

APLICAÇÃO DO ESTUDO LEAN MANUFACTURING E KAIZEN EM UMA LINHA PRODUÇÃO: ESTUDO DE CASO NA PRODUÇÃO DE EIXOS

Nathalia Monteiro dos Santos
nathalia.santos@aedb.br
AEDB

Resumo: O presente artigo tem como objetivo, através dos conceitos lean manufacturing e Kaizen, melhorar a capacidade de produção da empresa, com aumento diária em 15% com foco na redução dos desperdícios. A realização do estudo de caso é feita numa empresa multinacional, localizada na região Sul-Fluminense, em um complexo modular em atendimento a uma grande montadora. No módulo estudado neste trabalho são produzidos eixos para veículos pesados. A empresa é de origem americana e tem duas unidades no Brasil, sendo uma na grande São Paulo e outra no polo industrial em Resende, sendo esta com um número aproximado de 50 funcionários aproximadamente, incluindo a linha de produção, setor logístico, qualidade, manutenção e administrativo. O estudo foi conduzido inicialmente através de um levantamento de dados da situação da linha de produção específica e após foi realizada uma análise dos dados buscando-se identificar se os gargalos, que ocorria no posto 7 e utilizar os conceitos para que se ocorra uma melhoria. Foi necessário um balanceamento da linha diante do gargalo somente em um dos 12 períodos analisados o recurso referido foi realmente uma restrição e que a implementação do conceito de gargalo foi entendido de forma inadequada pela organização estudada.

Palavras Chave: Sistema Toyota - Gargalo - Lean Manufacturing - Kaizen - Balanceamento

1. INTRODUÇÃO

As empresas sempre buscam o aumento de sua produção de forma estratégica no mercado, onde se permitem estar à frente de seus concorrentes. Assim, para que se tenha um aumento da capacidade da linha de produção sem perda é necessário reduzir desperdícios e custos em seus processos. A padronização desse processo pode ocorrer com a estruturação de técnicas das aplicações dos métodos *lean manufacturing* e *Kaizen*.

O *Lean Manufacturing* contribui com o que se pode chamar de um conjunto de medidas e ferramentas adaptadas como resposta à enorme crise já vivida nos últimos anos e à necessidade das empresas de todo e qualquer ramo de especificação se tornar competitiva ao mercado. Os conceitos inerentes à filosofia regem-se, basicamente, pela eliminação dos desperdícios existentes tendo como consequência direta o aumento da produtividade e da eficiência nas linhas de produção (BASTOS, 2012).

Já o *Kaizen* é utilizado para redesenhar o sistema operacional, para aprimorar e projetar os processos e equipamentos. Para isso, a empresa pode contar com metodologias de melhoria contínua (*Kaizen*), como ciclo PDCA.

Neste trabalho será aplicado a metodologia *Lean Manufacturing* junto a ferramenta *Kaizen* em um cenário real de uma indústria automotiva do Sul Fluminense onde são produzidos eixos para veículos pesados, seu foco é o aumento da capacidade de produção e com qualidade no produto e segurança em seus processos.

2. REFERENCIAL TEORICO

2.1. LEGISLAÇÃO: LIMITE CARGA POR EIXO

O CONTRAN (CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO), através das Resoluções nº 12/98, 184/05 e nº 62/98, regulamentou os artigos 99 e 100 do Código de Trânsito Brasileiro, nos quais constam os limites para dimensões, peso bruto total e peso por eixo, que devem ser observados para todos os veículos de carga que circulam nas vias terrestres. (DNIT, 2001?).

Através da Resolução nº 104 de 21/12/99, o CONTRAN alterou a tolerância para o excesso de peso por eixo de 5% para 7,5%. Dimensões Máximas: Resolução nº 12/98 artigo 1º e Pesos Máximos: Resolução nº 12/98 artigo 2º

Demonstra-se abaixo as dimensões máximas da tolerância por eixo e seu peso;

- Largura: 2,60 m
- Altura: 4,40 m
- Comprimento total: veículo simples: 14,0 m
Veículo articulado: 18,15 m
Veículo com reboque: 19,80m
- Peso Bruto Total por unidade ou combinação de veículos = 45 t
- Pesos Máximos por Eixo

E pode-se ser observado as dimensões máximas por peso, a figura serve para que sege visto de forma clara e obtenha um entendimento visual, dos tipos de eixos que existem, suas rodagens, suspensão, metros entre eixos, carga e limite de tolerância.

EIXO / CONJUNTO DE EIXOS	RODAGEM	SUSPENSÃO	ENTRE-EIXOS (m)	CARGA (kg)	TOLERÂNCIA (7,5%)
Isolado	simples	-	-	⁽¹⁾ 6.000	6.450
Isolado	simples	-	-	⁽²⁾ 6.000	6.450
Isolado	dupla	-	-	10.000	10.750
Duplo	simples	direcional	-	12.000	12.900
Duplo	dupla	tandem	>1,20 ou 2,40	17.000	18.280
Duplo	dupla	não em tandem	>1,20 ou 2,40	15.000	16.130
Duplo	simples+dupla	especial	1,20	9.000	9.680
Duplo	simples+dupla	especial	>1,20 ou 2,40	13.500	14.520
Duplo	Extralarga ⁽⁴⁾	pneumática	>1,20 ou 2,40	17.000	18.280
Triplo ⁽³⁾	dupla	tandem	>1,20 ou 2,40	25.500	27.420
Triplo ⁽³⁾	Extralarga ⁽⁴⁾	pneumática	>1,20 ou 2,40	25.500	27.420

⁽¹⁾ Para rodas com diâmetro inferior ou igual a 830 mm.

