica os defeitos devido à existência ou não de contato entre o dispositivo e alguma característica relacionada à forma ou dimensão do produto.
- Método de Conjunto: Verifica se um dado número de atividades planejadas são de fato executadas.
- Método das Etapas: Determina se um determinado procedimento está seguindo os estágios ou operações definidas.

3. IMPLANTAÇÃO DOS CONCEITOS DE PRODUÇÃO ENXUTA NA MRS LOGÍSTICA

3.1 A EMPRESA

O estudo de caso foi realizado na empresa MRS Logística, uma concessionária que controla, opera e monitora a Malha Sudeste da Rede Ferroviária Federal. A empresa atua no mercado de transporte ferroviário desde 1996, quando foi constituída, interligando os estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo. São 1.643 Km de malha - trilhos que facilitam o processo de transporte e distribuição de cargas na região Sudeste. Pela malha da MRS também é possível alcançar os portos de Itaguaí e de Santos (o mais importante da América Latina). A figura a seguir apresenta o mapa da cobertura da malha ferroviária da MRS Logística.

Figura 5 - Malha da MRS Logística S.A.
Fonte: MRS Logística S.A, 2014

O foco das atividades da MRS está no transporte ferroviário de cargas em geral, como minérios, produtos siderúrgicos acabados, cimento, bauxita, produtos agrícolas, coque verde e *conteineres*; e na logística integrada, que implica planejamento, multimodalidade e transit time definido. Ou seja, uma operação de logística completa.

A empresa direciona suas ações para o alcance do topo da eficiência operacional, através da busca por diferenciais competitivos, reestruturação de processos existentes para conquista de novos clientes, investimento em pessoal e ampliação da participação no mercado de carga geral a fim de ser a melhor operadora logística ferroviária do país.

A Figura 6 apresenta o organograma da empresa.

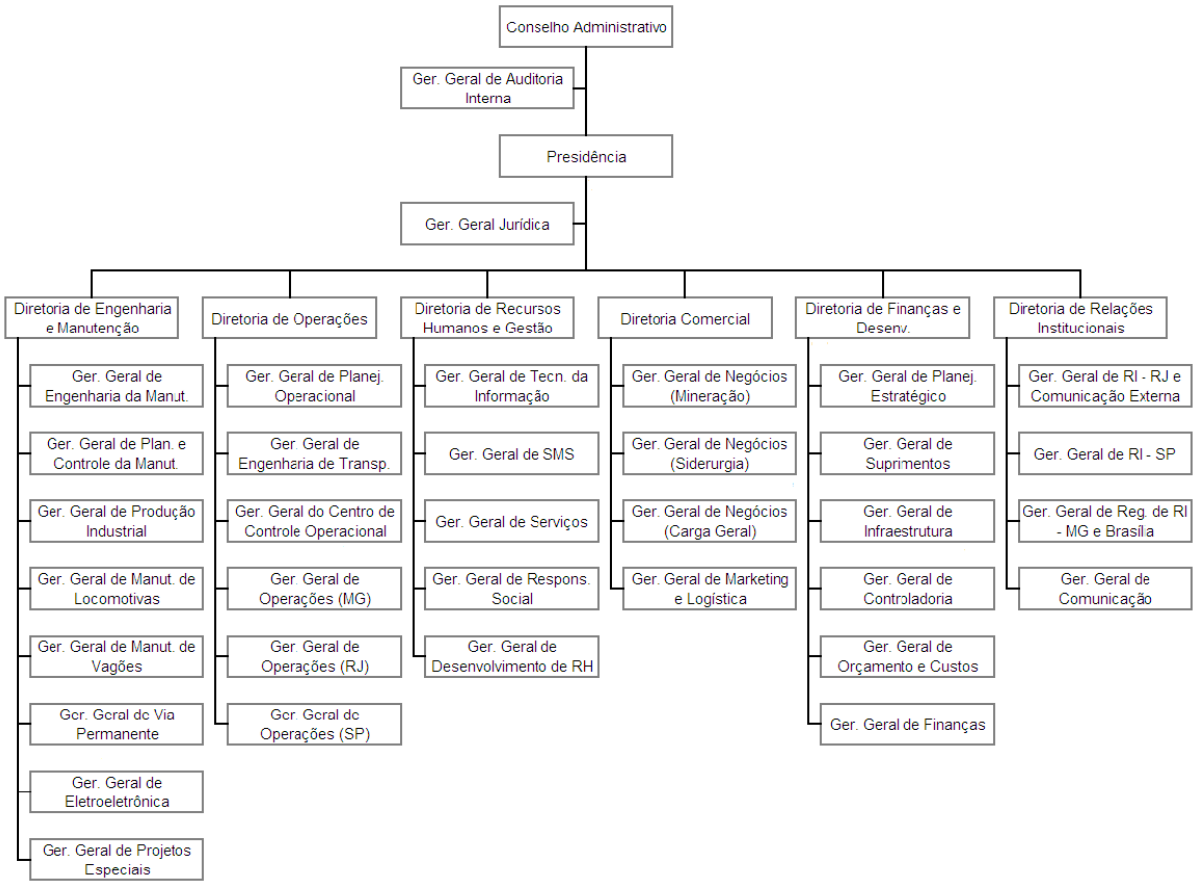

Figura 6 - Organograma da MRS Logística S.A
Fonte: MRS Logística S.A, 2014

3.2 A IMPLANTAÇÃO

A implantação de alguns dos conceitos de *Lean Manufacturing* na MRS Logística foi de responsabilidade da Gerência de Melhorias e Normatização Operacional (GMNO) pertencente ao setor de Engenharia de Transporte da mesma.

