

**RESULTADOS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DE CONCEITOS DE
LEAN MANUFACTURING EM UMA INDÚSTRIA METAL – MECÂNICA**

***RESULTS OBTAINED WITH THE IMPLEMENTATION OF LEAN
MANUFACTURING IN A METAL - MECHANICAL INDUSTRY***

Paula Cristina Soares¹

Raino Cezara Silva²

Luís Carlos de Marino Schiavon³

RESUMO

A literatura acadêmica indica que a cultura organizacional pode ser uma grande barreira para a implantação dos princípios *lean*. Neste contexto, através de um estudo de caso, este trabalho aborda a implementação de *lean manufacturing* em uma linha de produção de uma grande empresa do setor de metal mecânica no interior de São Paulo, com mais de meio século de existência e uma sólida formação de valores organizacionais. Discute-se o processo de implantação das ferramentas *lean*, com a apresentação dos resultados iniciais obtidos, contribuindo para enfatizar os benefícios e estimular a implantação dos conceitos da manufatura enxuta. A implantação do *lean manufacturing* resulta em redução de desperdícios, melhoria na qualidade e aumento de competitividade.

Palavra-chave: Kaizen; produção enxuta; desperdício; melhoria contínua.

ABSTRACT

The academic literature indicates that organizational culture can be a major barrier to the implementation of lean thinking. In this context, through a case study, this work addresses the implementation of lean manufacturing in a production line of a large metalworking company in the state of São Paulo, Brazil, with more than half a

¹ Graduação no Centro Universitário UNIFAFIBE, Bebedouro SP. E-mail: paulac-soares@outlook.com

² Graduação no Centro Universitário UNIFAFIBE, Bebedouro SP. E-mail: raino.silva.rs@gmail.com

³ Docente no Centro Universitário UNIFAFIBE, Bebedouro SP. E-mail: luis.schiavon@hotmail.com

century of existence and a solid formation of organizational values. The implementation process of the lean manufacturing tools is discussed, with the presentation of the first results obtained, contributing to emphasize the benefits and stimulate the implementation of lean manufacturing. Lean manufacturing implementation results in reduced waste, improved quality and increased competitiveness.

Keywords: Kaizen; lean production; waste; continuous improvement.

1. Introdução

Os conceitos de produção desenvolvidos após a revolução industrial, principalmente com o marco histórico nas linhas de produção de Henry Ford no princípio do século XX, trouxe um divisor nos modelos de produção em grande escala até então conhecidos. Na década de 80 a lendária indústria de automóvel americana viu seu império ameaçado por concorrentes japoneses, principalmente pela Toyota. O modelo japonês era baseado no conceito de eliminação sistemática de qualquer atividade humana que absorve recurso, mas não cria valor. O termo *lean manufacturing*, produção enxuta ou manufatura enxuta ficou conhecida como sinônimo das práticas utilizadas pela Toyota (WOMACK; JONES, 1992).

Os conceitos do *lean manufacturing* foram bastante difundidos por Womack, Jones e Ross (1992) com a publicação do livro *A máquina que mudou o mundo*. Desde então, os processos de transformação japoneses foram alvos de estudos americanos do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), que concluiu que as melhores práticas da indústria automobilística mundial apontavam para a Toyota Motor Company (BARTOLI, 2010).

O conceito *lean manufacturing* baseia-se na premissa de produzir mais com menos recursos, por meios de processos de melhorias que visam a eliminação de desperdícios com o envolvimento da cultura organizacional de empresa. A produção enxuta surgiu em 1948 e consolidou-se ao longo do tempo como uma filosofia de produção orientada para atenção de ganhos de atividade por meios de processo de melhoria contínua voltada à eliminação de desperdício (TOLEDO, 2002).

Atualmente, em um cenário globalizado com cada vez mais competitividade entre as empresas, as indústrias foram estimuladas a desenvolver estratégias de negócio para se manterem no mercado, como custo, qualidade, tempo, flexibilidade e inovação (ANTUNES, 2008).

Se o Brasil tivesse despertado para estes padrões de produção *lean*, certamente teria maior representatividade na indústria global com produtos e serviços mais competitivos. No entanto, a implementação requer mudança de cultura nas organizações, desta maneira os desafios são constantes e poucas empresas conseguem obter o resultado desejado (FERRO, 2004).

Embora os casos de sucesso com a implementação do *lean manufacturing* sejam bastante evidentes na literatura, muitas empresas ainda não o implementam ou têm dificuldade em atingir resultados devido fatores como: desconhecimento do modelo organizacional; não possuem capital intelectual capacitado; desconhecem os fundamentos da metodologia; falta de apoio da alta direção; desconhecem os benefícios trazidos por este modelo ou não sabem como os quantificar ou consideram haver custos de investimento para implementação do modelo (SILVA et al., 2010).

Tentativas de aplicação de produção enxuta sem sucesso são comuns, apesar de a implantação enxuta continuar nas empresas, ainda há preocupação sobre falhas nestes programas, sendo que apenas aproximadamente 10% das empresas tem obtido sucesso nesta implementação. O contexto de desafios e mudanças requer funcionários motivados, satisfeitos e comprometidos, uma vez que eles são fundamentais no processo de desenvolvimento organizacional (CHARKRAVORTY, 2010).

Este trabalho tem como objetivo, por meio da realização de um estudo de caso em uma empresa do setor industrial, relatar e analisar os resultados obtidos após a implementação dos princípios de *lean manufacturing* em uma linha de produção.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Sistema Toyota de Produção

O Sistema Toyota de Produção foi desenvolvido pela Toyota Motor Corporation e passou a ser utilizado por muitas companhias japonesas devido à crise do petróleo de 1973. Os impactos da crise refletiram na capacidade competitiva das companhias industriais estruturadas segundo o modelo de produção em massa (MONDEN, 1983).

Neste cenário, a Toyota Motor Corporation, líder na fabricação de automóveis, apresentou um desempenho inigualável. As técnicas foram desenvolvidas como filosofia orientada para a satisfação eficiente das necessidades e expectativas do cliente em constante evolução.