⁽²⁾ observada a capacidade e os limites de peso indicados pelo fabricante dos pneumáticos e diâmetro superior a 830 mm.

⁽³⁾ aplicável somente a semi-reboques.

⁽⁴⁾ pneu single (385/65 R 22,5) aplicável somente a semi-reboques e reboques conforme a Resolução nº 62 de 22/05/98 do CONTRAN. A utilização de outros tipos de pneumáticos "single" estará sujeita à Autorização Provisória Experimental - APEX (art. 2º da Resolução Nº 62).

Figura 1: Conjunto eixos

Fonte: Autora

Quando em um conjunto de 2 (dois) ou 3 (três) eixos, a distância entre eixos for maior que 2,40 m, estes serão considerados como eixos isolados. Em qualquer par de eixos ou conjunto de três eixos em tandem, com quatro pneumáticos cada, com os respectivos limites legais de 17 t e 25,5 t, a diferença de peso bruto total (PBT) entre os eixos mais próximos não deverá exceder a 1.700 kg. (DNIT, 2001?).

2.2. SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)

O Sistema Toyota de Produção, conhecido como Produção Enxuta ou *Lean Manufacturing* surgiu no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, creditado primeiramente a Toyota Motor Company, que buscava um sistema de administração para coordenar a produção de acordo com a demanda específica (RICCI, 2013 apud CORRÊA et al, 2012).

De acordo com Justa; Barreiros (2009) apud Mandelli (2016), há uma série de ferramentas do sistema Toyota de produção em que se baseia o Lean manufacturing. para construir a cultura de melhoria contínua é necessário organizar estas práticas e ferramentas de modo que venham a criar um sistema. A partir da interação entre as ferramentas de um dado sistema é que se pode promover uma mudança de cultura.

Pode ser observado algumas destas ferramentas utilizadas no sistema: Programas 5S, *Kaizen*, *Poka-Yoke*, *Jidoka*, *Kanban* entre outras.

Assim, junto à aplicação desta metodologia tem-se seus dois pilares: o primeiro sendo o sistema *just in time* com o conceito de um fluxo entre seus itens corretos necessários à montagem em que chegam a linha de montagem no momento em que são necessárias e somente na quantidade necessária. (MANDELLI,2016).

O segundo é o *Jidoka* (autonomação), que vem buscando o aumento de produtividade com redução de mão de obra. Este conceito foi transferido para a Toyota dando origem ao que conhecemos como autonomação ou *jidoka*. (MANDELLI,2016).

A aplicação do STP é baseada na perspectiva do cliente, a questão básica a ser respondida é “o que o cliente quer com este processo?” – isto define valor. Aos olhos do cliente, pode-se observar um processo e separar os passos que agregam valor dos que não o fazem. (MANDELLI,2016). Demonstra-se abaixo as perdas.

- Superprodução: produção de itens sem demanda, acarreta perdas em excesso de pessoal e estoques desnecessários;
- Espera (tempo sem trabalho): funcionários apenas aguardam o equipamento operar sem qualquer atividade ou simplesmente não tem trabalho devido a falta de estoque;
- Transporte ou movimentação desnecessária: movimento de estoque em processo por longas distâncias, criação de transporte ineficiente;
- Super-processamento ou processamento incorreto: passos desnecessários para a produção de itens, processo ineficiente devido a falta de ferramentas ou projeto de baixa qualidade do produto. Ohno considerava a principal perda, pois geraria os outros tipos de perdas;
- Excesso de estoque: excesso de matéria-prima, estoque de produtos acabados, causando lead times mais longos, obsolescência, produtos danificados, custo de transporte, armazenagem e atraso.
- Movimento desnecessário: qualquer movimento inútil que os funcionários fazem durante o trabalho, tais como procura, pegar e empilhar peças;
- Defeitos: produção de peças defeituosas ou correção
- Desperdício da criatividade dos funcionários: perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver outros funcionários.

2.3. LEAN MANUFACTURING (MANUFATURA ENXUTA)

O *Lean Manufacturing* é um sistema de conjunto de atividades, na qual sua meta é o aumento da capacidade de resposta às mudanças e a minimização dos desperdícios na produção, se constituindo num verdadeiro empreendimento de gestão inovadora.

Para Bastos (2012), a filosofia *Lean* assume-se como uma revolução no mercado em que tem como potencial efetivamente a capacidade produtiva de qualquer empresa. Este conceito nasce do resultado de uma aprendizagem prática e dinâmica dos processos produtivos originários dos setores têxteis e automobilísticos que surgiu cimentado na ambição e nas contingências do mercado japonês.

Assim, o método *Lean* contribui com um amplo conjunto de medidas e ferramentas adaptadas e seus conceitos juntamente pela eliminação dos desperdícios existentes tendo como consequência direta seu aumento e junto a eficiência em suas linhas produtivas.

2.4. KAIZEN

Para Moraes (2003), no Japão obter novos hábitos em sua vida e um ato para se melhorar continuamente, pois após o País ter sido arrasado pela guerra precisou-se erguer-se e à partir deste momento eles implantaram não só nas empresas, porem em suas vidas a filosofia Kaizen, em que nenhum dia deve passar sem que ocorra algum melhoramento.