A GMNO é responsável pela realização de melhorias do curto prazo, tanto nas frentes Heavy Haul (minério e carvão), quanto Carga Geral (demais produtos transportado pela empresa); delineamento da regulamentação operacional ferroviária; sistema de gestão de equipes, dentre outras.

A empresa não possui um Sistema *Lean* formalizado, porém, a GMNO realiza projetos com foco na melhoria de processos, denominados de Projeto de Produtividade das Operações Ferroviárias (PPOF). Estas ações são caracterizadas pela busca da melhoria e

padronização de procedimentos operacionais focadas na eliminação de desperdícios, sendo melhorias pontuais, de rápida implementação e que não demandem investimentos. Desta forma, estes projetos remontam aos cinco princípios e aos sete tipos de desperdícios estudados em Produção Enxuta.

O primeiro projeto desta natureza realizado na empresa ocorreu em 2011 com o suporte de uma empresa de consultoria externa. O objetivo do projeto era aumentar a capacidade produtiva da ferrovia, atuando em melhorias operacionais.

O projeto objeto do estudo envolveu um grupo multidisciplinar com atuação exclusiva no projeto e teve duração de 26 semanas, sendo divido em três etapas: diagnóstico, elaboração de soluções e implementação.

A Figura 7 apresenta o esquema contendo o cronograma de trabalho e os objetivos de cada fase do projeto.

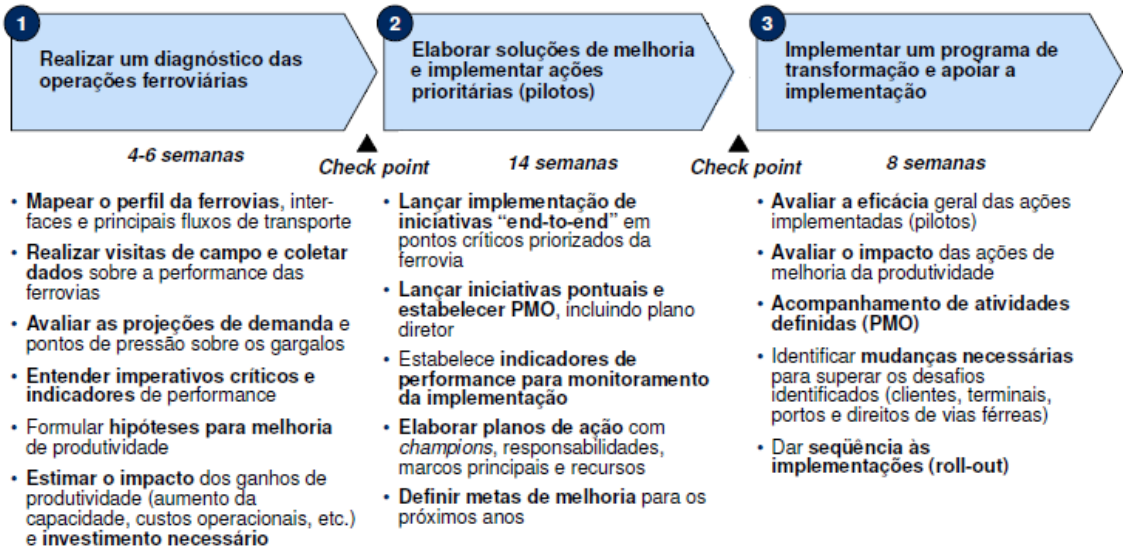

Figura 7 - Cronograma de trabalho e objetivos de cada fase do projeto
Fonte: MRS Logística S.A, 2011

Pela Figura 7 verifica-se que todo o desenvolvimento envolveu 3 etapas. A etapa 1 ou de diagnóstico consistiu na realização de visitas a sites críticos, viagens de trem, entrevistas com colaboradores diretamente ligados às operações e análise numérica. Ao reunir e analisar os dados coletados, identificou-se que o gargalo de capacidade da malha da MRS encontrava-se na "perna" do ciclo do minério carregado, o qual estava limitada a 31 trens/dia. O maior gargalo de capacidade encontrava-se nos desperdícios em pátios, sendo os mais críticos os pátios de Bom Jardim, P1-07 e Barra do Piraí.