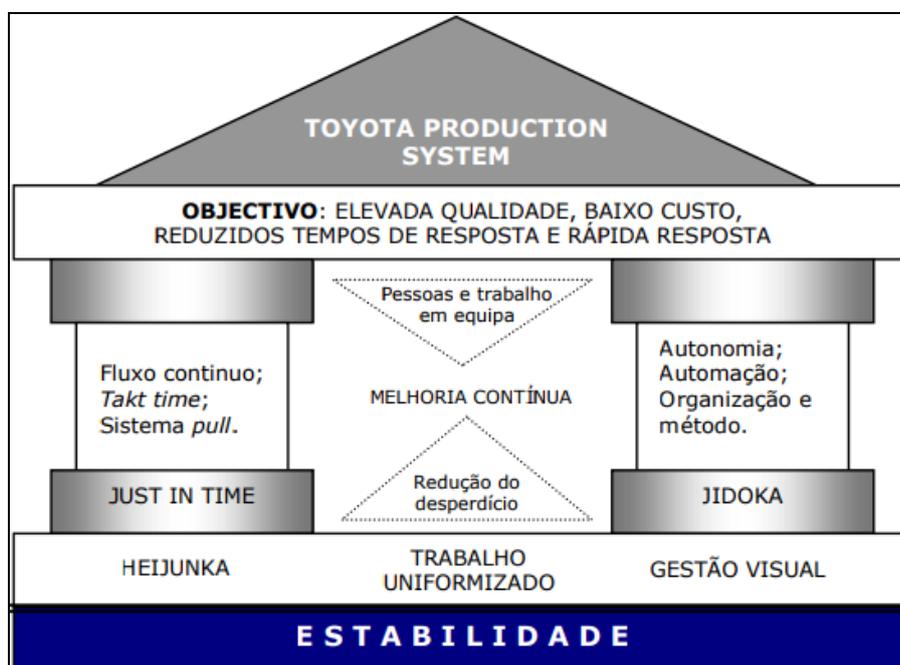
A Toyota percebeu que a única forma de sobreviver naquele cenário era disponibilizar automóveis com um diferencial que seus concorrentes não tinham: variedade de produto mantendo alta qualidade e baixo custo (GHINATO, 1995).

Todas as atenções se voltaram ao Japão, na tentativa de identificar as razões responsáveis pelos resultados extraordinários. Revelou-se aí, a utilização de elementos inovadores que rompiam com algumas das mais básicas premissas do gerenciamento convencional (GHINATO, 1995).

O Sistema Toyota de produção é a segunda maior evolução em processos administrativos eficientes depois do sistema de produção em massa inventado por Henry Ford (LIKER, 2004).

O *just-in-time* e o *kanban* foram às ferramentas identificadas como os elementos-chave da eficácia do Sistema Toyota de Produção que ocorre da construção de algo que reúne todos os seus princípios, métodos e técnicas e da aplicação ligada deste conjunto (GHINATO, 1995).

Figura 1: Pilares Toyota



Fonte: Pinto (2008)

2.2. A produção enxuta

A produção enxuta nasceu com o objetivo de desenvolver processos e procedimentos através da redução contínua de desperdícios em todas as suas fases como excesso de estoques nas estações de trabalho e alto tempo de espera nos processos. Essa constante preocupação em identificar e eliminar desperdícios é uma das características centrais do pensamento enxuto bem como o aspecto da disposição do layout dos recursos transformadores (FINNSGARD et al., 2013).

Womack e Jones (1998) listam os cinco princípios básicos do pensamento enxuto (*lean thinking*) sendo estes capazes de alterar radicalmente a percepção do cliente quanto ao valor percebido do produto ou serviço.

O Quadro 1 apresenta um resumo dos princípios do pensamento enxuto:

Quadro 1: Princípios do pensamento enxuto

Valor	Trata-se da percepção da real necessidade do cliente levando em consideração os atributos e as características desejáveis para o produto ou serviço
Cadeia de Valor	Compreender e analisar o fluxo de transformação necessário para que o valor esperado pelo cliente seja atendido com o mínimo de atividades que possam não estar contribuindo para a agregação de valor. Por fim é preciso identificar: atividades que não geram valor, no entanto são necessárias para a continuidade das operações, atividades que agregam valor em sua plenitude e as atividades que não agregam valor e precisam ciclicamente ser eliminadas do processo.
Fluxo	A capacidade de executar a transformação por toda a cadeia de valor com a menor quantidade de interrupções possíveis, gargalos, estoques intermediários e sempre que possível o fluxo deve ser de uma peça por vez.
Puxar	Consiste na inversão do fluxo de produção para que a liberação dos recursos transformadores e os que serão transformados aconteçam exclusivamente após a puxada do cliente. Desta maneira evita-se a criação de estoques e desperdícios de processamentos desnecessários. Isto garante maximização do valor do produto, pois reduz o consumo de recursos no momento em que não serão necessários.
Perfeição	Reflete a busca cíclica de melhorias dentro da cadeia de valor, aonde todos envolvidos têm participação plural nas ações e nos resultados obtidos. Fatores como qualidade, prazo de entrega, sete desperdícios, capacitação e treinamento dos colaboradores devem ser mitigados e persistentemente otimizados.

Fonte: Womack e Jones (1998)

Embora a produção enxuta continue sendo divulgada no ambiente empresarial, é pouco conhecido a respeito das particularidades, maturidade e contexto da sua introdução nas empresas (VASCONCELOS, 2012). Diversos estudos têm apontado fatores importantes para o êxito das implementações da

produção enxuta, Cua, McKone e Schroeder (2001) apontaram que a implantação conjunta das práticas pertencentes a gestão da qualidade, *just-in-time* e manutenção produtiva total, gera resultados melhores do que aqueles atingidos quando cada prática é aplicada separadamente.

2.3. Fundamentos do *lean manufacturing*

A essência do *lean manufacturing* consiste em reduzir desperdícios através do *jidoka*, *just-in-time* e com o uso das ferramentas para eliminar os sete desperdícios (chamados de "muda" pelos japoneses). Os desperdícios são os sintomas e não as causas dos problemas. Existem sete tipos de desperdícios: defeitos, excesso de estoque, excesso de produção, tempo de espera, movimentação, transporte, super-processamento (OHNO, 1997).

Em resumo os sete desperdícios são caracterizados por:

- a) Superprodução – produzir mais do que o necessário e/ou antecipadamente, gerando estoques. É o desperdício mais difícil de ser eliminado uma vez pode mascarar outras ineficiências dos processos, quanto problemas operacionais e administrativos;
- b) Estoque – consequência da superprodução está relacionado a custos de obsolescência e manutenção de estoques, desperdício de áreas e armazenamento excessivo, incluindo estoques intermediários de produtos em processo;
- c) Processos desnecessários – desperdícios dos próprios processos devido à introdução de operações desnecessárias ou extras, bem como a existência de algumas operações advindas de um projeto, componentes ou manutenção que poderiam ser melhorados;
- d) Defeitos ou retrabalhos – perdas relacionadas a materiais defeituosos e desperdícios com retrabalhos devido a materiais que não atendem as especificações de qualidade exigidas para os mesmos;
- e) Transporte – movimentações desnecessárias de produtos ou peças que não agregam valor ao produto e constituem desperdícios de tempo e recursos;

- f) Movimentação – perdas relacionadas a movimentos desnecessários e repetitivos dos operadores, que não agregam valor ao produto. Podem estar relacionados à própria organização do local de trabalho;
- g) Espera – relacionada à falta de sincronismo e/ou balanceamento das operações, causando ociosidade, acúmulo de material e falta de atividade (OHNO, 1988; GREEN; LEE; KOZMAN, 2010).