Segundo Candido (2017), a palavra *Kaizen* originalmente, foi usada para descrever o elemento do sistema Toyota de produção, em que na prática descreve um ambiente propício a empresa e as pessoas que lá trabalham, para que se envolvam de forma proativa para melhoria de seus processos diários.

[...] “a ferramenta *Kaizen* utiliza questões estratégicas baseadas no tempo. Nesta estratégia, os pontos chave para a manufatura ou processos produtivos são: a qualidade (como melhorá-la), os custos (como reduzi-los e controlá-los), e a entrega pontual (como garanti-la). O fracasso de um destes três pontos significa perda de competitividade e sustentabilidade nos atuais mercados globais” (SHARMA 2003 apud AMARAL 2013).

Na melhoria contínua que ocorre dentro da empresa, todos devem participar, incluindo a alta gerência até o chão de fábrica, todos com objetivos em comuns de identificar oportunidades de ganho melhorando a produtividade da organização bem como a satisfação de todos os envolvidos. (AMARAL, 2013).

Pode-se ser listado alguns dos princípios da filosofia *Kaizen* no chão de fábrica, como afirma TBM (1999) apud Moraes (2003):

- Obter objetivos claros nas tarefas a serem executadas;
- Processos em equipe;
- Os membros da equipe *Kaizen* devem ser criativos nas melhorias que podem ocorrer nos setores em que trabalham, porém sem gastos excessivos;
- Obter recursos necessários e resultados com os objetivos dados.

Melhoria	% (Meta)
Aumento Produtividade	40%
Acidente	0%
Redução Refugo	50%
Reclamações Clientes	65%

Figura 2: Objetivo de resultado pela empresa com o *Kaizen*

Fonte: Autora

2.5. ANÁLISE DE TEMPOS E MOVIMENTOS

Para Barnes (1997) apud Stival (2010?) A união dos estudos de tempos e movimentos foi introduzida por Taylor que determinou os tempos padrões de um processo e pelo casal Gilbreth que desenvolveu um estudo para melhoria de métodos de trabalhos, com o objetivo de alcançar um método que mais aproximasse o ideal da forma prática. Assim, por meio de análises, este estudo propôs o melhor método para executar uma tarefa, determinando o tempo que uma pessoa treinada levaria para cumprir tal atividade e assim padronizando esse tempo, objetivando a redução de custos e a eliminação de movimentos desnecessários.

As atividades operacionais de qualquer empresa devem ser desenvolvidas de forma racional, evitando desperdício de tempo, material e energia, sem causar impacto emocional aos funcionários e na qualidade dos produtos. (NEGRA, 2009).

Segundo Peroni (1990) o objetivo do estudo de tempos e movimentos é a eliminação dos movimentos desnecessários, racionalizando-os, reduzindo a fadiga e aumentando a produtividade do operador (GALIETA, 2008). Esse estudo visa:

- Definir a melhor e mais econômica maneira de efetuá-los;
- Desenvolvimento e padronização de sistemas e métodos, ou seja, determinar o tempo gasto por uma pessoa para realizar uma tarefa específica;
- Orientar o treinamento do trabalhador na inserção de um novo método;
- Estudo de tempos ou medidas do trabalho.

2.6. LAYOUT (ARRANJO FÍSICO)

Segundo Santoro; Moraes (2001) apud Menipaz (1984) o projeto de arranjo físico pode ser definido como um conjunto de tarefas envolvidas na localização de alguns departamentos como fabricação, linha de produção, máquinas e na definição de rotas e meios de movimentação apropriados.

O projeto de arranjo físico busca minimizar custos de movimentação, reduzir o congestionamento de materiais e pessoas, incrementar a segurança, o moral e a comunicação, aumentar a eficiência de máquinas e mão-de-obra e apoiar a flexibilidade. (SANTORO; MORAES, 2001)

Pode-se ser baseado na configuração do sistema de produção, assumindo um dos itens listados:

[...] “sistemas orientados a processos (produção intermitente), caracterizados por baixo volume, alta variedade, fluxo de materiais intermitente, máquinas universais, emprego intensivo de mão-de-obra.

Sistemas orientados a produtos (produção contínua), caracterizados por alto volume, baixa variedade, fluxo de materiais contínuo, máquinas especiais, aplicação intensiva de capital”.

2.7. GARGALO

A definição de gargalo pode ser visualizada como qualquer estágio em um sistema que tenha o maior efeito na diminuição do ritmo ou na parada completa de um sistema, mesmo que somente por um instante ou até mesmo a média consumida de tempo por um período mais longo. (OLIVEIRA et al. 2015 apud ROSER et al 2002). Já segundo Oliveira et. al (2015) apud Goldratt (1992) define gargalo como qualquer recurso cuja capacidade seja igual ou menor que a demanda exigida deste recurso.

De acordo com Oliveira et al. (2015) citado por Lawrence e Buss (1995), existem três tipos de definição:

- Definição de curto período, é de que em um longo período a demanda não irá se sobrepor a capacidade, mas que em um curto período isso realmente pode ocorrer, mas a capacidade produtiva irá crescer e alcançar a demanda, ou então, ocorrerá uma perda suficiente de mercado para que novamente a demanda seja reduzida abaixo da capacidade
- Definição de inventário, é de que ao andar pela fábrica já será possível visualizar onde existe a maior pilha de inventário esperando para ser processada
- Definição de produção, é de recursos que mais são utilizados em uma planta. Geralmente, em um horizonte amplo de planejamento, estes são os entraves de aumento dos ganhos.