Na etapa de elaboração de soluções oram definidos dois modelos distintos de iniciativas de melhoria: *"end to end"* e iniciativas assistidas. As inicitivas *"end to end"* consistem na implantação de programas de transformação com a participação integral do grupo transformador (time de projeto). Já as iniciativas assistidas consistem na

implementação de iniciativas lideradas por agentes de mudança (coordenador, especialista, etc) com o apoio do time de projeto.

Na etapa de implementação foram desenhadas 3 grandes ondas de transformação, sendo a primeira em Bom Jardim, seguida de P1-07 e Barra do Piraí. O grupo de transformação era formadao pelo time de projeto adicionado de lideranças locais. O programa de transformação consistia em 4 etapas: Diagnóstico, Desenho de Soluções, Implementação e Sustentação. A Figura 8 apresenta as 4 etapas que consistiram na implementação das melhorias.

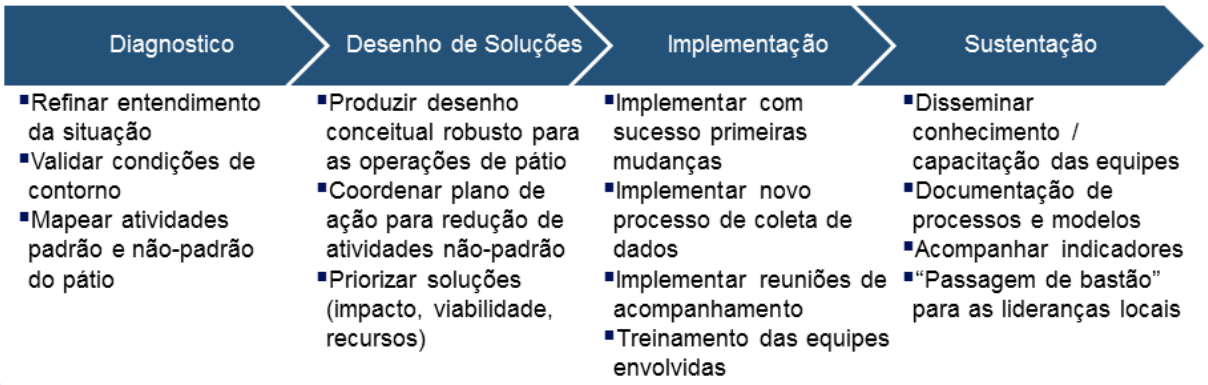

Figura 8 - Etapas da fase de implementação do projeto
Fonte: MRS Logística S.A, 2011

Para detalhar melhor, neste trabalho, as melhorias e resultados obtidos com o PPOF de 2011 descrito acima, escolheu-se abordar o pátio de Bom Jardim.

3.2.1 PÁTIO BOM JARDIM

As atividades planejadas para o pátio de Bom Jardim são: circulação no pátio, troca de equipagem, vistoriar composição e retirar a locomotiva auxílio que é acoplada no trem na região de carga. Neste pátio são agrupadas as locomotivas de auxílio até formarem um bloco de 12 locomotivas, denominado de W, para estas voltarem para a região de carga e auxiliarem outros trens.

Através do PPOF identificou-se que as atividades de aguardar cliente e aguardar trem à frente eram as principais fontes de desperdícios do pátio. Constatou-se também a falta de padrão e variabilidade nas atividades do pátio, o que gerava perdas.

As melhorias sugeridas para os respectivos pontos identificados como oportunidades são:

- Aguardar cliente: os trens de minério permaneciam em média 89 minutos no pátio, sendo que 30% deste tempo era referente a aguardar cliente. Foi sugerido eliminar este THP (Trem hora parado) já que o pátio de Bom Jardim está longe da descarga, não havendo necessidade de gerar fila em um ponto tão distante dos terminais de descarga. Esta ação eliminaria de 35 a 40 minutos no tempo de permanência do trem.
- Reposicionamento de vagões e locomotivas: em média 3 trens eram objeto de reposicionamento por dia no pátio, e esta atividade demorava em média 36 minutos. Este reposicionamento de máquinas acontecia pela aleatoriedade do local de carregamento dos trens, não havendo um padrão no posicionamento das máquinas no momento da formação do trem, acarretando em manobras excessivas no pátio de Bom Jardim. Ao eliminar estas manobras haveria um potencial de ganho de 3 a 4 minutos.
- Inspeção de locomotivas: a inspeção de locomotivas neste pátio demorava em média 22 minutos e era ineficiente devido ao fato de ser realizada por profissionais sem o treinamento adequado e não era realizada em todos os trens. Foi sugerido eliminar esta atividade em Bom Jardim, pois esta inspeção era realizada também no pátio P1-07. Isto implicaria no ganho de 1 minuto em todos os trens.
- Troca de equipagem: em média havia a troca de equipagem em 20 trens no pátio e esta atividade é programada para ser realizada em 4 minutos, porém, o tempo mínimo observado para esta atividade era de 10 minutos. Sugeriu-se realizar esta atividade em paralelo com as demais.
- Inspeção de cauda ou vagão: Esta atividade era realizada em 20 trens e demorava aproximadamente 4 minutos. Esta atividade ao ser realizada em paralelo com as demais atividades ganharia de 2 a 4 minutos no tempo do trem.