Além dos sete desperdícios descritos, pode-se considerar a existência do oitavo desperdício, defendido tanto por Liker (2007), quanto por Muniz Júnior (2007) como desperdício de conhecimento: perdas relacionadas a não utilização do conhecimento e habilidades dos operadores para eliminação dos demais desperdícios, implementação de melhorias e inovações. Também pode ser descrito como as perdas relacionadas à falta de compartilhamento do conhecimento adquiridos.

2.4. Poka Yoke

O *poka yoke* é utilizado para garantir que a instabilidade ou a incerteza da eficácia de uma operação seja executada conforme planejado pela organização (GROUT, 2007).

A abordagem mais comum e popularmente conhecida para *poka yoke* vem da língua japonesa, *yokeru* (evitar) e *poka* (erros inadvertidos), é denominada dispositivos a prova de falhas, mas em todas as interpretações o ponto pacífico é de que esta ferramenta auxilia para o controle da qualidade e a variação do processo, uma vez que utiliza métodos de padronização dos procedimentos de produção (MIDDLETON, 2001). Em alguns casos esses mecanismos podem ser utilizados para realização de setups mais eficientes, segundo Shingo (2000), minimizando o tempo gasto para troca de ferramentas.

2.5. Kanban

O sistema *kanban* funciona no uso de sinalizações para ativar a produção e deslocamento dos itens pela fábrica. As sinalizações da produção são normalmente

feitas com base nos cartões *kanban* e nos painéis porta-*kanbans*. Os cartões são produzidos de material durável para suportar o manuseio constante decorrente do giro entre os estoques do cliente e fornecedores (TUBINO, 1999).

Sob o conceito da abordagem gerencial dos sistemas de produção, *kanban* define um sistema que autoriza a operacionalização da produção, tal como a redução dos estoques finais e intermediários, através da utilização de sinais que informam, por exemplo, que o posto de trabalho “B” está pronto para receber o trabalho processado no posto “A” (ALBUQUERQUE et al., 1999.)

As funções do *Kanban* podem ser classificadas nos seis pontos seguintes (MOURA,1994):

- a) Desperta a iniciativa por parte dos funcionários da área;
- b) É um meio de controle de informações;
- c) Controla o estoque;
- d) Ressalta o senso de propriedade entre os colaboradores;
- e) Simplifica os mecanismos de administração do trabalho, através do controle de informações e estoque;
- f) Possibilita a administração visual na área do trabalho.

2.6. Mapeamento de Fluxo de Valor

Mapeamento de fluxo de valor é de fundamental para enxergar todo o fluxo de informações, a ferramenta facilita a visualização de todas as partes dos processos, podendo identificar desperdícios e a causa raiz do problema (ROTHER; SHOOK, 2003)

Um fluxo de valor pode-se definir como um conjunto de tarefas necessário para criar um produto ou serviço, abrange do fornecimento de matérias primas, passando por uma linha de produção e percorrendo todo o caminho do processo de transformação da matéria prima, até ocorrer à entrega do produto ao cliente (GRABAN, 2013).

2.7. Fluxo Contínuo

A característica do fluxo contínuo é a produção do que é necessário para o momento sem que exista percas ou sobras, neste sentido a eliminação das fontes de desperdícios torna-se o mais importante (ROTHER; SHOOK, 2003).

Após o mapeamento do fluxo de valor, é necessária a criação de fluxos contínuos no processo puxador, para obter vantagens tais como: reduzir *lead time*, reduzir *work-in-process*, reduzir tempo de movimentação, redução da área necessária no *layout*, maior flexibilidade com alterações na demanda e menor número de ordens de serviço (ROTHER; SHOOK, 2003). Imediatamente após a implementação do fluxo contínuo poderá ser observado uma significativa redução no *lead time* de permanência da matéria prima entre os processos ou a velocidade de sua transformação em produto final (LIKER, 2004).

2.8. Balanceamento de Operações

O balanceamento de operações se refere ao ajuste das necessidades de demanda, maximizando a utilização das suas estações ou postos, buscando unificar o tempo da realização do produto. O balanceamento corresponde à distribuição de atividades sequenciais por postos de trabalho, de modo a permitir uma alta utilização de trabalho e de equipamentos, e reduzir o tempo em vazio. O balanceamento de uma linha de produção é composto por muitas operações, para realizar os processos de um produto, consiste em encontrar a solução para as seguintes alternativas (CARRAVILLA, 1998):

- a) Dado o tempo de ciclo, descobrir o menor número de postos de trabalho necessários;
- b) Dado uma quantidade de postos de trabalho, reduzir o tempo de ciclo;
- c) Os postos são as etapas que vão permitir que a construção do produto seja executada (CARRAVILLA, 1998).

2.9. Kaizen

No idioma japonês, *kaizen* significa melhoramento. No cenário da qualidade total, significa melhoramento constante, com total envolvimento na organização, da alta administração ao chão de fábrica (IMAI, 1994).

Mais especificamente, *kaizen* significa pequenas mudanças, como resultado dos esforços contínuos e não melhoramentos drásticos resultantes de grandes investimentos, que juntos caracterizam a inovação (IMAI, 1994).

Conforme a TBM Consulting (2000), o sistema *kaizen* aplica algumas estratégias fundamentais que toda manufatura deve considerar:

- a) Qualidade: como melhorá-la;
- b) Custo: como controlá-lo;
- c) Entrega pontual: como garanti-la.

O sistema *kaizen* consiste em um importante recurso na busca da melhoria contínua de processos administrativos e produtivos, tornando-os mais enxutos e velozes (SIQUEIRA (2005).

Siqueira (2005) diz que *kaizen* passou a ser um complemento às práticas de reengenharia. No tempo em que a reengenharia promove a melhoria através da inovação, o *kaizen* proporciona a melhoria através da eliminação de problemas identificados nos processos correntes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O método de pesquisa adotado neste trabalho é o estudo de caso. Para a abordagem científica neste método, realiza-se a investigação dos fenômenos encontrados no caso problema e estes devem ser contextualizados para o aprofundamento de conhecimento e a tomada conjunta de decisão entre os pesquisadores e o objeto caso da pesquisa (MIGUEL, 2007).