2.8. BALANCEAMENTO DE OPERAÇÕES

O balanceamento de uma linha de produção consiste em uma distribuição de tarefas às diversas estações de trabalho de forma que todas elas demandem aproximadamente o mesmo tempo para execução das tarefas designadas. Isso, auxilia na diminuição do tempo ocioso que poderá ocorrer na linha de produção.

[...] “as linhas com bom nível de balanceamento apresentam um fluxo suave e contínuo de trabalho, porque todos os operadores trabalham no mesmo ritmo, obtendo-se o maior grau de aproveitamento possível da mão-de-obra e dos equipamentos. A principal dificuldade em balancear uma linha de produção está na formação de tarefas, ou conjuntos de tarefas, que tenham o mesmo tempo de duração. Muitas vezes algumas tarefas longas não podem ser divididas e algumas tarefas curtas não podem ser agrupadas, o que dificulta o balanceamento” [...]. (AGUIAR,2007)

Segundo Aguiar et al. (2007) para auxiliar no balanceamento, tem-se um conjunto de procedimentos para realização.

- Dividir as operações de trabalho em elementos de trabalho que possam ser executados de modo independente;
- Levantar o tempo padrão para cada um dos elementos de trabalho, por meio de criteriosa cronoanálise;
- Definir a sequência de tarefas adequada;
- Desenhar um diagrama de precedências;
- Calcular o tempo de duração do ciclo e determinar o número mínimo de estações de trabalho;
- Atribuir as tarefas às estações de trabalho, seguindo a ordem natural de montagem. A seguinte regra deve ser levada em consideração para determinar as tarefas que podem ser atribuídas a cada estação:
- Todas as tarefas precedentes já devem ter sido alocadas;
- O tempo da tarefa a ser alocada não deve ser superior ao tempo que resta para a estação de trabalho;
- Quando houver mais de uma tarefa que pode ser alocada, preferir à tarefa que tenha maior duração ou a que estiver mais no início da montagem, ou seja, que tenha mais tarefas subseqüentes;
- Quando não houver nenhuma tarefa que possa ser alocada para a estação de trabalho, passar para a estação de trabalho seguinte, até completar toda a linha de produção.
- Verificar se não existe outra forma mais adequada de balanceamento, buscando deixar a mesma quantidade de tempo ocioso em cada estação de trabalho;
- Calcular o percentual de tempo ocioso e o índice de eficiência para a linha de produção.

2.9. TAKT TIME

Para Rocha (2008) apud Bonato (2019), balancear uma linha é dividir o trabalho, o mais racionalmente possível, entre os diferentes postos que compõem a linha, de forma que pode minimizar a quantidade de postos, de pessoas, e a ociosidade deles.

No sistema toyota de produção, uma medida da taxa média de demanda do cliente, expressa em tempo de unidade. Um takt time de 60 segundos em uma montadora significa que um carro deve sair no fim da linha a cada 60 segundos (Liker 2013, p. 33 apud Bonato 2019).

O takt time utilizado na fábrica busca atender a três propósitos, conforme descritos abaixo:

- Obtenção de alta produtividade através de trabalho dedicado" - entenda-se "trabalho dedicado" como "trabalho eficiente, sem qualquer perda de movimento";
- Balanceamento da linha em todos os processos em termos do tempo de produção" - neste caso, o termo "processo" utilizado por MONDEN (1984) se refere às interseções entre as funções Processo e Operação do MFP; trata-se, de fato, do "processamento" (transformação das características de qualidade) dos materiais;
- Manutenção de uma "...quantidade mínima de material em processo".

3. METODOLOGIA

O trabalho consiste em uma análise dos processos de fabricação dos eixos Tandem, MS e TGX, como visão voltada a metodologia Lean objetivando redução de desperdícios e aumento da capacidade de produção. Para isso foi realizada uma revisão bibliográfica conforme descrito a seguir.

Para realização deste trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica e acervo eletrônico como o Google Acadêmico e Scielo, utilizando os termos “metodologia Lean”, “produção de eixos” e “kaizen”. Foram selecionados artigos do período 01/2009 até 12/2019.

Como resultado desta revisão bibliográfica obteve-se toda a fundamentação teórica sobre eixos e suas respectivas variações, bem como a legislação vigente referente a classificação de limites de carga.

Para referencial teórico das ferramentas utilizadas no caso estudado por este trabalho buscou-se o embasamento do sistema Toyota de produção, aplicação de conceitos como just-in-time e Jidoka (automação), também foi explorado a conceituação de Lean Manufacturing com ênfase em eliminação de desperdícios.

Ao aplicar os conceitos, foi realizada uma análise da situação inicial da empresa. Neste estudo de caso temos a metodologia Kaizen, melhoria contínua, e alguns métodos utilizados a fim de garantir sua aplicação:

Análise de tempos e movimentos, que no estudo de caso ocorreu através de vídeos operacionais e tomada de tempo com a utilização de um cronometro afim de definir a média a ser utilizada para encontrar os processos gargalos a serem otimizados. A ferramenta utilizada pela empresa para essa análise é chamada FEP e um exemplo de modelo pode ser visto na figura 6.

Definição dos processos de gargalos, foi realizado junto ao time kaizen no chão de fábrica, um balanceamento na linha para que fosse possível entender de forma clara onde ocorria gargalo e analisar o que pudesse ser feito.

A partir dessas análises foram propostas melhorias no processo e layout e repetidas as mesmas análises, com as mesmas ferramentas para verificação de eficácia.