Estas melhorias, juntas, poderiam representar um ganho de até 49 minutos no ciclo do trem de minério. Neste período, o ciclo do trem de minério era desenhado para ser 2,7 dias, porém, devido aos desperdícios, o ciclo aumentou para 3 dias, o que tornava necessário acrescentar 8 trens na malha para realizar a mesma produção. Portanto, só com a

implementação das melhorias sugeridas em Bom Jardim já acarretaria no ganho de 0,96 trens, que corresponde ao investimento de 17, 2 milhões.

Após a implementação em Bom Jardim, a capacidade do pátio aumentou para 92 trens/dia, colaborando para o aumento de 6 trens/dia na circulação de toda a malha da MRS. Através da redução do tempo de processamento de trens (duração de atividades realizadas no pátio) Bom Jardim deixou de ser um gargalo da ferrovia.

4. ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO E OPORTUNIDADE DE MELHORIA IDENTIFICADA

A seguir as implementações realizadas na MRS serão relacionadas com os sete tipos de desperdícios e os cinco princípios da Produção Enxuta.

4.1 OS SETE TIPOS DE DESPERDÍCIOS X ESTUDO DE CASO DA MRS LOGÍSTICA

Para possibilitar uma análise entre os sete tipos de desperdícios e as atividades executadas no pátio de Bom Jardim, foi realizada uma analogia entre esses desperdícios e as perdas consideradas na MRS, uma vez que dentro da concepção do *Lean Manufacturing* estas considerações são direcionadas a manufatura. O Quadro 2 apresenta como os sete tipos de desperdícios foram relacionados com as perdas verificadas no estudo dentro do contexto de serviço.

Desperdícios	Analogia
Superprodução	Excesso de inspeções
Processamento	Excesso de inspeções
Tempo de Espera	Tempo de permanência alto
Transporte	Manobras e movimentações desnecessárias
Movimentação	Processo de troca de equipagem
Produtos Defeituosos	Retrabalho
Estoque	Fila

Quadro 2- Relação entre os sete tipos de desperdícios e o estudo de caso da MRS Logística
Fonte: Autor, 2014

A seguir serão apresentadas as perdas identificadas no pátio de Bom Jardim e como estas se assemelham aos sete tipos de desperdícios.

4.1.1 EXCESSO DE INSPEÇÕES

A perda causada pelo excesso de inspeções que acontecia nos ativos da empresa se dava por dois motivos: a inspeção já ter sido realizada em pátio anterior e a inspeção realizada em Bom Jardim ser ineficiente. Esta perda possui analogia tanto ao desperdício de superprodução quanto de processamento.

Na literatura a superprodução é abordada como a produção excessiva de um bem, que pode ser por produzir antes da hora que o cliente necessita ou por produzir em quantidade maior que o cliente necessita. Como a empresa em estudo é uma empresa de serviços, a superprodução neste caso foi considerada como sendo atividades que não precisariam ser realizadas em determinado momento ou local. No caso de Bom Jardim, a inspeção realizada no mesmo foi identificada como desnecessária pelo fato desta já ser realizada no pátio P1-07, aproximadamente 200 km antes de Bom Jardim.

É importante ressaltar que a inspeção realizada em Bom Jardim não era eficiente por ser realizada por profissionais não capacitados para tal serviço, portanto, era uma atividade desnecessária de ser realizada no pátio de Bom Jardim, já que no pátio P1-07 existe uma estrutura ideal para este tipo de atividade, com oficinas e profissionais especializados para executar tal atividade. Portanto, este tipo de perda pode ser relacionado também ao desperdício de processamento, pois as inspeções realizadas em Bom Jardim gastavam tempo e energia dos colaboradores, sendo que estes poderiam estar executando outras atividades que realmente agregariam valor ao serviço de transporte.

4.1.2 TEMPO DE PERMANÊNCIA ALTO

Este tipo de desperdício era o mais freqüente no pátio, já que os trens permaneciam no pátio por aproximadamente 89 minutos, sendo que o tempo programado era de 30 minutos. Isto ocorria pelo fato do trem realizar atividades que não estavam programadas para serem realizadas no pátio em questão, como aguardar cliente, e a troca de equipagem, que consiste na equipe formada pelo maquinista e seu auxiliar. A troca de equipagem é programada para

alguns trens no pátio de Bom Jardim, porém, acontecia do trem ficar aguardando a chegada da equipe para conduzir o trem.

