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

UALKER D'ORNELA CAETANO CONDÉ

BALANCEAMENTO DE LINHA E APLICAÇÃO DE CONCEITOS LEAN MANUFACTURING EM UMA EMPRESA DO SETOR DE TECNOLOGIA

UALKER D'ORNELA CAETANO CONDÉ

BALANCEAMENTO DE LINHA E APLICAÇÃO DE CONCEITOS LEAN MANUFACTURING EM UMA EMPRESA DO SETOR DE TECNOLOGIA

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

Orientador: Prof. DSc. Luiz Henrique Dias Alves

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Condé, Ualker D'ornela Caetano.

Balanceamento de linha e aplicação de conceitos Lean Manufacturing em uma empresa do setor tecnologia / Ualker D'ornela Caetano Condé. -- 2021.

75 p.: il.

Orientador: Luiz Henrique Dias Alves Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2021.

1. Balanceamento de linha. 2. Lean Manufacturing. 3. Processo produtivo. 4. Kaizen. I. Alves, Luiz Henrique Dias, orient. II. Título.

UALKER D'ORNELA CAETANO CONDÉ

BALANCEAMENTO DE LINHA E APLICAÇÃO DE CONCEITOS LEAN MANUFACTURING EM UMA EMPRESA DO SETOR DE TECNOLOGIA

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

Aprovada em 25 de agosto de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. DSc. Luiz Henrique Dias Alves (Orientador)

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. DSc. Roberto Malheiros Moreira Filho

Universidade Federal de Juiz de Fora

Márcio Rocha Duarte

Alvarium

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, por ter me dado a oportunidade de ingressar em uma universidade de qualidade e sabedoria durante todo tempo para que pudesse realizar minhas atividades com dedicação. Porque dele, e por meio dele, e para ele são todas as coisas. A ele, pois, a glória eternamente. Amém.

A minha família por todo suporte dado durante todos os momentos difíceis, em especial meus pais, Valdelene e José Mario, que sempre foram grandes incentivadores de minhas conquistas e me auxiliaram grandemente na realização de meus sonhos. Aos amigos que sempre estiveram ao meu lado me motivando e apoiando em cada período realizado. Os momentos passados com vocês foram incríveis e únicos.

A Universidade Federal de Juiz de Fora, por ter me proporcionado uma vivência completa. A SEEPRO, GET e Mais por ter proporcionado momentos excepcionais de aprendizado e crescimento e por ter colocado grandes amigos em minha vida. Aos professores que tiveram papel importante na minha formação profissional. Ao professor Luiz Henrique, meu orientador, por todo apoio e direcionamento dado durante a realização do trabalho.

A Alvarium pela grande oportunidade de colocar tudo que aprendi em prática, ajudando o aperfeiçoamento de meus conhecimentos e minhas habilidades, e proporcionando a cada dia grandes desafios e oportunidades de desenvolvimento.

RESUMO

Em um mundo globalizado e com novos negócios surgindo, a competitividade entre as

empresas faz com que o nível de organização seja elevado. Critérios como qualidade não são

mais tratados como diferencial e, sim, como premissa para se manter competitivo. Assim, a

abordagem de melhoria dos processos se torna extremamente importante, por meio de aplicação

de conceitos como o Lean Manufacturing e o Balanceamento de linha. Sendo assim, o presente

trabalho tem como objetivo apresentar o processo de criação de uma linha de produção

balanceada e a aplicação dos conceitos e ferramentas do Lean Manufacturing para redução de

desperdícios. A metodologia abordada se base em uma coleta de dados, análises dos dados

criando o balanceamento da linha e o evento Kaizen, que possibilitou a implementação de

oportunidades de melhorias identificados. Como resultado, verificou-se o aumento da qualidade,

produtividade e nível de organização com um fluxo produtivo em linha, além de uma cultura

de melhoria contínua.

Palavras-chave: Balanceamento de Linha, Lean Manufacturing, Kaizen.

ABSTRACT

In a globalized world and with new businesses emerging, the competitiveness between companies makes the level of organization to be high. Requirements such as quality are no longer treated as a differential, but as a premise to remain competitive. Therefore, the process improvement approach becomes extremely important, through the application of concepts such as Lean Manufacturing and Line Balancing. Therefore, this work aims to present the process of creating a balanced production line and the application of Lean Manufacturing concepts and tools for waste reduction. The methodology addressed is based on data collection, data analysis creating line balance and the Kaizen event, which enabled the implementation of identified improvement opportunities. As a result, there was an increase in quality, productivity, and level of organization with a line production flow, in addition to a culture of continuous improvement.

Keywords: Line Balancing, Lean Manufacturing, Kaizen.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de pesquisa científica	19
Figura 2 - Equilíbrio e perdas do balanceamento de linha	24
Figura 3 - Antes e depois do balanceamento dos tempos	24
Figura 4 - Casa do Sistema Toyota de Produção	25
Figura 5 - Redução de custos e margem de lucro	28
Figura 6 - Relação entre trabalho e desperdício	29
Figura 7 - Simbologia japonesa para Kaizen	33
Figura 8 - Melhoria tradicional versus redução de desperdício com Kaizen	35
Figura 9 - Folha de trabalho padrão.	38
Figura 10 - Componentes separados	39
Figura 11 - Planilha padrão para tabulação	40
Figura 12 - Exemplo de agrupamento de processos	41
Figura 13 - Exemplo de análise de agregação	42
Figura 14 - Treinamento da equipe Kaizen	43
Figura 15 - Planilha padrão preenchida	47
Figura 16 - Gráfico de Balanceamento	49
Figura 17 - Gráfico Yamazumi.	50
Figura 18 - Layout da área de produção	51
Figura 19 - Novo fluxo de produção	52
Figura 20 - Diagrama de Espaguete do componente antes da mudança	54
Figura 21 - Diagrama de espaguete corte de cabo antes da mudança	54
Figura 22 - Metragem da área de produção antes da mudança	55
Figura 23 - Esboço do novo layout	57
Figura 24 - Matriz de impacto e esforço.	57
Figura 25 - Equipe trabalhando na futura área de montagem de componentes	58
Figura 26 - Equipe trabalhando na futura área de montagem final	59
Figura 27 - Diagrama de Espaguete do componente depois da mudança	59
Figura 28 - Diagrama de espaguete corte de cabo depois da mudança	60
Figura 29 - Apresentação do kaizen para diretoria	61
Figura 30 - Fração do "planos de ação kaizen"	61
Figura 31 - Gráfico do balanceamento da linha principal	63
Figura 32 - Gráfico do balanceamento da montagem de componentes	65

