



MATEUS ELISEI MAGALHÃES

**INTEGRANDO A FILOSOFIA *LEAN* NA BUSCA DE
MELHORIAS EM UM PROCESSO DE MONTAGEM
AUTOMOBILÍSTICO**

LAVRAS – MG

2020

MATEUS ELISEI MAGALHÃES

**INTEGRANDO A FILOSOFIA *LEAN* NA BUSCA DE MELHORIAS EM UM
PROCESSO DE MONTAGEM AUTOMOBILÍSTICO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Mecânica, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Joelma Rezende Durão Pereira
Orientadora

LAVRAS – MG
2020

RESUMO

O cenário da indústria automobilística encontra-se cada vez mais competitivo. Com isso, a indústria de manufatura tem como objetivo a busca de um processo de fabricação otimizado, aliados a redução de custos e garantindo alto padrão de qualidade. Dentro desse ambiente, encontra-se a filosofia *Lean*, que visa com suas técnicas e conhecimentos tornar as indústrias do ramo de manufatura em geral mais competitivas. Nesse trabalho foi proposto a apresentação de conceitos, definições e ferramentas baseadas na filosofia *Lean*, necessárias para otimizar o processo de um componente automotivo. O estudo foi realizada em um montadora de veículos situada no interior do estado de São Paulo, com intuito de analisar o processo de montagem de portas dos veículos. Utilizou-se os 5 princípios do *Lean*, as análises dos 7 tipos de desperdícios e ferramentas que auxiliaram no estudo dos tempos de operação da montagem. Afim de se ter maior entendimento da situação, gráficos de *Yamazumi* foram desenvolvidos para a linha de montagem, e notou-se que haviam situações fora dos conceitos definidos ideais pela filosofia *Lean*, tais como superprodução e desbalanceamento da linha. Como resultado da aplicação da filosofia *Lean*, reduziu-se um operador por turno da linha de montagem das portas, além de um número adequado de *buffer* para a linha principal de montagem dos carros. Tais medidas promoveram redução de custos e otimização, concluindo assim que a filosofia *Lean* traz benefícios de suma importância para ter-se indústrias de manufatura cada vez mais sustentáveis economicamente, em um cenário onde a competitividade, crises econômicas globais e baixa valorização da moeda nacional são acentuadas.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*. Desperdícios. Melhorias. Perdas. Eficiência

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Os pilates do WCM	19
Figura 2.2 – Representação do Modapts	20

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 – Planilha de tempo ciclo para as estações.	25
Quadro 4.2 – Planilha de tempo ciclo para as estações - Continuação.	26
Quadro 4.3 – Planilha de tempo ciclo balanceado por estação.	30
Quadro 4.4 – Planilha de tempo ciclo balanceado por estação - Continuação.	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.1	Conceito de <i>Lean Manufacturing</i>	7
2.2	As sete perdas descritas pelo <i>Lean</i>	9
2.2.1	Produção em excesso (superprodução)	9
2.2.2	Espera	10
2.2.3	Processamento desnecessário	10
2.2.4	Estoque	10
2.2.5	Transporte	11
2.2.6	Movimentação	11
2.2.7	Correção	11
2.3	Cinco princípios básicos do <i>Lean</i>	11
2.4	Principais ferramentas do <i>Lean</i>	13
2.5	Vantagens da aplicação do <i>Lean</i>	17
2.6	<i>World Class Manufacturing</i>	18
2.7	Modapts	20
2.8	Gráficos de <i>Yamazumi</i>	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
5	CONCLUSÕES	33
	REFERÊNCIAS	34
	APENDICE A – Gráfico de <i>Yamazumi</i>	36
	APENDICE B – Gráfico de <i>Yamazumi</i> balanceado	37

1 INTRODUÇÃO

Normalmente, as empresas do ramo automobilístico deparam-se com um mercado cada vez mais exigente e competitivo. Há necessidade em produzir com extrema qualidade e menor custo, sendo de suma importância a utilização de ferramentas e filosofias que auxiliem os processos de produção na indústria. Diante desse mercado altamente competitivo, busca-se uma diferenciação dos produtos pela qualidade e eficiência. Um dos meios de diferenciação está na atribuição de valor agregado dos produtos da empresa, utilizando um processo de fabricação cada vez mais enxuto e inteligente. Para tanto, as organizações buscam implementar filosofias de gestão conhecidas como *Lean*.

A implementação da gestão *Lean* aos processos de produção é um pilar das indústrias para manterem-se no mercado, buscando técnicas e novos conhecimentos que as tornem amplamente competitivas. A filosofia de gestão *Lean* baseia-se na redução das atividades que não agregam valor ao produto, ou seja, que não agregam valor ao consumidor final em funcionalidade ou efetividade, citando-se os desperdícios.

Conhecida mundialmente como *Lean Manufacturing* e no Brasil como Produção Enxuta o pilar desta filosofia é combinar novas técnicas gerenciais com o intuito de otimizar todos os processos presentes na empresa, evitando quaisquer tipos de desperdícios, aumentando a produtividade e mantendo os padrões de qualidade. Os resultados alcançados pela maioria das organizações que adotaram esta filosofia de gestão têm sido satisfatórios, permitindo alcançar melhorias consideráveis em seu processo com menos esforço humano, menos espaço e menos tempo.

A filosofia de gestão *Lean* quanto à produção está, frequentemente, associada à implementação de conceitos como a filosofia *Just In Time* (JIT), as metodologias 5“S” e *Kaizen* (melhoria contínua), *Takt time*(TT), *Lead Time*, entre outros, que contribuem para a melhoria contínua dos processos de produção das organizações.

Vários são os problemas nos processos industriais. Cita-se um que interfere diretamente em acúmulo de desperdícios segundo a filosofia *Lean*. Em linhas de montagem de componentes automobilísticos, por exemplo, há problemas em uma linha de produção não balanceada devido ao acúmulo de estoque e saturação desproporcional dos operadores.

Baseado nestas observações, o presente trabalho tem como objetivo geral a proposta de apresentar conceitos, definições e ferramentas necessárias às decisões de alta gerência para as cadeias de processos de toda a fábrica e empresa, com visões macro e micro, baseando-se

nos princípios do sistema Toyota de produção, voltados às estratégias ligadas aos conceitos de Produção Enxuta.

Como objetivo específico tem-se proposto:

- Conceituar e entender os princípios da filosofia Lean;
- Analisar e descrever os desperdícios dos processos de montagem de uma linha de produção de portas dentro da indústria automobilística;
- Aplicar os conceitos Lean para redução e melhor balanceamento da linha de produção das portas dentro da indústria automobilística.

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram utilizadas pesquisas bibliográficas e literaturas relacionadas aos meios de produção. Além do mais, fez-se um estudo de caso. A pesquisa bibliográfica baseou-se em publicações científicas das áreas de engenharias mecânica e de produção, com literaturas relacionadas ao modelo Toyota de produção. O estudo de caso foi desenvolvido, em sua totalidade, pela vivência e participação na resolução do problema de um cenário real de uma montadora de veículos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceito de *Lean Manufacturing*

As empresas para manterem-se no mercado precisam buscar técnicas e novos conhecimentos tornando-as 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 preços competitivos no mercado, associados a lei da oferta e demanda.. 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, surge a necessidade de uma filosofia com tais propósitos, que objetiva reduzir desperdícios, enxugar processos e, paralelamente, ganhar qualidade. Tal filosofia é conhecida como *Lean Manufacturing*.

Womack and Jones(2015) citam que o implemento da gestão *Lean* em qualquer meio produtivo implica em “metade do esforço humano na fábrica, metade do espaço de fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de engenharia para desenvolver um produto. Além disso, requer menos do estoque necessário no local de trabalho, resultados com muito menos defeitos e produção de uma maior e sempre crescente variedade de produtos”. Shah e Ward (2007) definiram esta filosofia como "um sistema sócio-técnico, cujo principal objetivo é eliminar o desperdício, reduzindo ou minimizando fornecedores, clientes e a variabilidade interna de uma organização". Já Hopp e Spearman (1996) definem *Lean Production* como “a produção de bens e serviços que minimizam os custos associados a elevados *lead time* (tempo de produção de um produto mais o tempo de entrega) ou, excesso de estoque ou de capacidade.”