O desperdício por tempo de espera está relacionado ao tempo que o material aguarda para ser processado, assim, a eliminação deste desperdício proporciona o fluxo contínuo nas operações de uma empresa. Para este trabalho, no contexto de serviço, foi considerado que a espera do trem no pátio de Bom Jardim tanto por aguardar a nova equipe a assumir a condução do trem, como aguardar cliente são atividades que impediam o fluxo contínuo das atividades programadas para o pátio. Assim, o tempo em que não se realizava nenhuma atividade no trem é análogo ao tempo de espera pelo processamento, que neste caso, é o processamento do trem, onde uma série de atividades deve ser realizada no mesmo para que este seja liberado e prossiga viagem.

4.1.3 MANOBRAS E MOVIMENTAÇÕES DESNECESSÁRIAS

As manobras e movimentações desnecessárias aconteciam no pátio devido a dois fatores. O primeiro consiste na má formação do trem na região de carga, isto fazia com que ao chegar ao pátio de Bom Jardim, o trem tivesse suas locomotivas retiradas e reposicionadas para corrigir a formação do trem. O segundo se deve ao erro de programação na retirada de ativos para manutenção, que além de diminuir a disponibilidade de ativo para realizar o serviço, ocasionava o transporte desnecessário dos ativos até as oficinas, já que estes estavam em perfeitas condições.

O desperdício de transporte está relacionado à movimentação de materiais ao longo do processamento de um produto, ocasionando desperdício de tempo e recurso. Assim, foi realizada uma analogia entre este tipo de desperdício e as manobras e movimentações desnecessárias identificadas no pátio de Bom Jardim. Isto porque tanto as manobras quanto as movimentações dos ativos até a oficina não são necessárias para a execução das atividades definidas para processar o trem no pátio, e consistem em erros. As consequências do desperdício por transporte são identificadas em Bom Jardim: desperdício de tempo gasto com manobras que poderiam ser evitadas e desperdício dos ativos que poderiam estar circulando na malha, mas por erro de programação se deslocavam até às oficinas.

4.1.4 PROCESSO DE TROCA DE EQUIPAGEM

A não prontidão do maquinista na chegada do trem, identificado anteriormente como um desperdício de espera, é muita das vezes ocasionada por um desperdício de movimentação. Isto porque o maquinista tinha que se deslocar do posto onde havia estrutura adequada (ambiente coberto, banheiros e etc) para o local da troca de equipe (local “deserto”).

O desperdício por movimentações diz respeito a pessoas, assim uma maneira de eliminá-lo é através da economia dos movimentos, que propicia o aumento da produtividade e redução dos tempos associados ao processo produtivo.

O processo de troca de equipagem pode ser caracterizado como um desperdício por movimentações pelo fato do maquinista ter que se locomover até o local da troca de equipe; sendo que, se houvesse uma estrutura adequada próxima ao local da troca de equipagem, estes movimentos seriam eliminados e o processo da troca de equipagem aconteceria em tempo menor.

4.1.5 RETRABALHO

O retrabalho acontecia neste pátio devido às inspeções ineficientes, onde os ativos eram inspecionados e no mesmo dia acontecia algum tipo de avaria nos mesmos. Assim, as locomotivas e vagões avariados precisavam passar novamente por inspeções e manutenção.

A fabricação de produtos defeituosos é um dos sete tipos de desperdícios e no contexto de manufatura é visto como uma falha de qualidade durante a produção que acarreta nos demais desperdícios. Ao se tratar de serviço, o “retrabalho” pode ser considerado como uma atividade mal realizada, ou não realizada com a qualidade devida, sendo necessário realizá-la novamente.

Portanto, no pátio de Bom Jardim foi verificado que as inspeções ineficientes se assemelham a este tipo de desperdício devido à necessidade de repeti-las num espaço de tempo muito curto. Isto gera outras perdas, como o desperdício de recursos, onde os ativos poderiam estar à disposição para circulação em tempo maior; desperdício de material e mão-de-obra, relacionados ao tempo e aos materiais gastos pelos colaboradores para realizar novas inspeções e manutenções.

4.1.6 FILA

A fila gerada na entrada do pátio pelo fato dos trens estarem aguardando cliente, que corresponde a aproximadamente 27 minutos por trem somente neste pátio, pode ser considerada como perda pelo fato do tempo gasto com aguardar cliente não ser necessário para a execução do serviço. Assim, o tempo de 27 minutos é uma perda de capacidade do pátio, pois congestiona o mesmo e nenhuma atividade que agrega valor é realizada.

O desperdício de estoque é mais difícil para relacioná-lo com as atividades de uma empresa de serviço por estar totalmente voltado para o estoque de produtos acabados ou estoque de material durante a linha de produção. Porém, é possível fazer uma analogia deste tipo de desperdício com a fila gerada na entrada do pátio de Bom Jardim pelo fato do trem estar "pronto", ou seja, apto para ser processado no pátio de Bom Jardim antes da hora. Assim, o trem está se antecipando à necessidade do cliente que o aguarda no terminal de descarga.