Figura 33 - Carrinho da linha principal6	57
Figura 34 - Balanceamento de linha em uma indústria de autopeças6	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - DPU antes/dep	oois62
---------------------------	--------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Etapas de produção	37
Tabela 2 - Cálculo de demanda mensal	40
Tabela 3 - Resumo de dados coletados	46
Tabela 4 - Dados da demanda mensal	47
Tabela 5 - Cálculo do tempo takt	48
Tabela 6 - Equipe do evento Kaizen	51
Tabela 7 - Área livre e ocupada no setor de produção	56
Tabela 8 - Informe de resultados da semana Kaizen	60
Tabela 9 - Dados do balanceamento da Linha principal	64
Tabela 10 - Dados do balanceamento do posto 9	64
Tabela 11 - Redução dos desperdícios	65

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

TPS – Toyota System Production

DPU – Defeitos por Unidade

TODB - Tempo operacional disponível bruto

TODL - Tempo operacional disponível líquido

AV – Agrega valor

NAV – Não agrega valor, mas é necessário

DESP – Desperdício

P&D – Setor de Pesquisa e Desenvolvimento

SUMÁRIO

<u>1.</u>	INTR	ODUÇÃO	15
	1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	
	1.2	JUSTIFICATIVA	
	1.3	ESCOPO DO TRABALHO	
	1.4	ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS	
	1.5	DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA	
	1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
<u>2.</u>	PRO	CESSO PRODUTIVO	20
	2.1	LINHAS DE PRODUÇÃO	20
	2.1	2.1.1. FLUXO EM LINHA	
		2.1.2. TAKT TIME E TEMPO DE CICLO	
		2.1.3. BALANCEAMENTO DE LINHA	22
	2.2	LEAN MANUFACTURING	25
		2.2.1. NASCIMENTO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (TPS)	25
		2.2.2. PILARES DO TPS	25
		2.2.3. OBJETIVO DO TPS	26
		2.2.4. O QUE É DESPERDÍCIO?	28
		2.2.5. FILOSOFIA KAIZEN	33
<u>3.</u>	DESE	ENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO	36
	3.1	DEFINIÇÃO DAS ETAPAS DA METODOLOGIA	36
	3.2	DESCRIÇÃO DAS ETAPAS	37
		3.2.1. COLETA DE DADOS	37
		3.2.2. ANÁLISE DOS DADOS	40
		3.2.3. EVENTO KAIZEN	42
<u>4.</u>	RESU	JLTADOS	45
	4.1	COLETA DE DADOS	45

AN	EXO E	– TERMO DE AUTENTICIDADE	75
<u>6.</u>	REFE	RÊNCIAS	72
<u>5.</u>	CONC	CLUSÕES	70
	4.4	RESULTADOS OBTIDOS EM OUTROS ESTUDOS	67
	4.3	EVENTO KAIZEN	50
	4.2	ANÁLISE DOS DADOS	47

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A competitividade entre as empresas em um mundo mais globalizado e com inúmeras organizações surgindo ressalta a importância de a cada dia o nível de organização ser elevado. Com essas novas oportunidades, os clientes se tornam cada vez mais criteriosos na escolha de qual produto adquirir. Apesar de outros fatores serem levados em consideração atualmente, como responsabilidade social e ambiental (JÚNIOR; GALLARDO; GABRIEL, 2014), isso não exclui o fato de as empresas terem que se atentar aos fatores tradicionais. Porém, o que um dia já foi diferencial, são exigências básicas para se manter no mercado nos tempos modernos. Características como qualidade do produto, tempo de entrega e preços acessíveis são premissas para os clientes durante o processo de escolha.

Assim sendo, buscar a melhoria interna visando qualidade nos processos, redução de *leadtime* e redução de custos ainda devem ser priorizados na busca de competitividade, sustentabilidade e permanência no mercado. O desempenho da organização é um fator chave que os gestores devem buscar para conseguir atender as demandas do mercado.

É notória a necessidade de cada vez mais otimizar os recursos de uma indústria, sejam eles humanos, insumos ou outros custos de produção, visto que a alta concorrência no setor causa uma redução no preço de mercado dos produtos e que, por sua vez, reduz a margem de lucro da empresa. (SASSI, 2012)

Tal desempenho da empresa é retrato dos processos produtivos da organização. Ainda há uma dificuldade na implantação de sistemas e processos que trazem esses benefícios finais buscados. Dentro dos processos produtivos pode-se encontrar diversas oportunidades de melhorias que reduzirão os tempos de produção, os desperdícios e que promoveria consequentemente a redução de custos, aumento de produtividade e qualidade.

Torna-se necessário o aprimoramento e a melhoria contínua dos processos produtivos na busca pela flexibilidade, aumento de produtividade e menores custo de produção. Para isto, o sistema produtivo deve ser capaz de gerir as necessidades e adequar-se as alterações com agilidade, dispondo e utilizando os recursos da melhor forma possível. (DOTTO, 2016)

Segundo Vilela *et al* (2020), a redução dos desperdícios nas operações de manufatura é um imperativo para todo gestor que busca alta competitividade. O balanceamento de linha é uma forma de atingir esse alto padrão, visto que reduz custos e otimiza os processos (SASSI,

2012). Dotto (2016) acrescenta que o balanceamento de linha tem um histórico de sucesso e de resultados positivos dentro das organizações.