A filosofia *Lean Production* surge no final da Segunda Grande Guerra Mundial (1939-45) e durante períodos de crise, quando o Japão deparou-se com enormes dificuldades que se traduziram na indústria automobilística. Segundo Ohno(1997,p.31) “ Durante a reabilitação do pós guerra e a indústria automotiva japonesa viveu momentos difíceis. A produção doméstica em 1949 foi de 25.622 caminhões e apenas 1.008 carros de passeio. Apesar da produção doméstica parecer insignificante, a fabrica Toyota estava cheia de pessoas ansiosas tentando fazer algo. As palavras do Presidente Toyota de alcançar os Estados Unidos geravam esse espírito”. Os entraves relacionados a falta de recursos (pessoas, espaço, materiais, conhecimento.) obrigaram as organizações automotivas japonesas a utilizarem métodos e filosofias que a deixassem competitivamente em comparação com as principais montadoras americanas e europeias.

Diante desse cenário, as indústrias asiáticas, em particular a japonesa *Toyota Motors Company* (TMC), perceberam que a única saída para sobreviverem à crise, de forma sustentável, era pela disponibilização de produtos que se destacam dos concorrentes ocidentais, pela variação e diversificação de produtos, mantendo a elevada qualidade, o baixo custo e reduzidos tempos de entrega ao cliente, utilizando os crescentes métodos de *Lean Manufacturing* desenvolvido por eles (WOMACK; JONES, 2015).

Com esses conceitos consolidados e prontos para serem rapidamente utilizados, visto a necessidade de bons resultados, a TMC desenvolveu o Sistema Toyota de Produção, *Toyota Production System* (TPS), que apresenta como principais objetivos a eliminação dos desperdícios e foco na satisfação do cliente.

A TPS, em suma, definia que a melhoria da qualidade passava, essencialmente, por reduzir as falhas e o retrabalho nos processos de produção. Com relação aos custos, o objetivo era naturalmente reduzi-los de forma inteligente e assim reduzir os custos dos investimentos, de não qualidade, dos serviços, de manutenção dos equipamentos, de matéria-prima, os custos das horas extras, entre outros. Finalmente, na fase de entrega dos produtos ou serviços, era necessário ter em atenção a importância na redução dos tempos de entrega e de processo de produção, na redução das matérias-primas, produtos semi-acabados e acabados e, por sua vez, em aumentar a disponibilidade dos equipamentos (WOMACK; JONES, 2015)

Segundo Nogueira (2010), “a filosofia *Lean Production* ligada diretamente ao TPS, revolucionou o setor automobilístico e é hoje utilizada com grande sucesso por outras organizações dos mais variados setores (retalho, bancos, TI, saúde, instituições governamentais, entre outros) que adaptaram o TPS às suas necessidades, tornando-o no seu modelo operacional”.

Sumarizando, o ponto chave da teoria está em “maximizar a quantidade de produto entregue e, ao mesmo tempo, minimizar os recursos, nomeadamente matérias-primas, mão-de-obra, espaço, entre outros” (McGraw-Hill, 2003). Segundo Womack e Jones (2015), esta filosofia de gestão deve ser aplicada em todas as áreas de uma organização, desde o setor de vendas, compras, finanças e recursos humanos. Deve-se priorizar as áreas onde o desperdício é maior, oferecendo maiores oportunidades de melhoria, as quais geram impactos substanciais ao negócio.

Dessa maneira, esta filosofia surgiu na década de 50 na Toyota quando seu mentor, o executivo Taiichi Ohno (1912-1990) implementou o sistema de produção citado acima, que visava a redução de desperdícios com aumento de produtividade e qualidade.

Muda - essa é a palavra em japonês que tem tradução para a língua inglesa como sendo *waste*, ou, em português, desperdícios. Quando Ohno fazia suas visitas às fábricas de processos de manufatura identificava uma série de mudas contemplando desperdícios de esforços, materiais, tempos e que não agregam nenhum valor ao processo. Ohno classificava os sete tipos de desperdícios em: superprodução, espera de ferramental, processamento desnecessário, estoque de matéria prima ou produto final, transporte, deslocamento desnecessário e correção de trabalho. Felizmente, existe um fortíssimo antídoto para o muda: *lean thinking*. De forma resumida, o *lean thinking* entrega a indústria uma maneira de se produzir mais e mais com cada vez menos, ao mesmo tempo que se aproxima de entregar ao cliente os padrões de qualidade solicitados (WOMACK;JONES, 2015).

2.2 As sete perdas descritas pelo Lean

Para o pensamento *Lean*, produzir de maneira enxuta é o resultado da eliminação dos sete tipos de desperdícios, também conhecidos como perdas, dentro das organizações.

De acordo com o *Lean Institute* Brasil (2019), os 7 tipos de desperdícios explicitados por Ohno são:

1. Produção em excesso (superprodução);
2. Espera;
3. Processamento desnecessário;
4. Estoque;
5. Transporte;
6. Movimentação;
7. Correção.

2.2.1 Produção em excesso (superprodução)

É quando a empresa produz mais do que precisa para atender o cliente. Cada etapa deve produzir exatamente, nem mais nem menos, o que pede ou exige o processo seguinte, de forma que a cadeia de valor atenda à demanda real. Trata-se da “mãe” de todos os desperdícios, pois acaba agravando todos os demais. Produzir em quantidade ou ritmo maior do que o necessário

utiliza recursos desnecessariamente, gera estoques, deslocamentos etc., consumindo capacidade que deveria ser utilizada para fazer o que o cliente deseja. Ademais, tais desperdícios geram recurso parado ou investimento que poderiam ser aplicados em gargalos de produção.

2.2.2 Espera

O ideal do sistema *lean* é que todos os processos ocorram em fluxo contínuo, entregando rapidamente para o cliente, sem interrupção. Esse desperdício ocorre quando alguém ou algum equipamento que deveria estar produzindo não está ativo. Pessoas paradas, máquinas paradas... uma grande ineficiência. Observe atentamente ambiente de trabalho, seja chão de fábrica ou escritório. É fácil ver pessoas esperando materiais, informações etc. Este tipo de desperdício acontece de forma bem mais frequente do que parece. Um dos principais motivos é a instabilidade e o desbalanceamento entre etapas, que fazem com que ocorra o “corre-para” ao longo de toda a cadeia. Para evitar-se tal desperdício, células bem balanceadas com estudos sincronizados de cronoanálise são de fundamental importância.

2.2.3 Processamento desnecessário

Apresenta-se na cadeia produtiva em ações não necessárias de serem realizadas. São ações que não agregam valor ao produto, e, quando eliminadas não fazem diferença na sequência da produção. Por exemplo, pessoas conferindo produtos que já foram conferidas anteriormente, ou processos que faziam sentido em determinadas situações, mas foram mantidos, mesmo tendo sido mudadas as condições. Outros exemplos são os tratamentos estéticos desnecessários, proteções que eram necessárias quando as peças aguardavam muito mais tempo em estoque, furações para acessórios que não são mais utilizados etc.

2.2.4 Estoque

Produtos ou serviços são feitos para serem consumidos. É assim que a empresa atende os clientes e tem sua remuneração. Se o que é produzido não é consumido – seja pelo consumidor final, seja pelo processo seguinte numa cadeia produtiva – tem-se estoques, um dos principais indicadores de um sistema com problemas. O custo financeiro de capital parado e não vendido é o desperdício mais evidente. Mas o estoque esconde vários outros problemas, por exemplo, ao retardar a detecção de defeitos, gerando muitas vezes retrabalhos em grandes lotes.