4.2 OS CINCO PRINCÍCIOS X ESTUDO DE CASO DA MRS LOGÍSTICA

4.2.1 ESPECIFICAÇÃO DO VALOR

A especificação do valor é o ponto inicial para o pensamento enxuto, pois de nada adiantaria a empresa produzir produtos que não atendam a necessidade dos clientes. Isto acarretaria numa série de desperdícios e poderia até arruinar os negócios da empresa.

Este princípio pode ser observado no estudo de caso apresentado, onde o projeto executado, que possui como cliente a própria empresa, tinha como objetivo identificar o que gera valor para a mesma. O valor para a empresa é transportar cargas, pois é isto que a faz ser reconhecida e gera sua receita. Assim, o PPOF buscou em cada pátio o que gerava realmente valor, ou seja, quais as atividades que colaboravam para a atividade principal da empresa: transporte. No pátio de Bom Jardim, as atividades planejadas foram identificadas como valor para a empresa.

4.2.2 IDENTIFICAÇÃO DA CADEIA DE VALOR

Este princípio pode ser observado no estudo de caso apresentado, na fase do PPOF em que é realizado um diagnóstico de toda a malha da MRS. Através deste diagnóstico, no pátio de Bom Jardim, foram identificados os três tipos de atividades: as atividades que agregam valor para o serviço de transporte prestado, como troca de equipagem e circulação no pátio; as atividades de apoio, como inspeção; e as atividades que não agregam valor, como manobras de locomotivas e vagões.

4.2.3 FLUXO DE VALOR

Este princípio pode ser verificado nas ações propostas pelo projeto realizado na MRS Logística em estudo, onde as atividades que não agregavam valor deveriam ser eliminadas. Estas atividades no pátio de Bom Jardim consistiram em: aguardo de cliente e reposicionamento de locomotivas e vagões. Através destas iniciativas as atividades planejadas para o pátio em questão aconteceriam de forma contínua, sem tempos de aguardo.

4.2.4 PRODUÇÃO PUXADA

A empresa possui características tanto de produção puxada quanto de produção empurrada. Isto porque o cliente no terminal de descarga é quem “dita” o ritmo da circulação dos trens, determinando o que ele quer e no momento que ele necessita. Desta forma, as atividades de carga e todas as atividades planejadas nos pátios que antecedem os terminais de descarga acontecem de acordo com a necessidade do terminal de descarga do cliente. Porém, como para a MRS Logística, a ociosidade nos terminais dos clientes é algo inadmissível para o nível de serviço prestado pela empresa; esta admite um estoque de segurança que seria a fila nos pátios anteriores. Portanto, é possível identificar a presença dos dois tipos de sistemas, puxado e empurrado, na empresa.

4.2.5 BUSCA PELA PERFEIÇÃO

Este princípio pode ser observado no estudo de caso apresentado através do objetivo do PPOF, que é de buscar melhorias operacionais de modo a aumentar a capacidade da ferrovia, e consequentemente entregar mais cargas aos seus clientes e da melhor forma possível. Ao se resolver um gargalo, a GMNO, gerência que lidera projetos desta natureza, realiza novos estudos a fim de solucionar o próximo gargalo identificado. Os projetos de PPOF's são realizados continuamente na empresa.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante do que foi apresentado neste capítulo pode-se afirmar que é possível aplicar os conceitos do *Lean Manufacturing* em uma empresa de serviços. Apesar da empresa não ter um Sistema *Lean* implantado, o PPOF realizado pela empresa constantemente possui características muito semelhantes à filosofia *Lean*, como pode ser percebido ao comparar os cinco princípios da Produção Enxuta com o estudo realizado com base no PPOF executado no pátio de Bom Jardim.

Em relação aos desperdícios, foi possível relacionar as perdas verificadas no pátio de Bom Jardim com os conceitos dos desperdícios da Produção Enxuta. Pelo fato da literatura que aborda o tema *Lean Manufacturing* ser totalmente voltado para a manufatura esta tarefa tornou-se relativamente mais complexa.

O PPOF estudado neste trabalho representou ganhos consideráveis para a empresa, aumentado a capacidade do pátio em 192%, o que significou a possibilidade de aumentar seis trens por dia, já que o pátio de Bom Jardim era o gargalo da malha da MRS.

Um ponto a ser discutido neste trabalho é a utilização das ferramentas *Lean* na busca de maiores resultados. Na empresa não foi verificado a utilização de alguma ferramenta *Lean* de maneira formalizada, assim, o questionamento levantado é se os resultados seriam potencializados se a filosofia e as ferramentas *Lean* fossem amplamente difundidas na empresa, ou ao menos nas gerências que realizam trabalhos relacionados com a melhoria dos processos de transporte e aumento da produtividade.

Neste trabalho não será possível implementar algum plano de ação utilizando as ferramentas *Lean* e medir se os ganhos são maiores que os obtidos pela empresa sem ter a

filosofia *Lean* incorporada, ficando como sugestão para trabalhos futuros. O trabalho se limitou a identificar uma oportunidade de melhoria no pátio de Bom Jardim e utilizar duas ferramentas do *Lean* para encontrar alguma solução para o problema identificado.