A busca por balancear a linha não é uma ação simples e que se obtém resultados positivos rapidamente. Mesmo após balancear e rodar o processo balanceado, pode existir uma nova necessidade de balanceamento. A variação dos tempos do processo pode sofrer alterações após as mudanças de layout, procedimento, tempo de ciclo, rotatividade de funcionários, entre outras (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Além disso, durante o balanceamento podem surgir oportunidades ou necessidades claras de melhorias que tornaram o balanceamento mais eficaz.

Dessa forma, as ferramentas e conceitos do sistema Toyota de produção (TPS) podem auxiliar no balanceamento de linha. O TPS – ou *Lean Manufacturing* – prega que através de conceitos de redução de desperdícios e agregação de valor, as responsabilidades e tarefas de melhoria devem ser passadas aos colaboradores na busca por fluxo no processo produtivo melhor (LIKER; FRANZ, 2011). Os trabalhadores mais cientes de conceitos importantes poderão ajudar a melhorar o fluxo e as cargas de trabalho.

A combinação do Balanceamento de Linha e com as ferramentas e conceitos do *Lean* pode proporcionar que o resultado seja mais positivo, já que muitos problemas que surgem no balanceamento podem ser resolvidos utilizando tais conceitos e ferramentas que serão apresentados nesse trabalho. A empresa abordada nessa dissertação montava seus produtos em lotes, o que gerava desnível no ritmo de produção, fluxos desorganizados e desperdícios relacionados à essa produção. Assim, a aplicação dos conceitos citados proporcionaria uma mudança no sistema produtivo, de forma a melhorar os indicadores e aumentar a competitividade.

1.2 JUSTIFICATIVA

O trabalho descreve as melhorias possibilitadas pela criação de um fluxo de linha balanceada e pela aplicação de conceitos Lean, o que torna possível a eliminação de desperdícios oriundas de uma falta de processos padronizados, excessos de movimentação e manuseio de equipamentos.

Nota-se a importância para empresa de realizar a mudança no processo produtivo para alcançar uma maior qualidade de seu produto, visto que projetos que visam o fortalecimento da competitividade da organização e de sua imagem institucional possibilitam retornos financeiros futuros, o que é estratégico para visão e sustentabilidade da empresa (WERKEMA, 2012). Além disso, a criação de uma linha balanceada enxuta possibilitaria outros ganhos, como aumento da

produtividade, eliminação de desperdícios, uma carga de trabalho igual para os colaboradores e uma maior facilidade de compreensão da lógica de montagem do equipamento.

O trabalho se mostra possível, uma vez que a empresa tinha uma necessidade clara de adequação da produção, visando aumento de qualidade e um ganho mensurável através de indicadores de qualidade, produtividade e satisfação dos colaboradores. Destaca-se também a contribuição deste trabalho para comunidade cientifica, descrevendo um case de aplicação de conceitos da Engenharia de Produção no setor tecnológico, o que pode ser relevante para outras empresas e para um estudo mais aprofundado da temática.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O trabalho foi desenvolvido durante o período de maio de 2020 a agosto do mesmo ano, por uma empresa de consultoria na área de produção e processos em uma indústria tecnológica do ramo energético de Juiz de Fora, Minas Gerais. A empresa produz equipamentos de controle de redes de distribuição de energia elétrica e fornece para companhias nacionais. Os dados históricos utilizados nas análises correspondiam ao período do primeiro semestre de 2020. Considera-se a linearidade dos dados utilizados nas análises, sem considerar economia de escala e variabilidade no que diz respeito ao comportamento mais eficiente do operador por estar sendo observado durante a coleta de dados.

Inicialmente, a consultoria tinha por objetivo auxiliar nas questões de não conformidades do produto. Todavia, foi verificado a falta de um fluxo produtivo, o que dificultava a análise das causas de não conformidade, uma vez que havia diversas variáveis que poderiam tornar a análise superficial e complexa. Os componentes do produto tinham caminhos diferentes dentro da planta e havia operações diferentes para cada componente. Esses caminhos de cada componente cruzavam com caminhos de outros componentes.

Foi pensado primeiramente em criar um fluxo produtivo em linha, com postos de trabalho balanceados e aplicar conceitos do *Lean Manufacturing* visando minimizar os desperdícios da produção. Posteriormente, seria criado documentos de registro da linha, o que possibilitaria padronizar toda a produção e analisar causas de não conformidade através dos indicadores de qualidade.

Assim, esse trabalho tem como foco apresentar o processo da criação do fluxo produtivo, de forma a eliminar os desperdícios e manter a linha de produção balanceada. A empresa ainda fabricava outros produtos, todavia não foram envolvidos nesse trabalho. O projeto executado envolveu outros setores da empresa: Qualidade, P&D e Suprimentos. Tais

setores e a forma como eles se relacionaram ao projeto, bem como conceitos relacionados a tais setores – POP, IT, 5S, entre outros – não serão abordados.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O trabalho tem por objetivo apresentar um processo de criação de uma linha balanceada e aplicação de conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing* para redução de desperdícios. O estudo pretende apresentar todo desenvolvimento do trabalho, desde a concepção do projeto, e apresentar os resultados obtidos, os ganhos e as dificuldades de implantação.

Através dos métodos utilizados durante a execução do trabalho, esse estudo pode servir como base para futuras implantações em organizações que buscam a melhoria de seus processos produtivos. A partir dos resultados, espera-se justificar os meios utilizados e mostrar o quanto tais conceitos são relevantes quando se trata de melhoria do fluxo produtivo e de indicadores de qualidade e produtividade.