Aquelas que se mostraram eficientes foram aplicadas através de atualização nas folhas de processo.

Essa sequência de trabalho, pode ser compreendida esquematicamente conforme indicado na figura 6.

Todas as informações contidas nesta parte foram modificadas para garantir o sigilo das mesmas, consistem em uma representação de uma situação real com dados alterados. A utilização destes dados foi autorizada e verificada pela empresa.

Verificou-se a aplicação do STP, Lean Manufacturing junto ao Kaizen, onde foi adaptado de acordo com a necessidade da capacidade de produção.

Segundo histórico da empresa, no ano de 2019 foram produzidas média 160 eixos/dia. Porém com perdas significativas como defeitos (Refugo), e ociosidade em espera (Tempo).

A demanda da mesma é de aproximadamente 170 eixos/dia, porem infelizmente devido a situação da pandemia atual (COVID-19), a demanda do cliente diminuiu com um valor de produção em 135 eixos/dia.

Com isso houve uma mudança a partir da média de eixos/ dia produzido com a quantidade de operadores na fábrica.

A empresa trabalha atualmente com um turno único de 480 minutos/dia, contando com horário de almoço, pausa de 60 minutos.

4.1 CONDIÇÃO INICIAL

No processo de montagem de eixos analisados, são produzidos 3 modelos, o fluxo conta com 18 postos ocupados por 25 operadores.

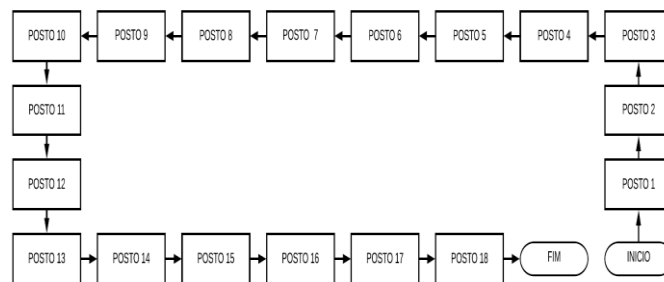


Figura 6: Fluxograma estado inicial, linha produção.

Fonte: Autora

Foi realizada a filmagem de todos os postos de trabalho onde foi possível cronometrar o tempo médio de cada operador do início ao fim das atividades definidas para os postos, onde foi possível identificar o gargalo principal que era do posto 07, conforme imagem abaixo.

Postos	Tempo Médio
1	00:01:26
2	00:01:29
3	00:00:59
4	00:03:06
5	00:02:53
6	00:02:00
7	00:03:42
8	00:02:38
9	00:03:10
10	00:02:38
11	00:02:15
12	00:02:09
13	00:02:52
14	00:02:43
15	00:02:34
16	00:03:15
17	00:02:48
18	00:02:55
Total	00:45:32

Figura 7: Tomada de tempos da linha do estado inicial

Fonte: Autora

As operações no posto 07 consistem em operações sequenciais de aperto onde os operadores realizam apertos nos eixos, existe um controle de processo dos apertos que é monitorado e registrado por uma máquina. Verificou-se que muitas das vezes é necessária a paralização das operações para liberação manual da máquina.

4.2 PROPOSTA

Para desenvolvimento da proposta foi realizada uma sessão de brainstorming com uma equipe multifuncional com representantes dos times de produção, logística, engenharia de processo e qualidade. Com base no estudo da situação inicial da linha, foi proposto um balanceamento da linha, com objetivo de otimizar atividades de postos, com foco na eliminação dos desperdícios apresentados pela metodologia Lean Manufacturing.

Foi utilizado á metodologia Kaizen, de forma a modelar as etapas, ações, responsáveis e apresentar a eficácia dos resultados obtidos de forma rápida, objetiva e precisa. Teve-se como premissas, baixa necessidade de investimentos e melhorias rápidas de serem implementadas.

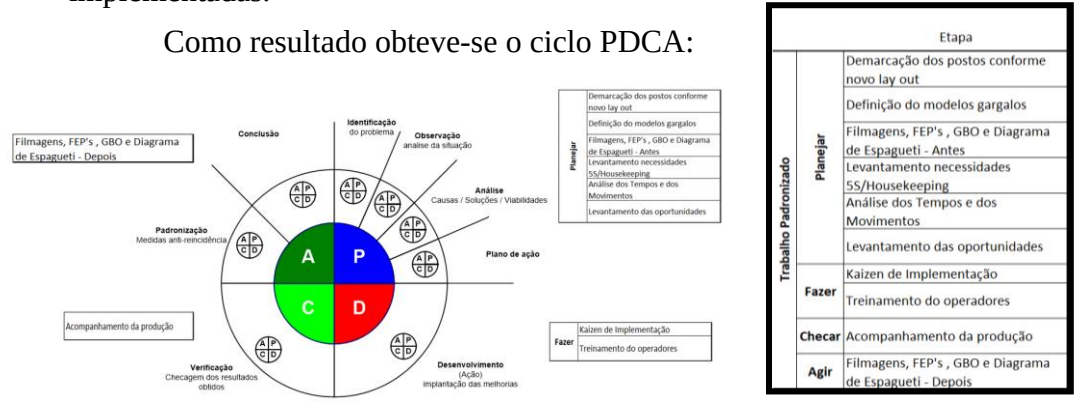


Figura 8: Ciclo PDCA Otimização da Linha

Fonte: Autora

Como próxima etapa realizou-se a semana do kaizen em seu chão de fábrica, na qual obteve-se uma melhor definição dos objetivos para chegar aos resultados esperados. Nesta atividade foi divulgado o quadro abaixo afim de direcionar as atividades.