Após entrevistas com o responsável pela execução dos PPOFs no ciclo do minério na GMNO, foram identificadas como o maior problema atual no pátio de Bom Jardim as manobras desnecessárias. Este problema foi apresentado neste trabalho ao estudar o PPOF de 2011 em Bom Jardim, porém, é um problema que voltou a acontecer e por aumentar o tempo de permanência do trem no pátio, consequentemente acarreta em perda de capacidade no pátio.

O problema de excesso de manobras pode estar relacionado a má formação dos trens no pátio de carregamento. A formação correta do trem consiste em duas locomotivas na "cabeça" do trem, estando estas na posição frente e ré, respectivamente; em sequencia os vagões são acoplados por uma mangueira de ar e na "cauda" do trem há uma locomotiva ou uma dupla de locomotivas conhecida como auxílio, necessária para o trem conseguir subir uma rampa localizada entre o pátio P1-07 e Bom Jardim. O trem ao chegar em Bom Jardim tem o auxílio retirado, estas locomotivas são agrupadas em 12 e voltam para a região de carga no contra-fluxo. Esta atividade de retirar o auxílio necessita de manobras e estas já são previstas. As manobras desnecessárias acontecem quando o trem é formado por duas locomotivas na "cabeça" com posições erradas, como frente e frente, sendo necessário concertar esta formação, pois em um ponto seguinte na malha é necessário que as locomotivas estejam com a formação correta para que o trem consiga prosseguir. Isto porque o trem não faz curva, assim, quando é preciso fazê-la, é necessário tirar a locomotiva que está de ré da "cabeça" e anexar na "cauda", mudando o sentido do trem.

A seguir será apresentada uma proposta de como duas ferramentas do Lean poderiam auxiliar na resolução deste problema. Vale lembrar que existem diversas ferramentas utilizadas dentro do contexto do *Lean Manufacturing,* assim como outras ferramentas foram apresentadas no capítulo de revisão bibliográfica deste trabalho, porém, é necessário identificar quais ferramentas são possíveis de aplicar de acordo com o tipo de problema. Para o problema de manobras desnecessárias identificado serão utilizadas as ferramentas: *Kaizen* e *Poka-Yoke*.

4.3.1 *KAIZEN*

O PPOF realizado pela empresa possui algumas características da implementação da ferramenta *Kaizen* como a equipe multidisciplinar e a dedicação integral ao projeto. O *Kaizen* geralmente é utilizado para solucionar problemas de escopo restrito, neste caso é preciso focar no problema de manobras desnecessárias e não analisar todas as perdas identificadas no pátio como ocorre no PPOF.

Primeiramente é necessário coletar todos os dados necessários para a identificação das causas do problema. Estes dados podem ser coletados através do sistema Sislog onde estão registradas todas as operações da empresa; assim, é possível analisar pelo sistema a frequência em que ocorre a formação errada do trem e se está associada a algum outro fator. É importante também realizar entrevistas com colaboradores diretamente ligados às operações do pátio a fim de captar alguma informação não registrada no sistema.

De posse destas informações deve-se analisar o pátio e captar todas as ideias geradas pela equipe para solucionar o problema. Em senso comum, deve-se identificar as ideias que apresentam maiores chances de solucionar o problema de maneira eficiente. É aconselhável que esta etapa ocorra dentro de cinco dias.

Em seguida deve-se implementar a ideia obtida na rotina do pátio, ou no local do foco do problema, neste caso, seria na região de carga, onde ocorre a formação do trem. A equipe deve acompanhar os resultados obtidos e garantir que a ação implementada seja incorporada ao processo de modo a ser seguida por todos os colaboradores.

4.3.2 *POKA-YOKE*

Como já apresentado neste trabalho, os erros e os defeitos possuem uma relação de causa e efeito; no caso do problema identificado, a má formação dos trens é um erro que implica em manobras excessivas no pátio de Bom Jardim, sendo estas fontes de perdas de capacidade do pátio.

Dessa forma, o *poka-yoke* deve ser utilizado de maneira que o erro seja identificado durante o processo de formação de trem para que isto não se transforme em “defeitos” para o pátio. Portanto, o *poka-yoke* a ser implementado será na região de carga da malha ferroviária da MRS.

A formação do trem é registrada no sistema Sislog, onde deve-se digitar o código das máquinas utilizadas e a posição de cada uma delas, o mesmo acontece para os vagões. A sugestão de tornar este sistema “a prova de erros” é alterar a programação do sistema de forma que o colaborador não consiga digitar a formação do trem incorreta, aparecendo um aviso de formação não conforme com o padrão. Para garantir que o colaborador não somente altere a formação do trem no sistema e libere o trem com a formação errada, deve-se investir em treinamentos e colocar esta ação no farol de metas dos pátios da região de carga. Assim, o trem não sairá mais com a formação incorreta, evitando transtornos no pátio de Bom Jardim.