Especificamente para a empresa onde foi implementado, espera-se que o trabalho possa auxiliar na obtenção de um padrão elevado de qualidade, de produtividade e de organização. Por meio de indicadores mensuráveis, apresentar os ganhos de qualidade e a projeção da produtividade, e apresentar a elevação do nível organizacional através das análises e evidências. Além disso, uma expectativa é a mudança cultural promovida pela filosofia de trabalho empregada e envolvimento dos colaboradores na ações.

Como objetivos secundários, espera-se que a utilização da metodologia adotada possa auxiliar a obtenção dos resultados pretendidos, de forma a facilitar o levantamento de dados, as análises de desperdício e balanceamento de linha, e a demonstração dos resultados.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

O presente trabalho, do ponto de vista de sua natureza classifica-se como Pesquisa Aplicada, uma vez que objetiva, a partir da aplicação pratica voltados para solução de problemas específicos, gerar conhecimento (PRODANOV; FREITAS, 2013). Neste caso, o conhecimento gerado é relativo à criação de um fluxo de linha balanceado e enxuto.

Com relação aos objetivos, caracteriza-se como Pesquisa Descritiva, visto que descreve os fatos observados de uma determinada realidade (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Quanto a abordagem do problema, a pesquisa é classificada como qualitativa e quantitativa, uma vez que considera aspectos quantificáveis e não quantificáveis. Os dados numéricos obtidos visam trazer respostas objetivas e que embasarão as ações tomadas. Os dados qualitativos mostrarão uma relação do fenômeno estudado com a realidade e o sujeito (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Quanto aos procedimentos – método - classifica-se como Pesquisa Ação, posto que "os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo" (PRODANOV; FREITAS, 2013).

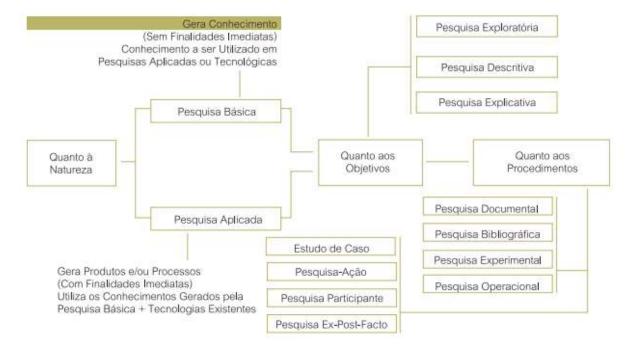


Figura 1 - Tipos de pesquisa científica

Fonte: (PRODANOV; FREITAS, 2013)

Com relação a metodologia prática adotada no trabalho, pode-se distinguir em três fases principais: Coleta de dados, Análise dos dados e Evento Kaizen. Na coleta de dados foram levantadas as informações necessárias, na Análise dos dados todas as informações foram tratadas para direcionar as ações e o Evento Kaizen possibilitou a execução das ações e o levantamento dos resultados. A definição mais exata de cada etapa será tratada de forma respectiva na seção 3 deste trabalho. Por meio dessa metodologia prática, espera-se alcançar o objetivo citado anteriormente, demonstrando como cada etapa foi crucial para a obtenção dos resultados, os métodos e ferramentas utilizadas, as análises feitas e as conclusões obtidas.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho conta com uma estrutura de cinco capítulos. O primeiro capítulo aborda de forma de forma introdutória o assunto em questão, bem como a justificativa para realização do trabalho, o escopo, os objetivos esperados do trabalho, a metodologia e estrutura do trabalho.

No segundo capítulo é apresentado o referencial teórico do estudo. É tratado sobre as linhas de produção, o que seria o fluxo em linha, os tempos de *takt time* e tempo de ciclo e a conceituação de balanceamento de linha. Posteriormente, apresenta-se os temas relativos ao *Lean Manufacturing*, seu surgimento, pilares, os objetivos do TPS, os sete desperdícios e a filosofia do Kaizen.

No terceiro capítulo é apresentado toda metodologia de implantação utilizado no trabalho. A metodologia adotada se divide em três etapas. Na primeira etapa é tratado como foi realizado o levantamento dos dados. Na segunda, toda a análise feita com base nos dados coletados e, por fim, o evento Kaizen que possibilitou um momento de implantação das ações planejadas.

No quarto capítulo, os resultados e as discussões de cada uma das três etapas citadas são apresentados, bem como um comparativo dos resultados com outros estudos realizados na mesma temática.

Finalizando, o capítulo cinco trata das conclusões obtidas por meio de todo trabalho realizado e o capítulo seis as referências bibliográficas utilizadas para a construção do referencial teórico.

2. PROCESSO PRODUTIVO

2.1 LINHAS DE PRODUÇÃO

2.1.1. FLUXO EM LINHA

O fluxo em linha é caracterizado por um arranjo físico onde as estações de trabalho alocadas em sequência, de forma que a produção segue a sequência fluindo da primeira estação à última (CORRÊA; CORRÊA, 2007). As sequências das estações são alocadas conforme a sequência de produção do produto. Segundo Moreira (2012), os sistemas de fluxo em linha podem ser classificados em:

- a) a produção em massa, para linhas de montagem de produtos os mais variados possível;
- b) a produção contínua propriamente dita, nome reservado nessa classificação para as chamadas indústrias de processo, como química, papel, aço etc. Esses processos contínuos tendem a ser altamente automatizados e a produzir produtos com elevado grau de padronização, sendo qualquer diferenciação pouco ou nada permitida.

Linhas de montagem de automóveis, eletrodomésticos e eletroeletrônicos são exemplos de fluxo em linha. Esses produtos, ao passar por cada estação é adicionado outros componentes que ao final formam o produto por completo. O fluxo em linha é caracterizado como uma produção em massa, ou seja, altos volumes de produção e baixa variedade (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001).