2.2.5 Transporte

Quem atua com logística sabe o trabalho e o custo que se tem para movimentar materiais numa organização – seja interna ou externamente. Então, é um grande desperdício fazer qualquer tipo de transporte que poderia ser evitado. É quando, por exemplo, há movimentos de matérias-primas dentro de uma fábrica sem necessidade, frutos de fluxos truncados, estoques intermediários e distantes das linhas de produção, e esquemas de abastecimento ineficientes.

2.2.6 Movimentação

De forma similar, movimentos de pessoas sem necessidade também são desperdícios: consomem tempo que não está sendo usado para produzir, para criar valor. O ideal é que todo o movimento de um trabalhador seja usado para produzir, para criar valor. Por exemplo, ficar procurando uma ferramenta dentro de uma fábrica é perda de tempo. Ou estações de trabalho distantes, decorrentes de layouts que comportam enormes estoques entre operações, e que exigem que as pessoas deem muitos passos desnecessários, várias vezes, chegando a andar quilômetros num dia.

2.2.7 Correção

O ideal, num processo produtivo, é produzir certo “da primeira vez”. Pois assim, é claro, não será preciso produzir novamente. O sétimo desperdício identificado por Ohno é um dos que mais ocorrem nas organizações tradicionais: gastar tempo, gente e recursos para refazer, corrigir ou retrabalhar o que foi feito de forma errada. Isso envolve uma série de desperdícios típicos de processos produtivos cheios de falhas: necessidades de inspeções, manejos de refugos etc.

2.3 Cinco princípios básicos do *Lean*

O pensamento *lean* também oferece uma oportunidade de trabalho mais satisfatório, promovendo imediato *feedback* em esforços para se converter o muda em algo que agregue valor à empresa. Dentro desse ideal, cita-se, segundo (WOMACK; JONES,2015), os cinco princípios básicos do *lean manufacturing*:

- *Specify Value* (Especificar o valor): O ponto crítico para se iniciar o pensamento *lean* é o valor. O valor é apenas definido pelo consumidor final, e só é entendível em termos de um produto específico (um serviço, um bem, ou ambos), o qual vai de encontro com as

necessidades do cliente, com seu respectivo tempo e preço. É crucial ter entendimento que oferecer um bem ou serviço errado, mesmo que de forma certa, é desperdício. Em suma, valor consiste nas características perceptíveis ao cliente, que cada produto ou serviço proporciona.

- *Identify the Value Stream* (Identificar o fluxo de valor) : O *value stream* é a engenharia de todas as ações requeridas para trazer a um produto específico (um produto, bem, ou uma combinação de ambos) valor agregado, ou não, ao seu formato final requerido pelo cliente. É necessário definir as etapas que agregam valor, ou seja, são aquelas que efetivamente transformam a matéria prima com objetivo de dar forma ao produto final. Nessas etapas, o produto ganha atributos que os clientes reconhecem e estão dispostos a pagar por eles. Já as etapas que não agregam valor, são aquelas que o cliente não está disposto a pagar por elas e são completamente desnecessárias ou repetitivas dentro de um processo produtivo.
- *Flow* (Fluxo) : Uma vez que o valor foi precisamente especificado, o fluxo de valor para um determinado produto mapeado, respeitando-se os conceitos de *Lean*, e, obviamente, os elementos que causam desperdícios eliminados, é hora para o próximo passo do pensamento *Lean*: o fluxo. O fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte sem nenhuma parada ou desperdícios entre eles. O fluxo pode ainda referir-se ao fluxo de pessoas, de materiais, de informação ou de capital. Este fluxo percorre toda a cadeia de valor e o objetivo é que seja contínuo ou em outras palavras, não haja pontos de estrangulamento que implicam a parada ou redução da atividade em determinados pontos da cadeia. Para que a resposta aos pedidos do cliente possa ser a mais rápida possível, os gargalos detectados devem ser diminuídos ou eliminados, aumentando a capacidade de resposta, e os custos, que devem ser reduzidos, torna a organização mais competitiva.
- *Pull* (Puxar): Este é o princípio que se refere a produção de um produto ou prestação de serviço em que ambos devem ser iniciados apenas quando o cliente solicitar, considerando as características que o mesmo estabelece. Aqui aplica-se uma das ferramentas mais famosas do *lean*: *just-in-time*. Produzindo ou servindo no momento nas quantidades certas, permite que se tenha a redução do excesso de produção e conseqüentemente a redução dos estoques excessivos assim como o uso de mão-de-obra desnecessária.

- *Perfection* (Perfeição): Na medida que as organizações começam precisamente a especificar o valor, identificar o fluxo de valor, identificar os passos que agregam valor no fluxo de processos, juntamente com uma produção puxada, algo muito peculiar começa a acontecer: observa-se que não existe fim no processo de redução de esforços, tempo, espaço, custos, desperdícios, enquanto se oferece um produto cada vez mais perto do que o cliente deseja. Em suma, as melhorias de processo dentro de uma indústria de manufatura devem ser contínuas, e sempre haverá algo para melhorar até atingir a perfeição.

2.4 Principais ferramentas do *Lean*

Dentro dos conceitos *Lean*, existem algumas definições e ferramentas que foram usadas no presente trabalho e precisam ser revisadas.

- *Takt time*(TT): é a taxa de procura dos clientes (de quanto em quanto tempo os clientes compram uma unidade de produto) (Alvarez, 2001). Segundo Taiichi Ohno(1997) “O *takt time* é resultado da divisão do tempo diário de operação pelo número de peças requeridas por dia. Se a procura aumenta, o TT terá de diminuir e vice - versa.” (Alvarez, 2001), ou seja, o TT pode ser expresso pela relação entre Tempo operacional líquido e a necessidade do cliente, como segue na Equação 2.1.

$$TT = \frac{\text{Tempo operacional líquido}}{\text{Necessidade do cliente}} \quad (2.1)$$

- *Lead time* : O *lead time* nada mais é que o tempo de produção de um produto mais seu tempo de entrega ao cliente. Segundo Nogueira (2010) “para se saber quanto tempo é necessário para entregar uma unidade de produto ao cliente atualmente recorre-se ao *lead time*, analisando os diferentes tempos de “espera/demora” entre as diferentes atividades presentes no processo de produção. Ter estoque significa ter dinheiro investido e parado e nunca se sabe quando se recupera (os japoneses tinham a mentalidade de produzir, produzir, produzir). Assim, analisando e representando o *lead time* do processo, consegue mostrar-se à administração da organização que estão a empatar muito capital e que o ideal seria reduzir ou se possível eliminar o estoque”.
- Tempo ciclo(T/C) : Segundo Ferro (2005), o tempo de ciclo é um dos dados mais comuns representados nos mapas de estado atual e futuro. O T/C corresponde ao tempo para a

execução de uma peça, ou seja, é o tempo transcorrido entre o início e o fim de uma atividade num processo de produção. Segundo a Comunidade *Lean Thinking*, o T/C significa também o tempo para que o operador complete o ciclo de trabalho para uma unidade. A vantagem em trabalhar com este dado, é poder balancear todo o processo de produção pelo *takt time*. Segundo a Comunidade *Lean Thinking*, trabalhar com o tempo ciclo próximo do *takt time* significa poder controlar o processo de produção. Se o tempo ciclo for inferior ao *takt time* significa que o processo está fora de controle e pode começar a gerar desperdício por superprodução, além de poderem estar a ser utilizados operadores a mais. Se o tempo ciclo for superior ao *takt time*, não é possível satisfazer os pedidos dos clientes.