O *poka-yoke* sugerido tem a função de regulagem, pois é ativado durante o processamento, sendo do tipo Método de Controle, onde a formação do trem deve ser corrigida para que o trem seja liberado, ou seja, o processo é paralisado até que a fonte causadora do defeito seja corrigida.

É importante destacar que a proposta apresentada acima seria uma ação inicial para solucionar o problema identificado, pois o ideal seria implantar o *poka-yoke* diretamente no processo de formação do trem. Assim, a possibilidade de burlar o sistema e liberar o trem ainda com a formação incorreta seria eliminada.

5. CONCLUSÕES

De acordo com o que foi apresentado neste trabalho pode-se concluir que o PPOF realizado no pátio de Bom Jardim remonta ao *Lean Manufacturing*, uma vez que o projeto realiza um diagnóstico nas atividades do pátio identificando os desperdícios que implicam na perda de capacidade da malha ferroviária.

O projeto proporcionou ganhos significativos para empresa sem ser necessário realizar investimentos, sendo propostas ações de rápida implementação. Este fato permite concluir, também, que a filosofia *Lean* pode ser incorporada por uma empresa de serviços, pois direciona a empresa a eliminar seus desperdícios e com isso obter ganhos em velocidade, qualidade e custo. No caso da MRS, os ganhos obtidos foram em velocidade, pois o maior ganho foi em tempo, que ao ser descontado do ciclo do trem de minério gera outros ganhos financeiros, pois o ciclo menor implica em menos tabelas necessárias para realizar a produção e ainda é importante ressaltar que os ativos utilizados para este tipo de serviço possuem valores muito alto.

Neste trabalho sugere-se que os ensinamentos sobre produção Enxuta sejam difundidos nas áreas chaves para o processo de melhoria contínua das operações ferroviárias da empresa, no caso a gerencia da GMNO seria uma indicação já que realiza trabalhos nesta linha. Ao implementar um Sistema *Lean* na empresa o processo de identificar desperdícios e propor ações podem ser facilitados pelo fato dos colaboradores possuírem algum embasamento teórico. Além do mais, como foi mostrado neste trabalho, a utilização de ferramentas para solucionar os problemas identificados traz um direcionamento para escolher a melhor solução.

Outra conclusão obtida deste trabalho é que as ferramentas devem ser escolhidas de acordo com o problema, como neste trabalho em que não foi possível utilizar todas as ferramentas apresentadas na revisão bibliográfica.

Para que as empresas se tornem cada vez mais competitivas é necessário reduzir seus custos, aumentar a qualidade e a velocidade de entrega dos produtos/serviços ao cliente, e ter sempre o foco na melhoria contínua. Isto pode ser alcançado ao adotar a filosofia *Lean* no gerenciamento de toda a organização.

REFERÊNCIAS

BARTZ, A.P.B et al. **Aplicação da Produção Enxuta em uma indústria de produtos agrícolas.** Ingeniare, Revista chilena de ingeniería. Vol. 21 Nº 1, pp.147-158. 2013

BRIEF CONSULTORIA. ***Lean Manufacturing.*** 2014. Disponível em: < http://www.brief.com.br> Acesso em: 05/01/2014.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da produção e operações – manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** São Paulo: Atlas, 2004.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just-in-time, MRP II e OPT - Um Enfoque Estratégico**. São Paulo: Atlas, 1993.

HENDERSON, B. A.; LARCO, J. L**.** ***Lean transformation***. Richmond, Virgínia: The Oaklea Press, 2000.

LEAN INSTITUTE BRAZIL. ***Lean Thinking***. 2014. Disponível em: < http://lean.org.br> Acesso em: 07/01/2014.

MORESI, E. **Metodologia de Pesquisa.** 2003. Tese de pós-graduação – Universidade Católica de Brasília – UCB.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – Além da produção em larga escala**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

SHINGO, SHINGEO. **O Sistema Toyota de Produção.** 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SOARES, H.S.G. **Globalização do sistema de manufatura baseado nas estratégias de melhoria contínua em uma empresa do setor automotivo**. São Paulo, 2007. Tese (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

TUBINO, D. F. **Sistemas de Produção: a produtividade do chão de fábrica.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

WERKEMA, M. C. C. **Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing.** 1. ed. Belo Horizonte : Werkema, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 5 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

ANEXO 1 – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, _____ de _____ de 20____.

_____	_____
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)	Matrícula
_____	_____
ASSINATURA	CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena – detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.

ANEXO 2 – DECLARAÇÃO DA EMPRESA

Declaro para os devidos fins, que **Dayane Maximiano Carvalho** estagiário/funcionário da empresa **MRS Logística** possui autorização para divulgar o nome da empresa bem como dados não confidenciais na elaboração de seu trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Juiz de Fora, de de .

_____

Responsável da Empresa
(carimbo da empresa)