Figura 9: Mindset Semana Kaizen

Fonte: Autora

Na semana agendada o Evento Kaizen com o time multifuncional se dedicou ao levantamento de dados durante os dois primeiros dias. O representante de cada área explicou detalhes do processo apresentou ideias e ações.

Assim, foram descritos de uma maneira mais ampla as características da área, operações realizadas e o fluxo do processo. Após o embasamento teórico, os participantes foram conhecer “in loco” o funcionamento do processo. Depois de concluída essa etapa de conhecimento macro da área, foram apresentados e analisados todos os planos de processos dos postos de trabalho pertencentes à linha.

Como na próxima etapa foi realizado o levantamento de ideias para o balanceamento, destacou-se para a equipe que a sequência lógica de montagem deveria ser garantida no momento da distribuição das operações nos postos de trabalho.

De posse dos dados relevantes o time realizou o chamado “brainstorming”, para levantar sugestões de melhoria visando o alcance das metas propostas.

1- Alto Impacto/Baixa dificuldade	- Balancear linha com 10 postos - Marcação deste novo layout	- Treinamento dos operadores diante deste balanceamento - Realizar descrição dos processos por postos por modelo (eixo) - Cronometrar diante das descrições seus tempos para ver se esta com takt time esperado - Realizar filmagem para padronização	3- Alto Impacto/Alta Dificuldade
	2- Baixo Impacto/Baixa Dificuldade	4- Baixo Impacto/Alta Dificuldade	
(2 dias)		(90 dias)	

Figura 10: Quadro ideias “Brainstorming”

Fonte: Autora

O quadro de ideias auxilia a priorização da ideia mais simples, de fácil implementação, e que trazem maior resultado para o alcance das metas. Todas as ideias são discutidas e avaliadas quanto aos benefícios que podem ser gerados no processo e quanto a real necessidade de implantação. Dessa forma, nem todas as ideias geradas no brainstorming são aprovadas e implantadas.

Com o foco de otimização da linha, a redução de gargalos com baixo custo foi um dos desafios propostos, como o principal gargalo da linha era o posto 07, a proposta era realização de um estudo de tempos e movimentos afim de melhorar o tempo das operações e reduzir ou eliminar o gargalo criado por este posto.

4.3 RESULTADOS OBTIDOS APÓS APLICAÇÃO DA PROPOSTA

No estudo de balanceamento da linha verificou-se a possibilidade de redução de 8 postos de trabalho, realizou-se um teste de 3 dias de produção com acompanhamento do time multifuncional afim de verificar os impactos. Foi possível compactar atividades similares, gerando uma nova tomada de tempo, apresentada na tabela abaixo:

Postos	Tempo Médio
1	00:03:10
2	00:02:57
3	00:03:32
4	00:02:59
5	00:02:53
6	00:03:00
7	00:02:40
8	00:03:47
9	00:03:45
10	00:04:00
Total	00:32:43

Figura 11: Tempos Médios da Condição Final da Linha

Fonte: Autora

O gráfico, a seguir, apresenta o balanceamento de todos os postos pertencentes à linha de produção, antes do Kaizen e depois.

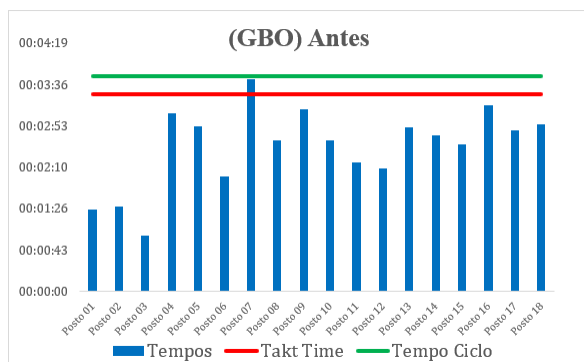


Figura 12: Gráfico balanceamento de operações
Fonte: Autora

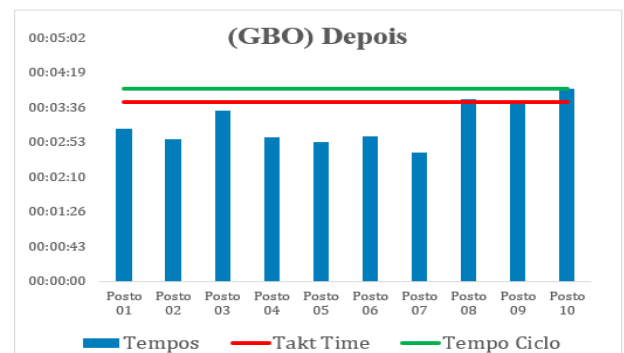


Figura 13: Gráfico balanceamento de operações
Fonte: Autora

Verifica-se que o tempo médio dos postos aumentou, este aumento se deu a nova divisão de atividades, porém quando a soma deste tempo, tivemos uma redução de 00:12:49 em média, o que gera um ganho de produtividade de 20% no tempo geral.

Infelizmente devido a situação da pandemia atual (COVID-19) a demanda do cliente diminuiu e esta nova produtividade.

No posto 07 verificou-se que o alto tempo era devido a parada das operações 90% das vezes devido a erro na máquina de aperto, o que necessitava de liberação manual dos operadores para continuar a operação. Este erro era devido a falta de atualização do software da máquina que não estava ajustado com o controle de produção, gerando assim um erro no eixo mais comum na linha.