A empresa alvo deste estudo de caso tem sede no interior estado de São Paulo, conta com aproximadamente 340 colaboradores diretos e possuem mais quatro filiais, localizadas em quatro estados brasileiros e mais 25 unidades produtivas em vários lugares do mundo, com cerca de 5.000 colaboradores. O ramo

de atuação da empresa é bastante específico, “bombear fluidos”, incluindo: combustíveis líquidos, líquidos com partículas sólidas (esgoto) e água, abrangendo setores tais como geração de energia solar e sistemas de prevenção de incêndios. Atende diversos segmentos da indústria, agricultura, mineradores, órgãos de saneamento básico, empresas petrolíferas e ramo alimentício.

3.1. Área escolhida para realização do estudo de caso

A área industrial escolhida para realização da pesquisa foi a linha de montagem de motores com diâmetros até 4 polegadas com potências entre 0,5 a 5 cv, responsável por aproximadamente 60% do volume total de vendas da empresa.

3.2. Período

O início do trabalho ocorreu em dezembro de 2016, ainda na fase de definições de qual linha produtiva o desenvolvimento de um trabalho extensivo de melhoria contínua causaria mais impacto nos resultados da empresa, abrangendo as etapas percorridas ao longo de aproximadamente dez meses, até a finalização deste artigo, ocorrida no início de outubro de 2017.

3.3. Desenvolvimento

A produtividade da linha de montagem é a variável industrial mais abordada neste trabalho. Considerada pela organização como a linha que fabrica o produto com melhor *mark-up* em relação à principal linha de produção da empresa, a maximização dos resultados causaria o maior impacto no resultado financeiro da organização. Na escolha do local alguns critérios foram levados em consideração, tais como: quantidade de operadores, oportunidade de melhoria, baixa qualidade, análise do arranjo físico e quantidade de desperdícios *lean* evidentes na operação.

Os critérios que apontam desperdício e processos que não agregam valor foram identificados no mapeamento de fluxo de valor, onde cada item foi quantificado baseando-se na metodologia do sistema Toyota de produção, anteriormente abordado neste artigo. No entanto, devido a restrições impostas pela

empresa, estamos impossibilitados de apontá-los, pois contém informações sigilosas.

A empresa alvo deste trabalho tem passado por um processo de mudança organizacional muito grande nos últimos três anos de sua cinquentenária história. A recente incorporação da empresa por um grupo multinacional de origem norte americana trouxe grandes desafios para os colaboradores, gestores e demais profissionais que ali trabalham. O nível de dinamismo das mudanças iniciadas após a incorporação pela corporação multinacional, jamais poderia ser imaginado na época em que a empresa pertencia ao grupo familiar nacional.

Assim, a empresa tornou-se um vasto laboratório para que os pesquisadores tivessem a oportunidade de explorar todo o conhecimento adquirido nas revisões bibliográficas acerca do *lean manufacturing*, conforme se aborda a seguir.

4. Diagnóstico encontrado

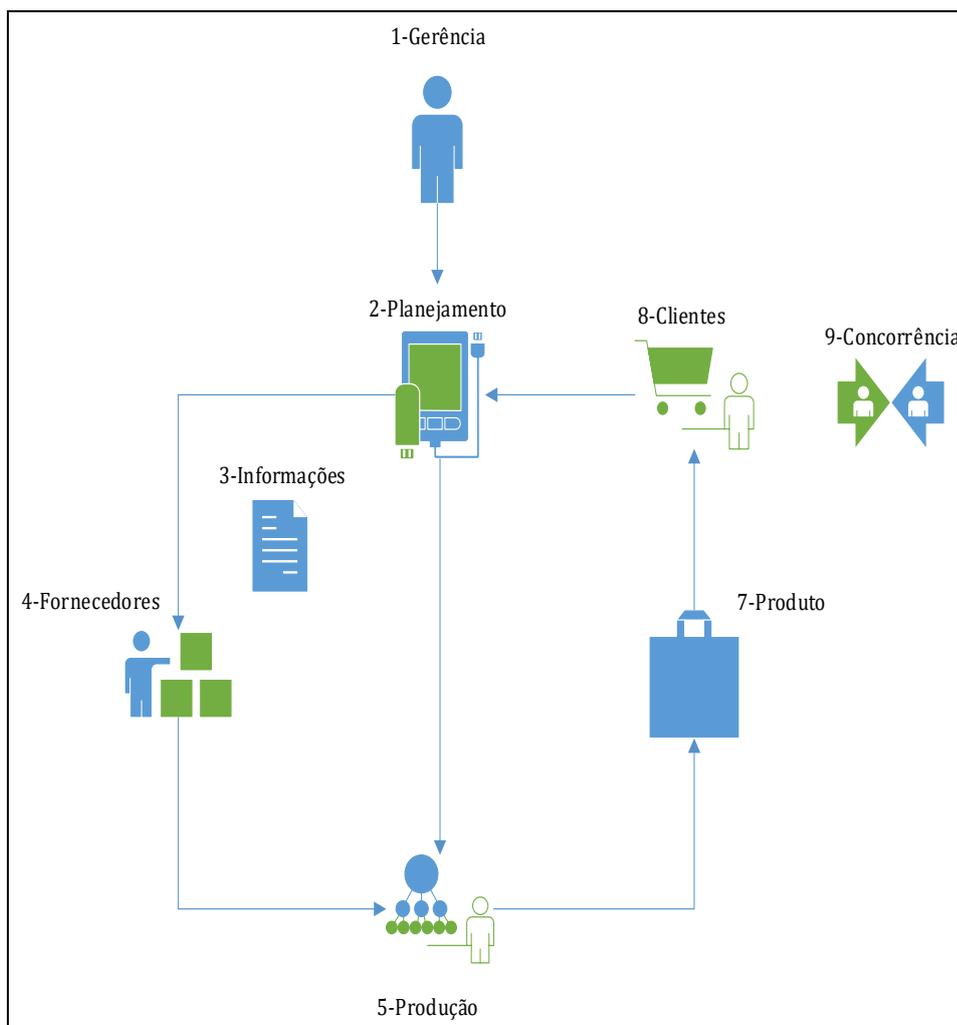
Como referência para nomear a linha de produção será adotado LM-01, para a qual todos os objetivos deste trabalho foram direcionados. O setor conta com a mão de obra direta de 24 colaboradores, com um turno de oito horas por dia. A média de tempo de experiência dos colaboradores é de aproximadamente quinze anos, o que pode ser considerado muito bom para a qualidade de processamento. Mas, em contrapartida, dificulta mudanças de estratégia de procedimentos de fabricação. Os principais problemas encontrados durante a abordagem deste trabalho na linha são a seguir relacionados.