2.1.2. TAKT TIME E TEMPO DE CICLO

O termo "Takt" é uma palavra oriunda na língua alemã e era utilizado para referenciar a batuta do maestro, instrumento marcador do compasso da orquestra (ANTUNES *et al.*, 2008). O termo também pode significar ritmo (ORTIZ, 2010). "O tempo takt é o ritmo no qual o fabricante deve produzir um produto ou o provedor fornecer um serviço para satisfazer a demanda real do cliente" (SHARMA; MOODY, 2003). O Cálculo do tempo takt é definido como a razão entre o tempo operacional disponível líquido – tempo disponível para produção – e o quantidade total de unidades a ser produzidas. Tanto o tempo quanto a quantidade são em valores diários. No tempo disponível para produção é deduzido as reuniões, intervalos, almoço, entre outras atividades (TAPPING; SHUKER, 2010). Sendo assim, podemos definir o tempo takt como mostrado na equação 1:

$$tempo\ takt = \frac{tempo\ operacional\ disponível\ líquido}{quantidade\ total\ a\ ser\ produzida}$$
 Equação (1)

Adaptado de: (TAPPING; SHUKER, 2010)

A partir de um tempo takt bem definido, a empresa tornar-se possibilitada de realizar um balanceamento de linha mais preciso, trazendo benefícios como redução das perdas e aumento de produtividade em relação ao recurso humano aplicado (AGOSTINHO, 2015). Agostinho (2015) ainda ressalta outros benefícios na utilização do takt time, como:

- 1. Redução do *leadtime*;
- 2. Redução dos desperdícios;

- 3. Redução dos estoques acabados e ao longo da linha;
- 4. Melhor planejamento do abastecimento de insumos por parte da logística;
- 5. Facilidade de implantação de ferramentas de qualidade;

Já o tempo de ciclo é um "período transcorrido entre a repetição de um mesmo evento que caracteriza o início ou fim desse ciclo"(ANTUNES *et al.*, 2008). Em uma estação de trabalho, diversos tempos de ciclos podem ser inclusos em um mesmo tempo de ciclo – o tempo de ciclo da estação – e os tempos são geralmente medidos em segundos ou minutos (TAPPING; SHUKER, 2010)

Por meio do tempo takt e tempo de ciclo ainda é possível determinar o número ideal de trabalhadores que serão necessários para produção. Isso se dá através da divisão do somatório de todos os tempos de ciclo, também conhecido como tempo de ciclo total, pelo tempo takt. Logo, ao se reduzir o tempo de ciclo total, pode-se reduzir a necessidade de mão de obra na produção ou célula de trabalho.(SHARMA; MOODY, 2003; TAPPING; SHUKER, 2010)

Ao se comparar o tempo takt e o tempo de ciclo graficamente – conforme mostrado na Figura 3 – pode-se observar uma relação entre o ritmo de produção exigido pela demanda e os tempos de ciclo de cada atividade e identificar a necessidade de melhorias nas estações de trabalho, ou seja, oportunidades para eliminação de desperdícios e balanceamento de linha (SHARMA; MOODY, 2003).

2.1.3. BALANCEAMENTO DE LINHA

Em um processo em linha cada posto de trabalho é responsável por uma função específica. Todavia, por terem funções diferentes, os tempos de cada estação podem ser diferente entre si. Logo, isso fará com que haja na linha pontos entre estações com estoques esperando para serem processados no processo seguinte ou que uma estação fique ociosa esperando pelo processo antecessor terminar sua atividade. "As diversas etapas do processamento devem ser balanceadas para que as mais lentas não retardem a velocidade do processo" (MOREIRA, 2012).

Como consequência, a eficiência da linha seria afetada e a produção poderia ter prejuízos relacionados ao aumento do tempo de produção e dos custos (BUENO; JUNIOR; BACHEGA, 2014).

O principal objetivo do balanceamento de linha é alocar as tarefas nas estações de trabalho para minimizar tempos ociosos e os gargalos da linha. Para isso, é

necessário desenvolver uma série de ações eficazes no posto de trabalho a fim de assegurar que a produção seja realizada de forma contínua e nivelada, sem desperdícios causados por estoques entre as operações, ociosidade causada por espera de material, e movimentos desnecessários dos operadores por falta de padronização na execução das tarefas. (GALVÃO, 2018)

Ainda segundo Galvão (2018), a configuração ideal para prática e aplicação do balanceamento de linha ocorre em linhas de montagem, visto que essa configuração é mais adequada para mensuração de resultados.

Nesse sentido, a forma de equilibrar os tempos de cada estação da linha de montagem e ritmar a produção acontece por meio do balanceamento de linha. O balanceamento de linha é o processo que visa distribuir a carga de trabalho de forma uniforme entre as estações de trabalho, fazendo com que um processo produza uma quantidade igual ao processo antecessor (SHINGO, 2007). Dessa forma, o balanceamento auxilia a otimizar a utilização de pessoal, uma vez que as cargas estão equilibradas entre os trabalhadores, o que reduziria a ociosidade na atividade. Ao contrário do que é interpretado por algumas organizações, tornar as atividades balanceadas não se trata da eliminação de colaboradores – demissões – mas de redistribuir os recursos empregados e tornar mais justo as cargas entre os funcionários (TAPPING; SHUKER, 2010).

Além disso, pode-se observar benefícios como ritmo de produção global, redução de custos e redução no tempo de produção do produto – *lead time*. O ritmo de produção possibilita um melhor planejamento e controle da produção e facilitaria a gestão a tomar decisões e contornar possíveis problemas na produção. "O balanceamento de linha tende a eliminar ou reduzir significativamente os gargalos e esperas, proporcionando maior produtividade e eficiência de produção" (DOTTO, 2016).