Para se realizar uma análise de balanceamento de linha e aplicação do tempo ciclo, é necessário que exista um estudo de cronoanálise. Segundo o Lean Blog (2020) a ferramenta da cronoanálise tem por objetivo obter informações detalhadas das atividades do processo de produção por meio da cronometragem dos tempos, assim, é possível determinar o método mais eficiente para execução de cada processo, reduzindo custos e otimizando a produção. Para realizar a cronometragem de forma eficiente, é importante seguir as cinco etapas a seguir:

1. Análise prévia da operação: Anotar informações relevantes sobre o processo que será analisado, tais como tipo de peça, matéria prima, setor, operadores, ferramentas e dispositivos disponíveis;
2. Dividir o processo produtivo em elementos curtos: não se deve fazer uma única cronometragem do início ao fim do processo. Deve-se dividi-lo em pequenas etapas para melhor apuração do tempo e posteriormente identificação dos principais gargalos;
3. Avaliar o nível de habilidade e experiência do operador;
4. Determinar o tempo padrão.

Tendo identificado o tempo padrão de um processo produtivo, o próximo passo é promover treinamentos contínuos aos colaboradores. Após capacitados, deve-se analisar a eficácia desta fase por meio de avaliação dos resultados ao comparar com registros documentados anteriormente.

Destaca-se ainda fatores externos que podem influenciar no resultado da mensuração do tempo, tais como a temperatura, nível de ruído e porcentagens pequenas em torno de 5% do tempo total para atender necessidades fisiológicas do operador.

- *Just In Time* (JIT) : é uma gestão de produção que visa produzir apenas o que for necessário e no tempo que for necessário. Uma das maiores vantagens desta filosofia é a redução dos estoques entre os processos e de produto final. Reduzindo-se estoque, se reduz dinheiro parado em sua empresa.
- A metodologia dos 5“S”: Segundo (Riani, 2006), é uma metodologia desenvolvida no Japão. Os 5“S” centram-se na organização e limpeza do espaço de trabalho e na padronização dos processos de trabalho, de maneira a torná-los eficientes. Os principais objetivos desta metodologia são:
 - Melhoria da qualidade dos produtos;
 - Melhoria da qualidade de vida dos colaboradores;
 - Otimização do espaço de trabalho;
 - Aumento da segurança no espaço de trabalho;
 - Foco para o trabalho de equipe.
- *Kaizen* é um termo que na língua japonesa tem o significado de melhoria contínua (*kai* - mudança; *zen* - bom ou boa). Tal filosofia é vista como fundamental para não apenas os meios de produção, mas para todos os setores da empresa. Para o seu criador, Masaaki Imai (Ohno, 1997), quando aplicada ao local de trabalho, é uma metodologia baseada na identificação “contínua” de oportunidades de melhoria, na sua análise e implementação imediata em toda organização. Esta metodologia envolve todos os processos de produção, administrativos e colaboradores de uma organização.
- Balanceamento de Linhas: equivale à distribuição das atividades sequenciais por processos, até que os valores dos seus tempos de ciclo estejam próximos do valor do *takt time*, ou seja, de modo a permitir uma elevação e não saturação da utilização de trabalho de equipamentos e de mão-de-obra, e minimizar os tempos de espera. Em suma, o balanceamento de uma linha constituída por muitas atividades de processamento de um produto consiste em encontrar a solução para um dos seguintes problemas:

- Dado um T/C, determinar o menor número de postos de trabalho necessários;

- Dado um número de postos de trabalho necessário, proceder à redução do T/C.

Sempre que o tempo de ciclo num dado processo exceda o TT, é necessário acrescentar mais operadores ao processo.

Para ter-se um estudo completo a respeito do balanceamento de linha em processos de manufatura, realiza-se uma análise reversa. Inicialmente, após estudo de mercado de áreas como Marketing e Vendas, a alta gestão define a demanda de veículos a serem vendidos em dado período de tempo.

Com isso, define-se o *Takt time*, realizando assim o estudo de cronoanálise e tempo ciclo de cada uma das tarefas e se as mesmas estão atendendo a demanda do cliente.

Tendo-se o TT de produção, analisa-se a configuração da célula de produção, focando nos gargalos, estações poucos saturadas e muito saturadas, realizando-se assim o balanceamento de linhas e demais atividades que assegurem o fluxo contínuo de produção.

- Tempo de Atravessamento

Tempo de atravessamento é o tempo que um sistema produtivo gasta para transformar matérias primas em produtos acabados. É o tempo que decorre entre a liberação de uma ordem de produção e o momento em que o objeto da ordem torna-se disponível para o cliente. O tempo de atravessamento pode ser amplo ou estrito. O tempo de atravessamento amplo mede o tempo decorrido entre a solicitação do cliente e a entrega do produto, enquanto o estrito mede as operações individuais internas da manufatura. A medição do tempo de atravessamento pode se valer de ordens de fabricação, pois estas podem reconhecer e registrar a conclusão das etapas internas, que compõem o roteiro de fabricação adotado pela manufatura.

O lote de transferência não precisa corresponder ao lote de produção, pois o registro é feito a cada transferência física. O tempo de atravessamento é uma grandeza aleatória e não é atributo de item, mas atributo da ordem, já que a espera em filas é afetada por decisões de programação e pela técnica de sequenciamento (SELLITTO, 2005).

2.5 Vantagens da aplicação do *Lean*

Segundo Nogueira, citado por (WOMACK; JONES,2015), e TBM Consulting Group, 2020), as vantagens da aplicação do *Lean Manufacturing* são muitas, e os resultados podem ser descritos:

- Simplificação do Planejamento de Produção;
- Maior precisão nas previsões dos pedidos;
- Redução do tempo de resposta a alterações de engenharia;
- Redução do tempo de resposta às variações de mercado;
- Redução dos prazos de entrega ao cliente (*lead time*);
- Redução de estoques entre os processos e de produto final;
- Redução dos tempos de ciclo dos processos de produção;
- Redução do espaço/área de trabalho;
- Capacidade para identificar os problemas e tratá-los mais cedo;
- Melhoria de qualidade dos produtos ou serviços;
- Promoção da formação e qualificação dos colaboradores;
- Maior envolvimento, motivação e participação dos colaboradores nos processos e consequente aumento da produtividade.

Em termos quantitativos, tem-se:

- Melhoria da produtividade entre 30 e 60%;
- Aumento da qualidade dos serviços em cerca de 80%;
- Redução do WIP(*Work in progress*) até cerca de 90%;
- Redução do espaço/área de trabalho utilizado em cerca de 50%;
- Redução de defeitos e estoques em mais de 90%;

- Redução de 85% a 99% dos defeitos da qualidade;
- Reduções de 70 a 90% do *lead time* de produção;
- Cumprimento de 99% dos *lead time*;
- Redução de custos de 25 a 55%;
- Aumento da satisfação do cliente entre 80 e 90%.

2.6 *World Class Manufacturing*

Outros importantes conceitos utilizados neste trabalho, e que serviram como referência para as prerrogativas de mudanças, foram os conceitos vindos do *World Class Manufacturing* (WCM). O WCM é uma visão ou ferramenta inspirada nos conceitos *Lean* para se enxugar desperdícios e evitar perdas, principalmente visando os hábitos capitalistas do mundo ocidental. Segundo o Novida (2020), o WCM pode ser definido como conjunto de técnicas, conceitos e princípios que teve origem do Sistema Toyota de Produção. Trata-se de um programa de mudanças em busca de um modelo mundial para uma gestão integrada que reduza desperdícios, otimize processos e aumente a produtividade.

Surgiu em meados da década de 80, quando o toyotismo destacava-se e as empresas ocidentais precisavam se manter competitivas. Assim nasce o conceito de “Classe Mundial”, ou seja, um “padrão de excelência” que toda empresa deveria buscar para alcançar a liderança no mercado.