- a) Atrasos na entrega de componentes para a montagem;
- b) Constantes interrupções no fluxo de processamento devido a problemas de qualidade;
- c) Quebra de sequenciamento do planejamento (PCP) gerando atrasos;
- d) Problemas com afastamento de colaboradores, devido a estações de trabalho mal projetadas;
- e) Falta de padronização nos processos de montagem;
- f) Excesso de transporte entre os processos;
- g) Projeto de *layout* executado sem análise adequada;
- h) Estoque intermediário entre os processos;

i) Ociosidade por falta de balanceamento de operações entre os processos.

O fluxo de informações é bem dinâmico e gerenciado pelo ERP da empresa, auxiliando bastante no controle de produção. No entanto, com os problemas elencados, o *software* tem sido subutilizado e isoladamente não consegue gerar todo o resultado que poderia proporcionar se a parte inferior da cadeia de processamento tivesse maior eficiência. A seguir, a Figura 2 apresenta a representação gráfica do fluxo de informações.

Figura 2: Fluxo de informações



Fonte: Própria dos autores (2017)

4.1. Reunião com alta gerência

Após elencados os principais problemas da linha LM-01, um resumo com todas as deficiências foi apresentado à diretoria.

Cada item observado durante o estudo de caso foi referenciado com uma ferramenta do *lean manufacturing* e um plano de ação que permita a empresa visualizar os problemas e as possíveis soluções.

Faz-se necessário pontuar que nesta unidade produtiva os conceitos de *lean* ainda não haviam sido implementados em nenhum trabalho anterior, mas em outras unidades produtivas do mesmo grupo empresarial localizadas em outras partes do mundo, casos de sucesso semelhantes já eram bem comuns, o que reflete a importância primordial do apoio irrestrito da alta direção para que este tipo de trabalho tivesse êxito.

Segundo relatado pelos diretores, a localização das fábricas do grupo revela peculiaridades culturais e individuais de cada país. Em países como Estados Unidos e Japão, a disciplina torna-se um grande facilitador aos gestores *lean*, enquanto que no Brasil a criatividade para desenvolver soluções inimagináveis aos mais diversos problemas são características diferenciadas do brasileiro.

O quadro 2 apresenta um resumo do diagnóstico.

Quadro 2: Apresentação do diagnóstico

Problema	Plano de ação
Falta de componentes na montagem	Implementar sistema <i>kanban</i> para monitoramento dos componentes necessários para o processo de montagem.
Interrupções no fluxo por problemas de qualidade	Implementar sistema <i>poka yoke</i> para que erros que causam problemas de qualidade sejam mitigados ainda nas linhas anteriores, para que não sejam liberados para a montagem, evitando paradas do fluxo contínuo da produção
Quebra de sequenciamento do planejamento	Aplicar fluxo contínuo para evitar a quebra do sequenciamento planejado
Afastamento de colaboradores por problemas de ergonomia	Projetar novas estações de trabalho com foco na ergonomia dos colaboradores
Excesso de transporte	Projetar novo <i>layout</i> considerando os tempos de ciclos entre os processos, a capacidade de processamento de cada estação de trabalho.
<i>Layout</i> incorreto	Projetar novo <i>layout</i> considerando os tempos de ciclos entre os processos, a capacidade de processamento de cada estação de trabalho.
Ociosidade na produção	Balanceamento de operações para garantir a subdivisão de tempos de processo entre as etapas

Fonte: Própria dos autores (2017)

4.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do quadro 2 apresentado à diretoria da empresa todas as ações para mitigar os problemas encontrados na linha de produção foram apreciadas e a execução foi autorizada. Desta maneira se iniciou um processo de implementação das ferramentas:

- a) *Kanban*;
- b) *Poka-Yoke*;

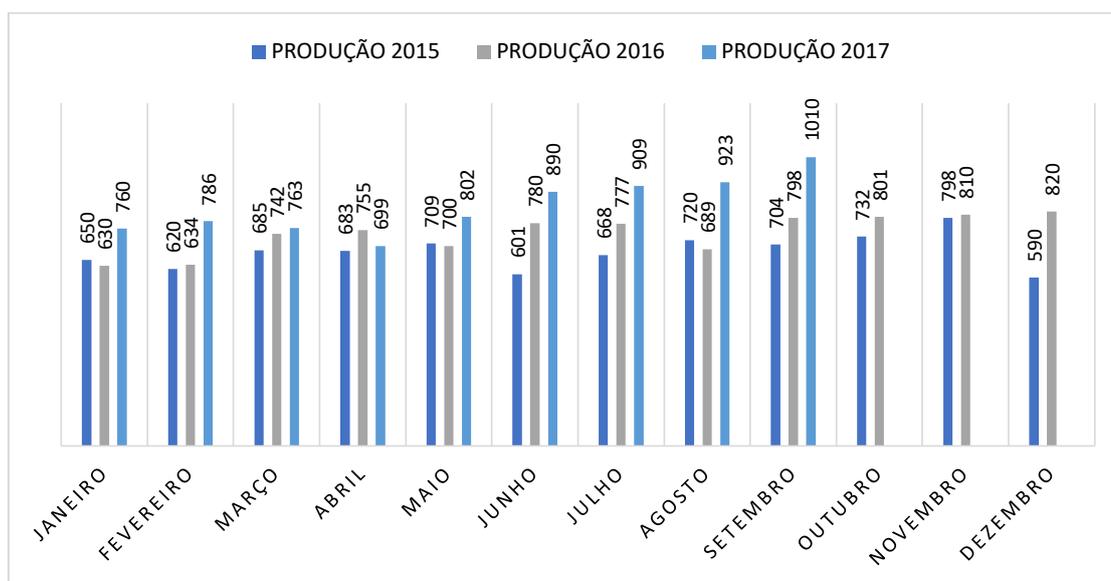
- c) Fluxo Contínuo;
- d) Balanceamento de Operações;
- e) *Kaizen*.

Todo o processo de implementação do projeto apresentado à empresa começou em dezembro de 2016 e por se tratar de uma mudança na cultura organizacional, continua em andamento. Assim, os resultados obtidos retratam a fotografia de um momento específico conforme relatado pelos pesquisadores no mês de outubro de 2017.