Segundo Davis et al. (2001) o balanceamento de linha é definido em tais etapas:

- 1. Especificar a relação sequencial entre as tarefas, utilizando um diagrama de precedência;
- 2. Determinar o tempo de ciclo necessário;
- 3. Determinar o número mínimo teórico de estações de trabalho;
- 4. Selecionar uma regra básica na qual as tarefas têm de ser alocadas às estações de trabalho e uma regra secundária para desempatar;
- 5. Delegar tarefas, uma de cada vez, à primeira estação, até que a soma dos tempos seja igual ao tempo de ciclo. Repetir o processo nas estações seguintes;

6. Avaliar a eficiência da linha.

Mas se o trabalho não for alocado igualmente, "Equilibrio" ideal em que o o tempo de ciclo irá aumentar e perdas por trabalho é alocado igualmente balanceamento ocorrerão entre estágios Tempo de ciclo = 3,0 minutos Tempo de ciclo = 2,5 minutos 3.0 3,0 3.0 2,5 2,5 Carga Carga 2,5 2,0 2,0 2,3 2.2 1,5 1,5 0.5 0,5 2 1 2 3 4 3 4 Estágio Estágio Trabalho alocado para estágio Cálculo da perda por balanceamento: Tempo ocioso Tempo ocioso a cada ciclo = (3,0 - 2,3) + =(3.0-2.5)+=(3,0-2,2)=2,0 minutos Perda por balanceamento 2,0 4×3.0 = 0.1667= 16.67%

Figura 2 - Equilíbrio e perdas do balanceamento de linha

Fonte: (SLACK et al., 2009)

Dentro do Sistema Toyota de Produção o balanceamento segue uma lógica parecida, com algumas diferenças. O balanceamento de linha é realizado a partir da demanda do cliente – takt time (LIKER; FRANZ, 2011). A partir do takt time e tempo de ciclo total é calculado o número de estações necessárias e posteriormente o trabalho é distribuído de forma que o tempo de ciclo de cada estação seja próximo ao takt time (TAPPING; SHUKER, 2010).

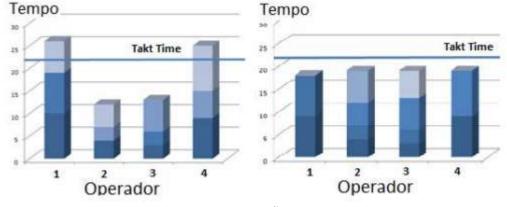


Figura 3 - Antes e depois do balanceamento dos tempos

Fonte: (GALVÃO, 2018)

Em algumas situações o tempo de ciclo pode ficar um pouco acima ou um pouco abaixo (ORTIZ, 2010). Caso o tempo de ciclo fique um pouco abaixo isso não apresenta um problema grave. Todavia, "se o tempo de ciclo for maior que o takt, a operação pode ser melhorada para atender o takt" (TAPPING; SHUKER, 2010)

2.2 LEAN MANUFACTURING

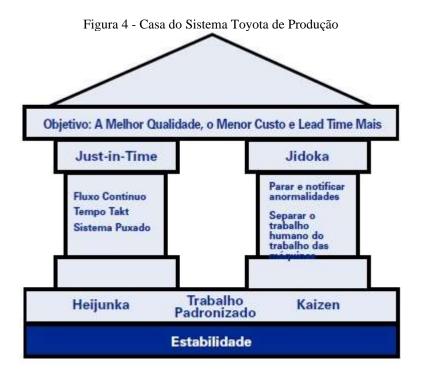
2.2.1. NASCIMENTO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (TPS)

O sistema Toyota de produção (*Toyota Production System* – TPS), também nomeado por Womack et al. (1992) como *Lean Manufacturing* no livro "A máquina que mudou o mundo", teve início no Japão no final da década de 40. O Japão teve uma desastrosa participação na 2ª Guerra Mundial, sendo extremamente afetado pelas consequências da destruição, o país enfrentou uma profunda crise. Suas organizações estavam sem direção a seguir e buscavam meios de sobreviverem a tal crise e a ser produtiva (RODRIGUES, 2016).

O presidente da empresa naquele momento e fundador da Toyota em 1937, Kiichiro Toyota (1894-1952) sabendo do marco histórico que era aquele momento para o país e para empresa, afirma que a companhia alcançaria em três anos o Estados Unidos, sendo essa forma a única que possibilitaria que a indústria automobilística do Japão sobrevivesse (OHNO, 1997).

A Toyota enfrentava alguns desafios em função de toda a situação do Japão. O mercado interno do país não era de grandes proporções e necessitava de veículos com características diferentes – alta variedade – diferente dos Estados Unidos que tinha um mercado maior. A economia estava devastada pós a guerra, o que dificultava grandes investimentos, e ainda havia a ameaça de empresas do setor automotivo se instalar no país (DENNIS, 2008).

2.2.2. PILARES DO TPS



Fonte: (LEAN INSTITUTE BRASIL, [S.d.])

Os pilares para o TPS vieram do período antes da guerra. O *Jidoka*, de Sakichi Toyoda, pregava que a meta era um trabalho que não gerava defeitos (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011). O conceito foi desenvolvido para que as máquinas produzissem e toda vez que houvesse algum problema, automaticamente parassem para que o problema fosse corrigido. Isso possibilitou um aumento na qualidade e que o operador manuseasse mais de uma máquina simultaneamente (NARUSAWA; SHOOK, 2009). A redução no número de operadores reduziria os custos e aumentar a eficiência da produção. Além disso, como a máquina para todas as vezes que há uma anomalia, todos os responsáveis pela produção teriam conhecimento do fato e poderiam traçar ações afim de alcançar melhorias para o processo (OHNO, 1997).