Após esta atualização foi tomada novamente os tempos e obtivemos um tempo médio de 00:02:40, ou seja, uma redução de 00:01:02 que aumentou a eficiência do posto em 27%.

E possível diante deste gráfico de balanceamento a visualização dos três últimos postos, em que seus respectivos tempos são maiores, porem devido a quantidade de atividades nos processos.

4.4 PADRONIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES APLICADAS

Para padronização do novo fluxo foi divulgado internamente o novo fluxo da linha, conforme figura abaixo:

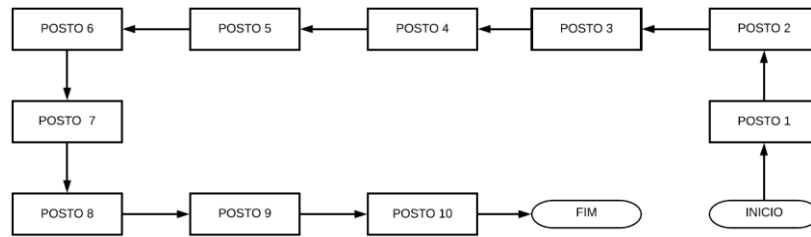


Figura 14: Fluxograma Estado final

Fonte: Autora

Além desta divulgação interna, foi realizado o treinamento dos operadores considerando a nova configuração de linha e divisão das atividades, foi necessária ações da produção e engenharia de processo para atualizar todos os documentos internos como instruções de trabalho e fichas de controles.

5. CONCLUSÃO

Através de pesquisas e levantamentos de dados ilustrando de forma objetiva e simplificada a prática da metodologia *lean* junto a *Kaizen*, onde foi possível constatar a importância da mesma e sua aplicabilidade baseadas nos resultados do Evento *Kaizen*.

O tempo médio dos postos aumentou, devido a nova divisão de atividades, porém quando verificada a soma deste tempo, obteve-se uma redução de 00:12:49 em média, o que gera um ganho de produtividade de 20% no tempo geral.

Cabe ressaltar que a duração do Evento *Kaizen*, conforme procedimento padronizado implantado na empresa é de apenas uma semana, e, portanto, pode-se considerar que o alcance das metas foram possíveis devido ao intenso trabalho e envolvimento da equipe que se empenhou para que os resultados fossem os melhores.

Contudo que foi exposto também, a filosofia *kaizen* tem foco e se baseia em trabalho de equipe, pois o *mindset* das ações e o sucesso dos resultados advém da criatividade de cada ideia proposta no quadro “*Brainstorming*”.

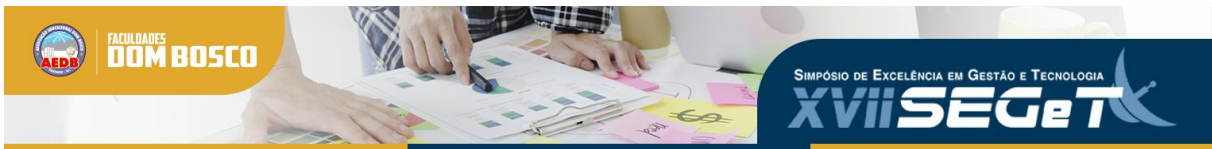
O objetivo das atividades dos postos diante da otimização que houve na linha de 18 postos para 10 e dos desperdícios reduziu-se o tempo de ociosidade entre operações, e obteve a redução do tempo de set up repetitivo por excesso de troca de modelo, por meio de melhor sequenciamento de produção.

A maior diferença evidenciada durante as atividades foi a redução de 8 postos de trabalho e uma divisão das atividades, outra alteração que causou grandes resultados foi a resolução do gargalo gerado no posto 7 devido a uma atualização de máquina que levou a uma redução de 2 minutos no tempo médio de ciclo do posto.

Porém outro ponto que foi notado é que os últimos postos devido à grande quantidade de controles de qualidade que apresentam em sua definição não puderam sofrer grandes alterações devido a criticidade destes controles e garantia da qualidade do produto final afim de garantir a qualidade para o cliente.

Com a nova divisão de atividades por postos foi necessária uma ação conjunta para formalização e nova padronização das atividades, esta atividade contou com times da engenharia de processo, logística e qualidade, de forma que todos os documentos relacionados a produção sofreram alterações e todos os operadores foram retreinados em seus postos.

Confirmou-se que o novo balanceamento da linha possibilitou de redução de 8 postos de trabalho, 00:12:49 minutos em média. Todos esses dados foram validados em um teste de 3 dias de produção com acompanhamento do time multifuncional, que confirmou os



impactos. Desta forma, foi gerado um aumento de capacidade produtiva da linha de 20 %, superando o objetivo inicial do projeto que era de 15%.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. P.; FORTES, A. S. Análise da Carga Móvel em Pontes e Viadutos Rodoviários. IN: IX Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.abpe.org.br/trabalhos2016/161.pdf>

ANTÔNIO, Sergio Francisco. Estudo da Sobrecarga Dinâmica em Caminhões por Meio de Medições Diretamente no Veículo. Universidade estadual de campinas faculdade de engenharia mecânica. Dissertação de mestrado acadêmico para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. Campinas, 2005. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/263951/1/Antonio_SergioFranciscoDela_M.pdf

AMARAL, Eliane Domingos. Ganhos ambientais e econômicos na redução de consumo de aço em uma indústria de autopeças pela aplicação da filosofia kaizen. Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Profissionalizante em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/106947/318496.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ALVAREZ, Roberto dos reis et al. Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2001000100002&script=sci_arttext

AGUIAR, Giancarlo F.; PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre R. Simulações de arranjos físicos por produto e balanceamento de linha de produção: o estudo de um caso real no ensino para estudantes de engenharia. IN: COBENGE, 2007. Disponível em: <http://www.dainf.ct.utfpr.edu.br/~agraeml/ParticipacaoEventos/Cobenge/cobenge2007.pdf>

BASTOS, Bernardo Campbell. Aplicação de lean manufacturing e uma linha de produção de uma empresa do setor automotivo. 2012.