Os dados coletados datam entre janeiro 2015 a setembro de 2017 através do sistema gerencial ERP (*Enterprise Resource Planning*). Os seguintes dados foram avaliados:

- a) Quantidade de produtos fabricados: mensura o quanto a linha de produção efetivamente produziu mensalmente, independente de eventuais problemas de qualidade, refugos, atrasos de matéria prima, produtos para estoque ou clientes.
- b)

Figura 3: Quantidade de Produtos Fabricados



Fonte: Sistema ERP empresa (2017)

Análise do resultado: no ano de 2015, o mês de novembro registrou o melhor índice de produção, com 798 itens produzidos. O mês de dezembro de 2015

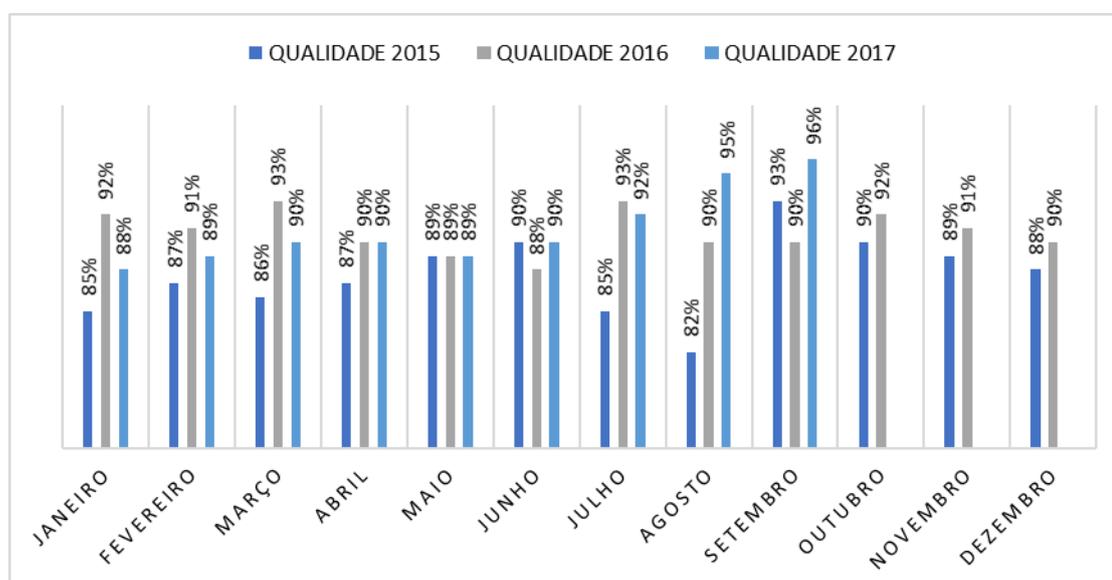
registrou o pior resultado dos três anos realizados, com 590 unidades demonstrando o nível de dinamismo das mudanças, que a inconstância e a oscilação dos dados prejudicam a atendimento da empresa junto aos seus clientes. Historicamente, a curva de demanda tende a crescer a partir do mês de agosto, mas devido à ineficiência produtiva da linha, nunca se conseguiu suprir toda a demanda e abastecer o mercado, acompanhando as necessidades dos clientes: ora faltando produtos, ora excesso de estoque. Esse desbalanceamento fica evidente através dos números apontados na Figura 3.

A implementação dos conceitos *lean* na linha de produção aconteceu a partir de junho de 2017. Nota-se a evolução em relação aos resultados dos anos anteriores, alcançando números até então inéditos.

As ferramentas *lean* aplicadas à gestão da organização contribuíram de maneira decisiva para melhorar os resultados de quantidade de itens montados alcançando cerca de 1000 unidades no mês de setembro de 2017.

- c) Qualidade: conforme mostrado na Figura 4, representa percentualmente quantos produtos foram aprovados após o primeiro teste aplicado no final da linha, sem a necessidade de realização de retrabalho. Quanto maior esse índice, melhor, pois indica que a execução correta foi realizada, evitando-se um dos desperdícios apontados neste trabalho.

Figura 4: Qualidade



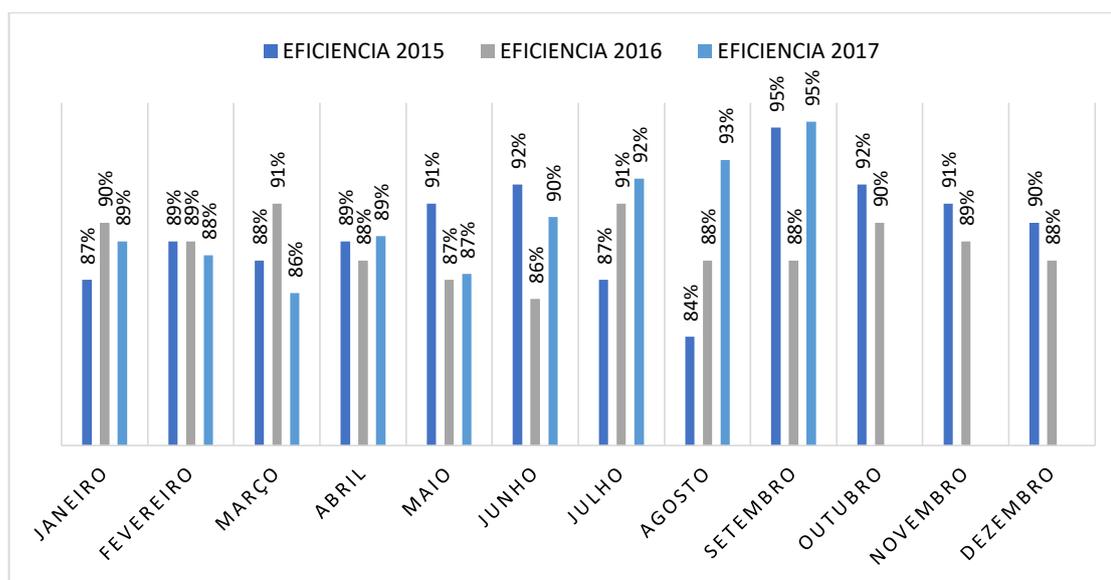
Fonte: Sistema ERP empresa (2017)

Análise do resultado: é possível observar a partir de junho de 2017 uma tendência de melhora nos níveis de qualidade do setor. Visto que a padronização das operações, constantes treinamentos e um fluxo de produção otimizado permitiu que esses valores fossem alcançados.

Outro fator que contribuiu positivamente neste resultado foi o início de um controle sobre a qualidade individual de cada colaborador da linha de produção. Aqueles que tinham algum tipo de dificuldade foram pontualmente treinados, especificamente nas suas demandas, através da gestão à vista dos resultados. No entanto, para os padrões industriais atuais, 95% de conformidade com os requisitos do cliente podem ser considerados muito baixo. Porém, isto reflete a característica do produto, como o enrolamento de motor manual, qualidade dos fios e laminas que são utilizados na produção do motor. Uma profunda investigação para este ponto ficará como um próximo trabalho a ser desenvolvido pelos pesquisadores.

- c) **Eficiência Produtiva:** indicador que avalia a quantidade de horas disponíveis produtivas sobre a quantidade de horas apontadas nos relatórios de trabalho. Quanto mais alto esse índice, maior valor agregado ao produto, com conseqüente menor custo por peça.