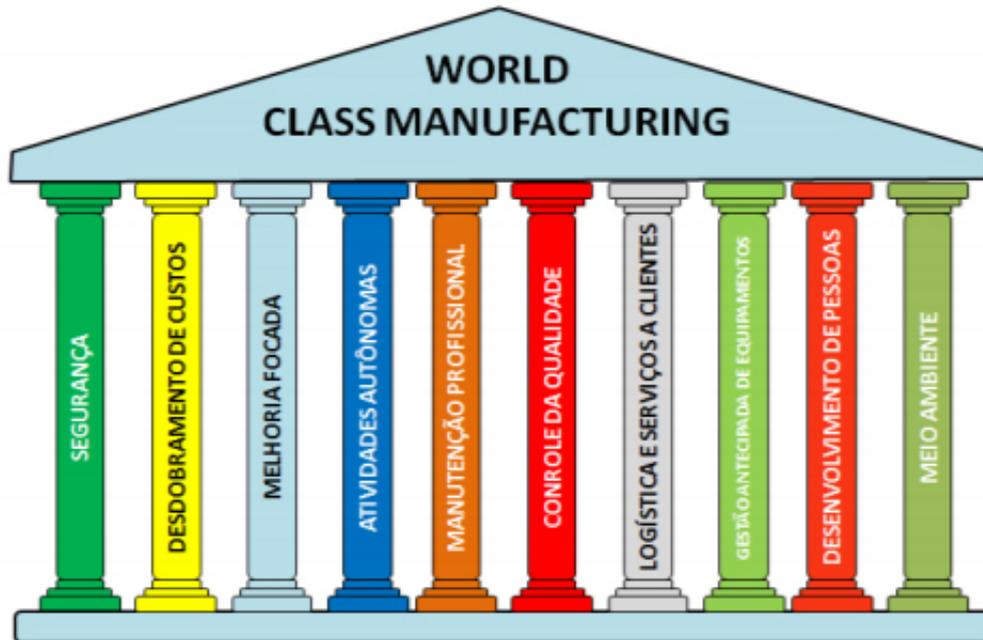
O sistema leva em conta a globalização, com os concorrentes presentes em diferentes partes do mundo. Assim, trata-se de uma metodologia ainda mais agressiva na busca pela eficiência.

O WCM se baseia em 3 princípios fundamentais:

1. O combate efetivo por qualquer forma de desperdício ou prejuízo que pode prejudicar a cadeia de produção;
2. O desenvolvimento de capacidades em todas as pessoas presentes no processo;
3. O uso de métodos adequados ligados às ineficiências do processo.

O WCM é estruturado em 10 pilares técnicos e 10 pilares gerenciais. São eles que vão guiar todas as ações de melhoria contínua dentro da fábrica. Na Figura 2.1 é possível visualizar tais pilares técnicos.

Figura 2.1 – Os pilares do WCM



Fonte: (Pinto,2018)

Já os pilares gerenciais são:

- Comprometimento da Direção;
- Definição de Objetivos;
- Mapeamento do caminho do WCM;
- Alocação de Profissionais Qualificados;
- Comprometimento de toda equipe;
- Competência da organização;
- Tempo e finanças;
- Foco em Melhoria Contínua;
- Nível de Expansão;

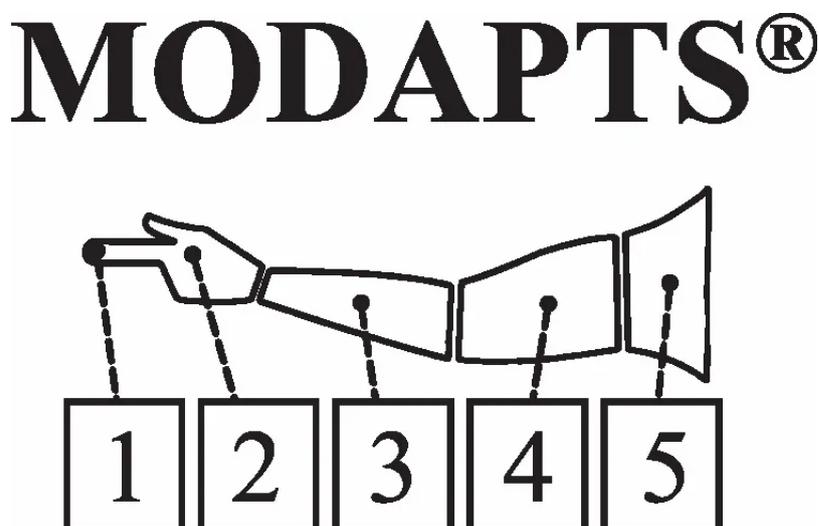
- Nível de Detalhes;
- Motivação dos operadores.

2.7 Modapts

Segundo o International MODAPTS Association (2020) é um sistema de tempos que tem como objetivo permitir às empresas manufatureiras a codificação e padronização das ações e performances necessários para, por exemplo, se realizar processos de montagem.

Em outras palavras, o MODAPTS[®] padroniza o tempo padrão dos movimentos corporais de um ser humano para ações tais como pegar, parafusar, visualizar, entre outros. Ou seja, utilizando o sistema MODAPTS[®], a empresa tem a padronização dos tempos e métodos de suas operações de montagem em qualquer lugar do mundo. Na Figura 2.2, observa-se as numerações de cada movimento do braço humano, e quais são os tempos padronizados desses movimentos.

Figura 2.2 – Representação do Modapts



Fonte: <https://modapts.org/>

2.8 Gráficos de Yamazumi

Segundo FM2S (2020), um gráfico *Yamazumi* (ou quadro *Yamazumi*) é um gráfico de barras empilhadas que mostra a origem do tempo de ciclo em um determinado processo. O gráfico é usado para representar graficamente processos para fins de otimização.

Ainda segundo FM2S (2020), *Yamazumi* é uma palavra japonesa que literalmente significa empilhar. As tarefas do processo são representadas individualmente em um gráfico de

barras empilhadas. Elas podem ser categorizadas como valor agregado, não agregado a valor ou desperdício. O tempo médio de duração de cada tarefa é registrado e exibido no gráfico de barras. Cada tarefa de processo é empilhada para representar a etapa inteira do processo. Os eixos do gráfico de *Yamazumi* são os seguintes:

- O eixo y representa o tempo de ciclo.
- O eixo x representa cada etapa do processo.

O presente trabalho analisa que os estudos dentro dos conceitos da Produção Enxuta (*Lean manufacturing*), levando em consideração os 5 princípios básicos, os 7 tipos de desperdícios e as ferramentas que auxiliam nos melhoramentos fornecidos por esta filosofia leva a uma redução de desperdícios e otimização dos processos de manufatura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no período entre dezembro de 2019 e fevereiro de 2020, após o lançamento do novo modelo de um veículo manufaturado em uma montadora de veículos, situada na cidade de Piracicaba, no interior do estado de São Paulo.

A linha de montagem das portas desse novo modelo foi escolhida como alvo de estudo e aplicação de possíveis melhorias, utilizando os 5 princípios do *Lean*, os 7 tipos de desperdícios e as possíveis ferramentas que auxiliam em um retorno de resultado positivo. Ademais, é sempre justo lembrar como algumas definições do WCM (*World Class Manufacturing*) são cruciais para o entendimento de um processo que visa sempre a melhoria contínua.

Na primeira etapa do trabalho foi realizado um levantamento de todos os processos que são necessários para a montagem da porta, separados por estações.

A linha de montagem de produção, em geral, é dividida em estações e postos de trabalho. No cenário atual de estudo não é diferente. Cada estação da linha de produção foi dividida de maneira que tenha seus processos de operação padronizados e prontos para serem executados. Com isso, foi possível rastrear os processos que ocorriam em cada estação, e quais operações ocorriam em cada processo, tendo assim uma noção dos tempos ciclos gastos em cada estação e análise de gargalos e desperdícios de produção.