Outra base do TPS era o *Just-in-Time* ("no momento exato"), de Kiichiro Toyoda fundador da Toyota. Após ir na Ford, em Detroit, Kiichiro criou o conceito de controlar os estoques nos postos de trabalho da linha, o que reduziria os desperdícios (RODRIGUES, 2016).

Just in time significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessárias e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça este fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero. (OHNO, 1997)

Segundo Rodrigues (2016), a visita de Kiichiro à montadora Ford nos Estados Unidos:

[...] o levou a muitos questionamentos e ideias diante do modelo utilizado nas linhas de produção das organizações norte-americanas. Ele visualizava a necessidade de mudanças radicais e propôs as primeiras ideias direcionadas a um sistema dinâmico e eficaz de suprimento da linha e das estações de trabalho.(RODRIGUES, 2016)

2.2.3. OBJETIVO DO TPS

Segundo Narusawa e Shook (2009) o TPS foi desenvolvido pela Toyota com o objetivo de reduzir os custos, melhorar a qualidade e diminuir o *leadtime* através da eliminação dos desperdícios. O foco era o cliente que buscava por veículos a valores acessíveis as suas condições financeiras, que fosse capaz de atender as expectativas relacionado à qualidade – não defeituoso, que não dava muitos problemas etc. – e que pudesse estar disponível para ser adquirido no momento da compra. E isso só seria possível por meio dos desperdícios atrelados a produção.

Surpreendentemente, Ohno descobriu que produzir lotes menores com trocas rápidas na verdade resultava em economia de custos. Lotes pequenos também melhoravam a qualidade, pois os defeitos podiam ser detectados logo, e o lead time era mais baixo porque havia menos produtos em processo.(DENNIS, 2008)

A busca por eficiência na indústria moderna significa redução de custos e o lucro é fruto disso (OHNO, 1997). A fórmula comumente utilizada na época para estabelecer os preços dos produtos era o resultado da soma dos custos de produção e a margem de lucro pretendida (DENNIS, 2008). Ou seja, o preço passado ao cliente não necessariamente equivaleria ao valor que o cliente dava ao produto. A opção do consumidor seria comprar o produto e pagar pelo preço, ainda que não concordando com o preço, ou adquirir o produto de algum concorrente.

Nossos produtos são cuidadosamente examinados por consumidores desobrigados, racionais, em mercados livres, competitivos onde o custo de manufatura de um produto não possui qualquer importância. A questão é se o produto tem ou não valor para o comprador. Se um preço alto é colocado em virtude do custo do fabricante, os consumidores simplesmente não comprarão.(OHNO, 1997)

Logo é vital para sobrevivência da empresa a redução de custos e, por isso, Ohno defendeu a ideia de eficiência estar ligado aos custos menores e não somente aumento de produtividade. A produtividade unicamente, sem a ligação com a redução de custos, poderia gerar grandes estoques de veículos acabados que o mercado não conseguiria absorver. A Toyota passou por esse aprendizado que a colocou em uma crise financeira e à beira de um colapso (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011).

A crise do pós-guerra nos ensinou que a mera elevação da produtividade não era uma cura universal para todos os problemas da empresa. Descobrimos a importância de aumentar a produtividade e reduzir custos ao mesmo tempo em que a produção deveria ser limitada aos produtos de fato vendidos, nas quantidades vendidas e no momento que havia demanda. Em outras palavras, aprendemos que imitar o sistema de produção em massa norte-americano seria fatal no Japão.(SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011)

Segundo Dennis (2008), o preço pelo produto na maioria das empresas é um valor fixo e como o consumidor em um mercado competitivo tem variedades de escolha, acesso à diversas informações e exigência por produtos de qualidade, a única maneira de aumentar a margem de lucro seria através da redução de custos, conforme a Figura 5.

Preço fixo

Figura 5 - Redução de custos e margem de lucro

Fonte: (DENNIS, 2008)

2.2.4. O QUE É DESPERDÍCIO?

Taiichi Ohno (1912-1990) transferiu-se para a Toyota em 1943, durante a 2ª Guerra Mundial, e foi o percussor do TPS quando identificou o desperdício da espera ao fazer uma análise da seção de usinagem da Toyota, em 1947 (NARUSAWA; SHOOK, 2009). Segundo Onho, a relação de produtividade das indústrias Japonesas para as Americanas era de 1 para 9 (OHNO, 1997). Todavia, ele acreditava que a diferença entre os níveis de produtividade era um fator muito grande para ser apenas tratado como diferenças de equipamentos mais eficientes. As diferentes formas de administrar a produção eram mais representativas do que os equipamentos e esse foi foco de trabalho de Onho (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011).

Todavia, é preciso entender o conceito de valor antes de tratar propriamente do desperdício. "Valor de um produto é o que atende plenamente a necessidades, expectativas e desejos do cliente final. Valor é definido pelo cliente e deve ser criado pela organização. O cliente só está disposto a pagar por aquilo que ele considera e entende por valor" (RODRIGUES, 2016). Nesse sentido, como o cliente é quem dita o valor dado a um objeto, o foco das organizações deve ser produzir um produto que o cliente veja valor e pague por isso. Logo, todos os processos da empresa devem agregar valor ao produto, uma vez que os processos que não agregam valor o cliente não entenderá como valor.

Ohno (1997) classifica entre três tipos: desperdício (*Muda*), trabalho sem valor adicionado e trabalho com valor adicionado. O trabalho com valor adicionado indica, de certa forma, algum tipo processamento que muda a forma do produto, ou seja, o produto está sendo transformado. No decorrer das etapas de processamento, os processos vão agregando valor ao produto até a etapa final (OHNO, 1997). O trabalho sem valor adicionado é exatamente aquelas etapas de processamento que não transformam o produto, ou seja, não aumenta o valor que o cliente vê no produto, porém são atividades necessárias "por causa das atuais condições de

trabalho" (OHNO, 1997). Dennis (2008) considera essas atividades como trabalhos auxiliares que dão suporte as atividades que agregam valor, ou seja, o trabalho de fato.