Figura 5: Eficiência Produtiva



Fonte: Sistema ERP empresa (2017)

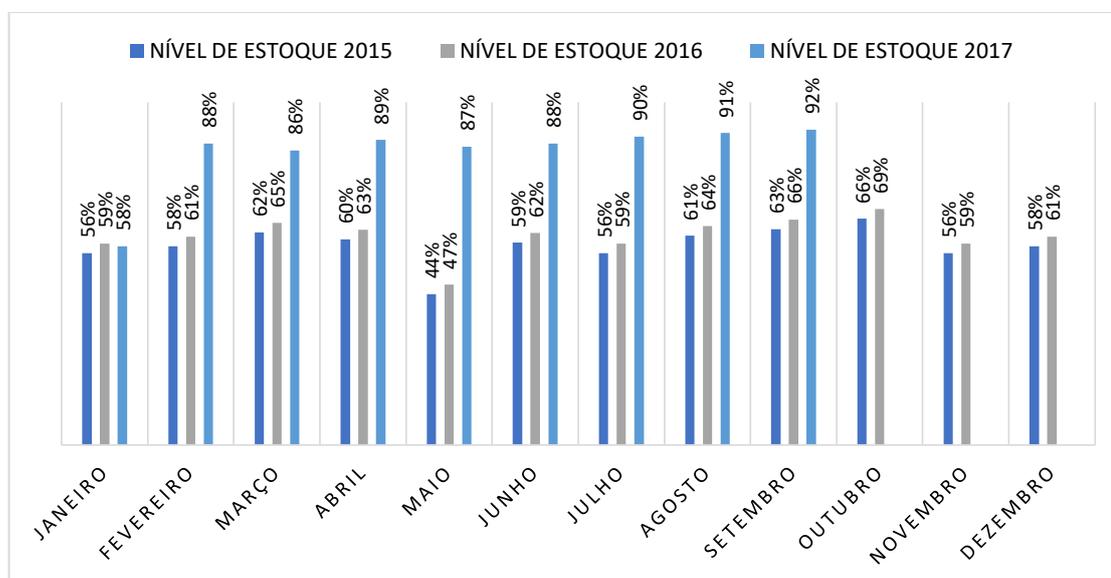
Análise do resultado: Este indicador retrata um dos maiores desafios em qualquer empresa: a maximização do aproveitamento da mão de obra disponível por produto. Neste sentido, as ferramentas *lean* de padronização de trabalho, o

planejamento da produção e a polivalência dos colaboradores para exercer várias tarefas dentro da mesma linha, contribuíram de maneira muito expressiva para a melhora deste indicador de desempenho.

Um amplo estudo de distribuição racional do trabalho foi feito levando em consideração fatores como fadiga, ergonomia e risco de exposição a acidentes. Deste modo, as condições individuais de cada atividade foram mapeadas para definição da distribuição igualitária de serviço através do balanceamento de operações.

- a) Nível de estoque: representa quanto de disponibilidade de estoque a empresa tem para atender aos clientes, sem que estes tenham que esperar para serem atendidos.

Figura 6: Nível de estoque



Fonte: Sistema ERP empresa (2017)

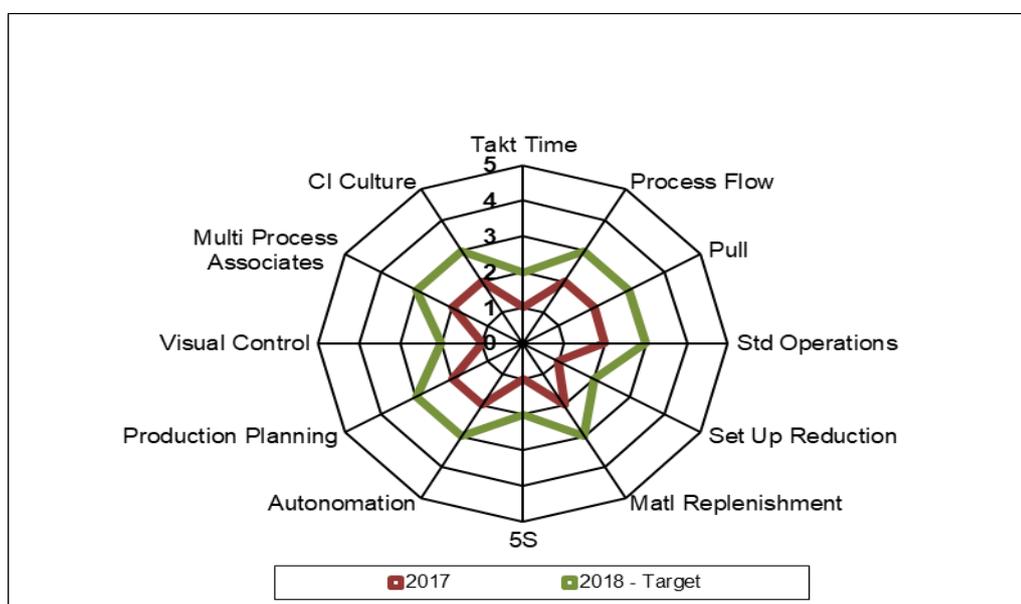
Análise do resultado: o atendimento da demanda do cliente quando este necessitar de produtos é certamente um grande diferencial para a competitividade das empresas. Em uma primeira análise, os resultados de 2017 já estavam muito superiores aos anos de 2015 e 2016. No entanto, após o aprofundamento da análise junto à gerência foi evidenciado que a transferência de produtos acabados entre empresas do grupo para suprir a ineficiência da linha LM-01 influenciaram nestes resultados. Assim, um relatório apenas de estoques produzidos na linha LM-01 foi gerado e os resultados de êxito dos indicadores anteriores se confirmaram no nível de estoque a partir do mês de agosto de 2017.

É importante salientar que o estoque aqui retratado se refere ao estoque estratégico e seus níveis estão dentro dos índices para atendimento de pronta entrega aos clientes, desejado estrategicamente pela equipe de vendas da organização. Não configurando o estoque neste caso como “desperdício”. A meta de estoque ideal estabelecido pela companhia é de 100%, devido ao produto fabricado realizar a captação e bombeamento de água, sendo a água um insumo base para qualquer cadeia produtiva. Deste modo, a necessidade de um atendimento imediato e entrega rápida faz toda a diferença para a escolha do cliente pela marca. Quando a disponibilidade atinge o valor desejado pela empresa, a mão de obra é deslocada para outras linhas, que eventualmente estejam com baixa eficiência produtiva e alta demanda.

Radar *lean*: o monitoramento dos resultados é extremamente importante para que todo o trabalho realizado na linha de produção LM-01 tenha continuidade. Para isto, em conjunto com a equipe de qualidade da organização, o indicador Radar *lean* foi desenvolvido e adotado nos indicadores de desempenho estratégico.