No entanto, apenas saber o que é feito não é suficiente para uma análise de tempos e métodos de um processo produtivo. Para conhecer o tempo efetivo necessário para que ocorra as operações dentro de um processo, o sistema de referências de tempos chamado MODAPTS[®] (*Modular Arrangement of Predetermined Time Standards*) foi utilizado, de forma que cada movimento humano em cada uma das tarefas foi mensurado por tempo. Com isso, conseguiu-se ter um resultado de soma dos tempos de cada uma das tarefas nas estações.

Para a análise dos tempos de produção, utilizou-se uma ferramenta conhecida nos meios de produção, denominada gráficos de *Yamazumi*.

A linha de produção das portas é dividida em 12 estações, e cada uma tem atividades de processos previamente padronizadas, levando obviamente as variações de modelos de porta que podem existir.

Com estes dados de tempos compilados para cada uma das estações, bastava, então, empilhá-los em um gráfico de *Yamazumi*, com os respectivos tempos de cada uma das operações dos processos distintos. Feito isso, chegou o momento da comparação dos tempos.

O plano de ação foi inicialmente definido:

- Mapeamento das operações de montagem das portas em cada uma das estações:
 - Determinação do tempo ciclo necessário para a execução de cada operação segundo o sistema de tempos MODAPTS®;
 - Representação das operações por meio de um gráfico de *Yamazumi*.

- Análise dos gráficos:
 - Determinação do Tempo de Ciclo total do processo de produção;
 - Determinação do *takt time* de produção atual pré determinado;
 - Identificação das estações fora de concordância com o *takt time*;
 - Identificação das estações que apresentam gargalo;
 - Identificação de mau balanceamento da linha como um todo;
 - Identificação de superprodução em relação ao *takt time*;
 - Identificação de *buffer* (produto acabado em estoque que garanta o normal funcionamento da linha de produção) maior que o desejado.

- Identificação das oportunidades de melhoria:
 - Identificação de desperdícios e proposta de ações de melhoria;
 - Propor mudanças para se ter uma linha balanceada;
 - Propor mudanças para se evitar superprodução;
 - Propor mudanças para evitar o *buffer* maior que desejado;
 - Propor a redução de uma das estações para enxugamento da linha.

A representação dos gráficos de Yamazumi foi efetuada com o auxílio do *software* Microsoft Office Excel® (versão 2003). Esta representação teve como referência os gráficos de *Yamazumi* utilizados para o desenvolvimento do estudo dentro da empresa apresentado no Apêndice A deste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Visto o atual cenário da empresa, que a busca reduções de custo desnecessários (*cost avoidance*) e o enxugamento da planta são prioridades. Os conceitos aprendidos com o *Lean* podem ser claramente utilizados para otimização da linha de montagem das portas dos veículos da empresa.

A empresa analisada apresenta uma contagem rigorosa de *buffer* durante a movimentação entre a área destinada a montagem das portas até a montagem destas nos veículos, gerado por cada parte de sua produção, com limites máximos e mínimos, conhecidos do inglês como *targets*, previamente estabelecidos, garantindo assim que não haverá excesso de estoque e muito menos risco de parada de linha de produção.

Após o início da produção de um novo modelo de veículo, notou-se que a linha responsável pela montagem da porta apresentava inconsistências em relação aos processos que estavam alocados em cada uma das estações. Além disso, e não menos grave, o número de *buffer* diariamente alcançava o *target* máximo permitido, gerando acúmulo de estoque e, em algumas situações, paradas de linha da montagem da porta.

Um importante problema ocasionado por esse alto volume de *buffer* na movimentação das portas entre a linha de montagem das portas e dos carros, dá-se em relação a dificuldade de alocação física desses itens. Com um *buffer* muito acima do esperado, naturalmente não se tem espaço físico esperado para o armazenamento de tantas portas. Como consequência, existem ocorrências de parada de linha de produção de portas por motivo de *buffer* alto. Tal evento não está coerente com a filosofia *Lean*.

Após a análise de todos esses indícios de inconsistências no processo de produção, cabia aos engenheiros de processos analisarem os tempos de operações, juntamente com o *takt time* de produção, identificando, assim, os gargalos e indicando as melhorias do processo para atender a filosofia *Lean*.

Uma planilha com as informações referentes às operações de cada estação e seus respectivos tempos ciclos teóricos foi desenvolvida. Devido a uma questão ética, não é oportuno nomear quais as atividades exercidas na montagem das portas em cada estação, por isso, elas receberam os nomes de *task* e seu respectivo número de ordem. Em síntese, a planilha estruturase com 13 colunas que descrevem, respectivamente, qual a *task* em questão e as estações de 1 até 12 (Quadros 4.1 e 4.2).

Quadro 4.1 – Planilha de tempo ciclo para as estações.

<i>Task Name</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Task 1</i>	15											
<i>Task 2</i>	18											
<i>Task 3</i>	14											
<i>Task 4</i>	12											
<i>Task 5</i>	12											
<i>Task 6</i>		20										
<i>Task 7</i>		15										
<i>Task 8</i>		10										
<i>Task 9</i>		10										
<i>Task 10</i>		15										
<i>Task 11</i>			10									
<i>Task 12</i>			13									
<i>Task 13</i>			14									
<i>Task 14</i>			12									
<i>Task 15</i>			10									
<i>Task 16</i>				7								
<i>Task 17</i>				13								
<i>Task 18</i>				14								
<i>Task 19</i>				10								
<i>Task 20</i>				10								
<i>Task 21</i>					25							
<i>Task 22</i>					14							
<i>Task 23</i>					28							
<i>Task 24</i>					20							
<i>Task 25</i>					15							
<i>Task 26</i>						8						
<i>Task 27</i>						7						
<i>Task 28</i>						10						
<i>Task 29</i>						15						
<i>Task 30</i>						10						

Fonte: Autor

Quadro 4.2 – Planilha de tempo ciclo para as estações - Continuação.

<i>Task Name</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Task 31</i>							10					
<i>Task 32</i>							13					
<i>Task 33</i>							14					
<i>Task 34</i>							12					
<i>Task 35</i>							10					
<i>Task 36</i>								25				
<i>Task 37</i>								24				
<i>Task 38</i>								20				
<i>Task 39</i>								12				
<i>Task 40</i>								10				
<i>Task 41</i>									5			
<i>Task 42</i>									8			
<i>Task 43</i>									10			
<i>Task 44</i>									5			
<i>Task 45</i>									4			
<i>Task 46</i>										5		
<i>Task 47</i>										8		
<i>Task 48</i>										5		
<i>Task 49</i>										10		
<i>Task 50</i>										10		
<i>Task 51</i>											10	
<i>Task 52</i>											15	
<i>Task 53</i>											14	
<i>Task 54</i>											12	
<i>Task 55</i>											15	
<i>Task 56</i>												15
<i>Task 57</i>												13
<i>Task 58</i>												14
<i>Task 59</i>												18
<i>Task 60</i>												10

Fonte: Autor

A coluna inicial da planilha contém todas as tarefas necessárias para a montagem das portas. Observa-se que inicia-se a coluna com o termo *task name*, e ao decorrer das linhas as tarefas enumeram-se de *task 1* até *task 60*.

As colunas seguintes indicam as estações que compõem o processo de montagem das portas e são nomeadas de *station 1* até *station 12*.

É possível observar que cada estação possui suas respectivas tarefas ilustradas e o valor do tempo ciclo em segundos de cada tarefa. Ressalta-se que o tempo ciclo para a realização de cada uma das atividades é mensurado pelo sistema MODAPTS®.

Com os valores das tarefas de cada estações inseridos na planilha, um gráfico de empilhamento ou *Yamazumi* foi desenvolvido para melhor análise dos resultados. O Gráfico de *Yamazumi*, exposto no Apêndice A, ilustra o valor da soma do tempo ciclo das atividades por cada estação. Nele, há uma linha pontilhada laranja que determina o valor do *takt time* que cada estação deve obedecer para o perfeito funcionamento da fábrica.