SANTORO, Miguel Cezar; MORAES, Luiz Henrique. Planejamento e projeto de arranjo físico (plant layout) de uma fábrica de motores. IN: ENEGE. 2001 Disponível em: https://www.academia.edu/download/56216221/Artigo_-_Arranjo_Fisico_Motores.pdf

CANDIDO, Maurício da Silva. Aplicação da metodologia Kaizen para identificação de melhorias no processo de montagem em empresa do setor metal-mecânico. 2018.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Limites Gerais. [2001?]. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/Pesagem/qfv%20pdf.pdf>. Acesso em 14 Abr. 2020.

FERNANDES, Simone Tavares; Marins, Fernando A.S. Aplicação do lean six sigma na logística de transporte. Universidade Estadual Paulista. UNESP. Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v.12, n. 2, p. 297-327. Guaratinguetá, SP. 2012. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/763/907>

GALIETA, Bárbara Cristina. Melhoria da Produtividade do Setor de Acabamento Utilizando Estudo de Tempos e Movimentos: Um Estudo de Caso. Monografia apresentada no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM. Maringá/Paraná, 2008. Disponível em: <file:///C:/Users/montn/Downloads/1336-2830-1-SM.pdf>

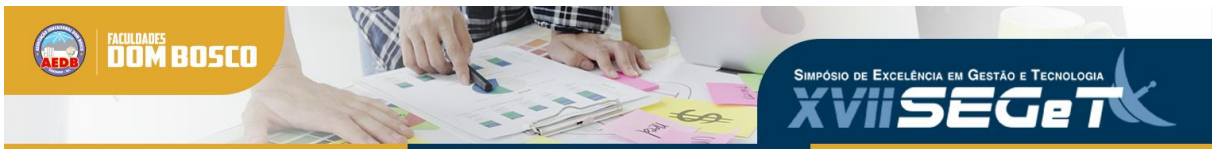
MANDELLI, Felipe Luís. Práticas Lean Manufacturing e métricas de desempenho em empresas do setor automotivo da Serra Gaúcha. 2016.

MARTINS, Carlos Diego; SOUZA, Alvaro Silva; FERNANDES, Lucas Athayde; PENA, Heriberto Wagner. Rearranjo do layout produtivo por meio do estudo de Tempos e movimentos em uma empresa de grande porte no setor madeireiro. Revista Observatório de la Economía Latino-americana. 2018. Disponível em: <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/02/tempos-movimentos-madeira.html>.

MORAES, Ricardo Ferraz et. al. Filosofia kaizen aplicada em uma indústria automobilística. X SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção – novembro 2003 – Bauru - SP

NEGRA, Carlos Alberto Serra et al. Redução de custos pelo estudo de tempos e movimentos aplicados em manufatura de aço inoxidável em pequena empresa. IN: XVI Congresso Brasileiro de Custos. Fortaleza/Ceara, 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/montn/Downloads/934-934-1-PB.pdf>.

OLIVEIRA, Fernando et al. Proposta de melhorias no balanceamento de uma linha de montagem de eixos em uma montadora de veículos pesados. IN: ENEGEP. 2016



OLIVEIRA, Luciano Vanlente; BONATO, Samuel Vivicius; CASSEL, Ricardo Augusto; CATEN, Carla Schwengber. Utilização do conceito de gargalos em uma linha de produção - uma análise da interpretação do conceito. IN: ENEGEP, 2015. Disponível em: www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_219_27447.pdf

PEREIRA, Cristina Alves dos Santos. Lean manufacturing: aplicação do conceito a células de trabalho. Tese de Doutorado. Universidade da Beira Interior. 2010.

RICCI, Mayara Rohenkohl. Sistema toyota de produção: um estudo na linha de produção em uma indústria de confecção de ternos. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013.

SANTORO, Miguel Cezar; MORAES, Luiz Henrique. Planejamento e projeto de arranjo físico (plant layout) de uma fábrica de motores. IN: ENEGE. 2001 Disponível em: https://www.academia.edu/download/56216221/Artigo_-_Arranjo_Fisico_Motores.pdf

SAITO, Kyosuke Siqueira. Estudo de viabilidade técnica sobre uso de ligas de alumínio na fabricação de eixos traseiros trativos para aplicação em veículos comerciais. Dissertação de mestrado apresentado ao programa de Engenharia de materiais. São Paulo, 2012.

STIVAL, Silvia Wilk et al. Estudo de tempos e movimentos: análise do processo produtivo na confecção de camisetas. IN: Simpósio de Engenharia de Produção. Goiás, (2010?) Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/ESTUDO_DE_TEMPOS_E_MOVIMENTOS_an%C3%A1lise_do_processo_produtivo_na_confec%C3%A7%C3%A3o_de_camisetas.pdf