Isto garante que a implementação das ferramentas *lean* não seja apenas algo pontual e momentâneo, mas faça parte das rotinas dos líderes e gerentes de todas as demais linhas de produção da empresa. Este indicador pontua todos os pilares do *lean manufacturing*.

Figura 7: Radar *Lean*



Fonte: Própria dos autores (2017)

5. CONCLUSÃO

A partir deste estudo de caso, identificou-se a realidade cotidiana de uma indústria do setor de metal mecânica quanto as suas dificuldades para a implementação de ferramentas *lean* na sua cultura organizacional e em seus processos com intuito de buscar a melhoria contínua, para alcançar o nível de excelência operacional.

Através da realização deste trabalho foi possível concluir que as ferramentas *lean kanban*, *poka-yoke*, fluxo contínuo, balanceamento de operações e *kaizen* tem potencial para gerar excelentes resultados, mesmo quando implementadas em empresas com pouca ou nenhuma cultura de produção enxuta, desde que exista comprometimento da alta direção, foco dos colaboradores e conhecimento tácito agregado ao conhecimento empírico.

É esperado que após o amadurecimento da cultura na empresa os resultados atinjam índices melhores que os apontados neste artigo. A continuidade desse trabalho foi solicitada aos pesquisadores pela direção da empresa, para otimização de todas as demais linhas existentes no parque fabril. Dentre os principais benefícios obtidos pela empresa através deste trabalho, pode-se destacar:

- a) Redução da falta de disponibilidade de componentes nas montagens após a implementação dos cartões de *kanban* nos processos fornecedores e nos processos consumidores, eliminando o desperdício de espera e consequentemente aumentando a produtividade com a sinalização da necessidade de produção para abastecimento no momento certo;
- b) Eliminação das interrupções no fluxo por problemas de qualidade através da utilização de dispositivos a prova de falhas (*poka-yoke*), facilitando as montagens de componentes complexos, reduzindo os tempos de setup e as quebras de máquinas;
- c) Redução da quebra de sequenciamento do planejamento com a implementação do fluxo contínuo para processamento de uma peça por vez;
- d) Através de *kaizen* realizados para melhoria de: Aspectos ergonômicos, reduzindo o afastamento dos colaboradores por problemas de postura; redução do excesso de deslocamentos necessário para produção devido ao

layout incorreto; e diminuição da ociosidade dos colaboradores devido ao desbalanceamento das operações e da incorreta distribuição das tarefas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, et al. *A lógica do sistema kanban na indústria calçadista: análise de um sistema de programação da produção de solados e palmilhas*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, v. 19, 1999.
- ANTUNES, J. et al. *Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta*. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- BARTOLI, I. *Manufatura enxuta voltado para indústrias siderúrgicas que utilizam sistemas de produção sob encomenda: um estudo de caso de uma empresa siderúrgica nacional*. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010.
- CARRAVILLA, M. A. *Layouts: Balanceamento de linhas*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1998.
- CHARKAVORTY, S. S. *An implementation model for lean programmes*. *European Journal of Industrial Engineering*, v. 4, n. 2, p. 228-248, 2010.
- CUA, Kristy O.; MCKONE, Kathleen E.; SCHROEDER, R. G. Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. *Journal of operations management*, v. 19, n. 6, p. 675-694, 2001.
- FERRO, J. R. Apêndice E: a produção enxuta no Brasil. In: WOMACK, P. James; JONES, T. D.; ROOS, D. In: *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- FINNSGÅRD, C. WÄNSTRÖM, C. Factors impacting manual picking on assembly lines: an experiment in the automotive industry. *International Journal of Production Research*, v. 51, n. 6, p. 1789-1798, 2013.
- GHINATO, P. Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente *Just-in-Time*. *Produção*, São Paulo, v. 5, n. 2, dez. 1995.
- GRABAN, M. *Hospitais Lean: melhorando a qualidade, a segurança dos pacientes e o envolvimento dos funcionários*. Tradução Raul Rübenich. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- GREEN, J. C.; LEE, J; KOZMAN, T. A. Managing *lean manufacturing* in material handling operations. *International Journal of Production Research*, v. 48, n. 10, p. 2975-2993, 2010.

GROUT, J. Mistake-proofing the design of health care processes. Agency for Healthcare Research and Quality, Department of Health and Human Services, 2007.

IMAI, M. *Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo*. São Paulo: IMAM, 1994.

LIKER, J. K.; MEIER, D. *O modelo Toyota: manual de aplicação*. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LIKER, J. K. *The toyota way*. Esensi, 2004.

MUNIZ JÚNIOR, J. Modelo conceitual de gestão de produção baseado na gestão do conhecimento: um estudo no ambiente operário da indústria automotiva. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2007.

MIDDLETON, P. *Lean software development: two case studies*. *Software Quality Journal*, v. 9, n. 4, p. 241-252, 2001.

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

MONDEN, Y. *Toyota Production System: Practical Approach to Production Management*. Norcross, USA, Industrial Engineering and Management Press, 1983.

MOURA, R. A. *Kanban: a simplicidade do controle da produção*. São Paulo: IMAM, 1994.

OHNO, T. *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PINTO, J. P. *Lean thinking*. Comunidade *Lean Thinking*, p. 1-6, 2008.

ROTHER, M; SHOOK, J. *Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício: manual de trabalho de uma ferramenta enxuta*. São Paulo: *Lean Institute Brasil*, 2003.

SHINGO, S. *Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos processos produtivos*. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SILVA, C. et al. *Lean Production Implementation: a survey in Portugal and the comparison of results with Italian*. In: UK and USA companies: Paper presented at the EurOMA Conference, Porto. 2010.

SIQUEIRA, J.; OTT, E.; VIEIRA, E. P. O Sistema de Custos como Instrumento de Apoio ao Processo Decisório: Um Estudo em Indústrias do Setor Metal-Mecânico da Região Noroeste do Estado do RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS-ABC. *Anais...*, 2005.

TMB CONSULTING GROUP. *Apostila para Treinamento de Kaizen Chão de Fábrica*. São Paulo, 2000.

TUBINO, D. F. *Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica*. Porto Alegre: Bookman, 1999.

TOLEDO, L. F. Proposta de roteiro de implementação dos conceitos de manufatura enxuta baseado num modelo corporativo. 2002. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2002.

VASCONCELOS, D. C. *Lean e green: a contribuição da produção enxuta e da gestão ambiental para a redução de desperdícios*. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

WOMACK, J. D., JONES, D. T. & ROOS, D. *A máquina que mudou o mundo*. 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

Recebido em 4/12/2017

Aprovado em 18/12/2017