Analisando-se o resultado do Gráfico de *Yamazumi*, nota-se que existe desbalanceamento da linha. Existem estações com o tempo total de atividades muito menor em relação a outras estações. Por exemplo, a soma dos tempos das tarefas referentes a *station 5* (Apêndice A) está claramente acima do limite da linha pontilhada do *takt time*, e ao mesmo tempo, com um valor bem maior que a soma das atividades das suas estações vizinhas (*station 4* e *station 6*).

Este é, de acordo com o Lean Institute Brasil (2019), um desperdício caracterizado pelo *Lean* como sendo "Espera", ou seja, o fluxo não está contínuo. Na prática, o operador da *station 5* trabalha extremamente pressionado com um tempo rigorosamente justo para finalizar seu processo, enquanto o operador da *station 6* termina suas tarefas e fica ocioso até começar seus trabalhos novamente.

O mesmo tipo de desperdício ocorre na *station 8*, que está acima da linha do *takt time*, enquanto as *station 9* e *station 10* estão com os tempos totais de suas atividades muito inferiores ao da *station 8*. O ideal, segundo a filosofia *Lean*, seria que as estações trabalhassem de uma maneira balanceada.

Ademais, observa-se que haviam muitas estações que não estavam alcançando o valor do *takt time* na soma dos tempos ciclos de suas atividades.

O fato de algumas estações não estarem alcançando o valor esperado do *takt time* levamos a refletir que a linha de portas, devido ao balanceamento inadequado, está produzindo em velocidade descompassada, ou seja, mais veloz do que necessário.

Para comprovar essa teoria podemos utilizar a Equação 4.1.

$$\text{Total de tempo} = 66 \text{ segundos centesimais} \cdot 12 \text{ estações} \quad (4.1)$$

Tem-se um *takt time* de 66 segundos centesimais por operação em cada estação. Como há 12 estações, chega-se no total de tempo será igual a 792 segundos centesimais por porta montada.

Analisando a planilha dos tempos ciclos ((Quadros 4.1 e 4.2)) e somando os valores referentes a cada processo de montagem em todas as estações, chega-se ao valor de 762 segundo centesimais. Ou seja, um valor de 30 segundos centesimais a mais por porta montada em relação a veículos montados.

Além de um balanceamento entre as estações, era viável propor uma redução da velocidade de montagem das linhas da porta, pois não era necessário se montar com 762 segundos, mas sim com 792 segundos. Esses valores são considerados em um cenário onde existem 12 estações.

Considerando-se que temos 12 operadores na linha de montagem das portas, tem-se a razão de 63.5 segundos centesimais de processo por operador, enquanto a maneira mais enxuta seria de 66 segundos centesimais de operadores por processo. Ou seja, 2.5 segundos centesimais a mais de tempo de operador por processo. Essa razões foram calculadas através do *takt time* total mencionado anteriormente dividido pelo número de operadores.

Com esta análise, observa-se um número mais elevado de operadores e, conseqüentemente de estações de trabalho, do que realmente é necessário para que o fluxo da linha de montagem das portas e dos veículos seja contínuo. Vale ressaltar que, quanto mais operadores, menor o valor da razão entre processo e operador, pois são valores indiretamente proporcionais.

Com a filosofia *Lean*, segundo o *Lean Institute* Brasil (2019), está evidenciado que há uma superprodução em relação ao que é necessário. Tal fato explica, por exemplo, o excesso de *buffer* na transição entre a linha de montagem de portas e a linha de montagem de veículos.

Pela análise da Equação 1 (30 segundos a mais que possui no processo de montagem das portas) exemplifica-se no tempo ciclo de montagem na estação 9, que possui o valor teórico de 32 segundos. Como esta estação possui um soma total de suas operações muito inferior ao *takt time*, seria razoável uni-la a uma outra estação que também possua uma soma de suas operações inferior ao *takt time*.

Dessa forma, indica-se uma oportunidade de balanceamento de linha, que além de proporcionar um fluxo contínuo no processo, eliminando a perda de espera, ainda proporciona a eliminação da perda de produção em excesso ou superprodução. No entanto, a tarefa de balanceamento é complexa. Cada operação necessita de sua ferramenta, condições ergonômicas e habilidades operacionais para ser realizada, de forma que mudanças de operações dentro das estações precisam ser cuidadosamente analisadas.

Além do mais, algumas operações precisam ter uma sequência lógica de montagem. Por exemplo, existe uma operação referente à aplicação de graxa de cavidade nos parafusos da porta, para evitar a oxidação. Desta forma, não há sentido colocar esta operação antes do aperto dos parafusos.

Para realizar tais mudanças, uma equipe técnica de engenheiros foi à linha juntamente com os líderes de equipe responsáveis pela parte operacional. Foram realizadas reuniões que culminaram no consenso do balanceamento da linha de produção, sem superprodução e, ao mesmo tempo, mantendo a viabilidade operacional.

Após realizadas as mudanças operacionais das estações, o Gráfico de *Yamazumi*, no Apêndice B, apresentou um corpo bem diferente, com a estação 9 eliminada e as outras estações melhores balanceadas.

Os Quadros 4.3 e 4.4 mostram as tarefas e os tempos ciclos de cada estação após as modificações.

Quadro 4.3 – Planilha de tempo ciclo balanceado por estação.

<i>Task Name</i>	1	2	3	4	5	6
<i>Task 1</i>	15,525					
<i>Task 2</i>	18,63					
<i>Task 3</i>	14,49					
<i>Task 4</i>	12,42					
<i>Task 5</i>	12,42					
<i>Task 6</i>		20,7				
<i>Task 7</i>		15,525				
<i>Task 8</i>		10,35				
<i>Task 9</i>		10,35				
<i>Task 10</i>		15,525				
<i>Task 11</i>			10,35			
<i>Task 12</i>			13,455			
<i>Task 13</i>			14,49			
<i>Task 14</i>			12,42			
<i>Task 15</i>			10,35			
<i>Task 16</i>				7,245		
<i>Task 17</i>				13,455		
<i>Task 18</i>				14,49		
<i>Task 19</i>				10,35		
<i>Task 20</i>				10,35		
<i>Task 21</i>					25,875	
<i>Task 22</i>			14,49			
<i>Task 23</i>					28,98	
<i>Task 24</i>					20,7	
<i>Task 25</i>				15,525		
<i>Task 26</i>						8,28
<i>Task 27</i>						7,245
<i>Task 28</i>						10,35
<i>Task 29</i>						15,525
<i>Task 30</i>						10,35

Fonte: Autor

Quadro 4.4 – Planilha de tempo ciclo balanceado por estação - Continuação.

<i>Task Name</i>	6	7	8	9	10	11	12
<i>Task 31</i>	10,35						
<i>Task 32</i>	13,455						
<i>Task 33</i>		14,49					
<i>Task 34</i>		12,42					
<i>Task 35</i>		10,35					
<i>Task 36</i>		25,875					
<i>Task 37</i>			24,84				
<i>Task 38</i>			20,7				
<i>Task 39</i>			12,42				
<i>Task 40</i>			10,35				
<i>Task 41</i>					5,175		
<i>Task 42</i>					8,28		
<i>Task 43</i>					10,35		
<i>Task 44</i>					5,175		
<i>Task 45</i>					4,14		
<i>Task 46</i>					5,175		
<i>Task 47</i>					8,28		
<i>Task 48</i>					5,175		
<i>Task 49</i>					10,35		
<i>Task 50</i>					10,35		
<i>Task 51</i>						10,35	
<i>Task 52</i>						15,525	
<i>Task 53</i>						14,49	
<i>Task 54</i>						12,42	
<i>Task 55</i>						15,525	
<i>Task 56</i>							15,525
<i>Task 57</i>							13,455
<i>Task 58</i>							14,49
<i>Task 59</i>							18,63
<i>Task 60</i>							10,35

Fonte: Autor

Como explanado anteriormente, era possível identificar que existia uma superprodução na linha, ou seja, a linha de montagem das portas produzia com menos tempo que necessário, contendo 12 estações e 12 operadores.

De um cenário com as 12 estações físicas presentes na linha tem-se a mudança do *layout* para 11 operadores. Para implementar o processo enxuto, necessitou-se reduzir a velocidade da linha (ou seja, a velocidade que as portas passam em frente ao operador, para que assim houvesse mais tempo em suas operações de montagem). Consequentemente, o tempo ciclo de cada operação aumentaria.

Considerando uma redução da velocidade da linha em 3.5%, tem-se um aumento do tempo ciclo para cada operação de 3%, havendo não mais 762 segundos para a montagem, mas 788.67 segundos. Tal medida visa que o desperdício superprodução seja evitado.

No Apêndice B, observa-se como ficaram os tempos com o acréscimo de 3.5%.

Após a aplicação da filosofia *Lean* há um cenário com 71 segundos centesimais de operador por processo, frente a um modelo ideal de 72 segundos centesimais de operador por processo.

Nota-se que o Apêndice B possui o empilhamento das tarefas com algumas das estações ultrapassando o limite do TT. No entanto, observa-se que o espaço físico antes alocado para 12 operadores, agora é alocado para 11 operadores. Com isso, é possível que exista a transferência de área da estação 9 para as demais, de forma a torna-se possível a realização das tarefas mesmo que ultrapassando o *takt time*. Ou seja, o tempo de atravessamento da montagem das portas está adequado ao *takt time* total da linha de montagem das portas.

Em relação ao balanceamento de linha, para que se tenha estações com os tempos distribuídos de maneira mais eficiente, as mudanças realizadas foram as seguintes:

- A *station 5* transferiu duas de suas operações. A operação *task 22* foi transferida para a *station 3*, e a operação *task 25* foi transferida para a *station 4*.
- A *station 7* transferiu as operações *task 31* e *32* para a *station 6*.
- A *station 8* transferiu a operação *task 36* para a *station 7*.
- A *station 9* transferiu todas as suas operações para a *station 10*.

Nota-se que, a *station 9* deixou de existir. Tal mudança proporciona à empresa uma redução de um operador por turno, ou seja, 3 operadores no total, considerando o trabalho em 3 turnos.

O cenário com os desperdícios citados anteriormente foram eliminados, ou seja, não existe mais grandes ou baixas saturações em relação ao *takt time* em nenhuma das estações, verificando uma linha melhor balanceada e sem excesso de produção.

5 CONCLUSÕES

A participação em todo o processo de preparação e implementação da filosofia *Lean* na gestão da produção da montagem das portas permitiu entender a importância e eficiência desta filosofia para o aumento da competitividade. Em um mercado tão acirrado como o atual, o enxugamento e os princípios *Lean* de fato geram melhorias em qualquer processo.

Para o efeito, recorreu-se aos tempos ciclos de cada operação e posteriormente gráficos de *Yamazumi*, ou empilhamento, como ferramenta de identificação e análise de desperdícios no seu processo de produção. Com tais dados explícitos, deu-se a implementação da metodologia da produção enxuta. Como resultado, foi possível chegar-se ao balanceamento de linha e diminuição de sua velocidade, com a finalidade de implementar a melhoria contínua nos processos, melhorando o fluxo de valor do processo de produção da organização e evitando desperdícios clássicos caracterizados pelo *Lean*. Observa-se a seguir o benefício gerado pela implementação da filosofia *Lean*:

- Diminuição de uma estação no processo de montagem, devido à má distribuição das atividades entre as estações, e, conseqüentemente, uma maior saturação em algumas linhas e baixa saturação em outras;
- Diminuição de um operador na linha da montagem das portas em razão da diminuição de uma estação;
- Redução da velocidade da linha de montagem, evitando o acúmulo de *buffer* de portas e seguindo o *takt time* de referência da montagem das portas.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, R. d. R.; JR, J. A. V. A. **Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção**. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v8n1/v8n1a01.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2020.
- BARTZ, A. P. B.; WEISE, A. D.; RUPPENTHAL, J. E. Aplicação da manufatura enxuta em uma indústria de equipamentos agrícolas. **Ingeniare. Revista chilena de ingeniería**, Universidad de Tarapacá, v. 21, n. 1, p. 147–158, 2013.
- BRIEF, C. **Lean Manufacturing**. [S.l.], 2014. Disponível em: <<http://www.brief.com.br>>. Acesso em: 06 mai. 2019.
- CARVALHO, J. M. C. d. **Logística**. 3. ed. Lisboa: Edições Silabo, 2002.
- DONIZETI R.L.J; APARECIDO, D. L. S. **Creating value with less impact: Lean, green and ecoefficiency in a metalworking industry towards a cleaner production**. 1. ed. São Paulo: Journal Of Clenar production, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.064>>. Acesso em: 10 jun. 2019.
- FERRO, J. R. **A essência da ferramenta “Mapeamento do Fluxo de Valor”**. 2005. Disponível em: <<https://www.lean.org.br/artigos/61/a-essencia-da-ferramenta-mapeamento-do-fluxo-de-valor.aspx>>. Acesso em: 23 mar. 2020.
- FM2S Blog. 2019. Disponível em: <<https://www.fm2s.com.br/grafico-yamazumi/>>. Acesso em: 05 jul. 2020.
- HOPP WALLACE J. E SPEARMAN, M. L. **Factory physics: foundations of manufacturing management**. Boston, EUA: Irwin/McGraw-Hill, 1996.
- LEAN Blog. Disponível em: <<https://lean.blog.br/tempos-metodos/>>. Acesso em: 05 jul. 2020.
- LIB. **Lean institute brasil**. 2019. Disponível em: <<https://www.lean.org.br/>>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- LIKER, J. **The Toyota Way–14 Management Principles from the World’s Greatest Manufacturer**, McGraw-Hill, New York et al. 2003.
- MODAPTS. **International MODAPTS Association**. Disponível em: <<https://modapts.org/>>. Acesso em: 28 mai. 2020.
- NOGUEIRA, M. A. A. **Estudo de Caso: Implementação da gestão da produção Lean**. 2010. Disponível em: <https://run.unl.pt/bitstream/10362/4095/1/Nogueira_2010.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2020.
- NOVIDA Blog. Disponível em: <<https://www.novida.com.br/blog/wcm/>>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- OHNO, T. **O sistema Toyota de produção além da produção**. [S.l.]: Bookman, 1997.

PINTO, A. A. **WCM (World Class Manufacturing) A última tendência na qualidade**. 2018. Disponível em: <<http://lmlexcelenciaoperacional.com.br/blog/wcm-world-class-manufacturing-a-ultima-tendencia-na-qualidade>>. Acesso em: 28 mai. 2020.

RIANI, A. M. **Estudo de caso: o lean manufacturing aplicado na Becton Dickinson**. [s.n.], 2006. Disponível em: <https://www.ufjf.br/ep/files/2009/06/tcc_jan2007_alineriani.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2020.

SELLITTO, M. A. **Medição e controle de desempenho estratégico em sistemas de manufatura**. Tese (Doutorado) — PPGEF-UFRGS, Porto Alegre, 2005.

SHAH, R.; WARD, P. T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of operations management**, Elsevier, v. 25, n. 4, p. 785–805, 2007.

TBM, C. G. **Mean Manufacturing: Uma Experiência prática com Kaizen**. Disponível em: <<https://www.tbmcg.com.br/abordagem/>>. Acesso em: 23 mar. 2020.

WERKEMA, M. C. C. **Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. 1. ed. Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <<http://lean.org.br>>. Acesso em: 06 mai. 2019.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean solutions: how companies and customers can create value and wealth together**. [S.l.]: Simon and Schuster, 2015.

APÊNDICE A – Gráfico de Yamazumi



APÉNDICE B – Gráfico de Yamazumi balanceado