Por fim, o desperdício (*Muda*) são aquelas atividades realizadas que não agregam valor ao produto e consomem recursos. São atividades nas quais os clientes não estão dispostos a pagar (NARUSAWA; SHOOK, 2009). Logo, o foco deve ser em gerar mudanças que eliminaram os desperdícios.

O foco permanente no Pensamento Lean tem como suporte principal a eliminação de *mudas* (desperdícios) em todas as etapas e em todos os níveis do processo produtivo por meio da otimização ou de mudanças das ações que as geram.(RODRIGUES, 2016)

Ohno (1997) propôs uma equação para esboçar seu pensamento e ilustrar de forma mais clara os impactos causados pelos desperdícios: Capacidade atual = Trabalho + Desperdício. Segundo ele, a eficiência máxima só poderia ser alcançada quando houvesse zero desperdício.

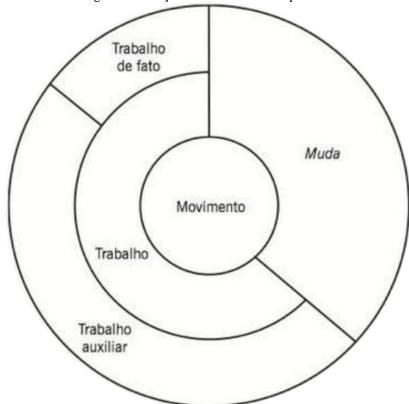


Figura 6 - Relação entre trabalho e desperdício

Fonte: (DENNIS, 2008)

O desperdício pode ser classificado em 7 tipos (NARUSAWA; SHOOK, 2009; OHNO, 1997; RODRIGUES, 2016):

- 1. Excesso de produção ou superprodução;
- 2. Tempo de espera;
- 3. Transporte;
- 4. Excesso de processamento;
- 5. Estoque;
- 6. Movimentação;
- 7. Retrabalho (produção de produtos defeituosos).

Excesso de produção ou superprodução, como o próprio nome sugere, é um desperdício associado à produção elevada ou no tempo errado, que promove estoque de produtos durante o processo e estoque produtos prontos, além de encobrir defeitos em todos os processos (RODRIGUES, 2016). Narusawa e Shook (2009) ainda acrescentam como característica desse desperdício o fato de se produzir mais cedo ou mais depressa do que o processo posterior e a demanda do cliente possam absorver. Esse desperdício é considerado como o pior desperdício, visto que "ele ajuda a ocultar outros desperdícios" (OHNO, 1997).

No período de alto crescimento, as necessidades do mercado eram grandes e as perdas causadas pela superprodução não apareciam na superfície. Entretanto durante o período de crescimento econômico lento o excesso de inventário aparece, quer gostemos ou não. Este tipo de desperdício é definitivamente o resultado da busca de quantidade e velocidade. (OHNO, 1997)

O desperdício de tempo de espera "está associado ao tempo parado da mão de obra, peças ou equipamentos e pode-se dividir em espera do lote ou espera do processo" (RODRIGUES, 2016). Segundo Dennis (2008) o *lead time*, tempo entre o pedido do cliente e o momento que ele recebe esse pedido, aumenta com o tempo espera. O autor define: *Lead time* = tempo de processamento + tempo de retenção. Assim sendo, o tempo de espera aumenta o tempo de retenção, que por vez torna mais demorado o tempo de resposta ao pedido do cliente (DENNIS, 2008).

O desperdício de transporte é geralmente ocasionado como consequência de layouts inadequados, o que resulta em movimentações desnecessárias de peças, estoques e equipamento, aumentando custos e desperdícios (RODRIGUES, 2016). Pode também ser causado por equipamentos grandes ou produção de lotes, quando esses grandes lotes precisam ser movimentados de um processo para outro. A produção de lotes menores e locação dos processos próximos podem ajudar na redução do transporte. Porém, a eliminação total desse desperdício torna-se difícil, uma vez que – ainda que numa escala menor – é necessário o

transporte (DENNIS, 2008). O transporte corresponde a 45% do custo de mão de obra e, mesmo que a mão de obra humana seja substituída por um transporte automatizado, os custos só seriam transferidos para as máquinas, o que não traria nenhum retorno de investimento (SHINGO, 2007).

O excesso de processamento é o desperdício em virtude de processar desnecessariamente ou incorretamente (NARUSAWA; SHOOK, 2009). Rodrigues (2016) ainda ressalta fatores como utilização de equipamentos mal dimensionados e alocação de mão de obra equivocada.

São caracterizadas pelo excesso de processamento requerendo melhorias voltadas a engenharia e análise de valor, visto que este processamento gera esforço desnecessário e não agrega valor ao produto ou serviço. Este desperdício ocorre quando os requisitos da qualidade são rigorosos em demasia, as instruções não são claras o suficiente, ou os requisitos do cliente não são claros (DOTTO, 2016).

O desperdício de estoque é causado devido ao acúmulo de produtos acabados ou semiacabados produzidos em quantidades maiores do que o necessário, o que retém o capital da
empresa e torna o fluxo de caixa baixo, além de aumentar os custos de estocagem
(RODRIGUES, 2016). O estoque é um resultado que evidência que "produção não está ligada
ao ritmo do mercado (puxar) "(DENNIS, 2008). Além do fator financeiro, vários outros
problemas podem ser ocasionados em função do estoque, como utilização indevida do espaço
físico, os produtos defeituosos produzidos ficam escondidos em meio a pilha de estoque e os
estoques em processos mascaram o balanceamento (RODRIGUES, 2016; SHINGO, 2007).
Pode-se acrescentar o fato do plano de produção mudar, acarretando em um desperdício de
tempo trabalhado no produto e até em perdas, já que talvez o produto não satisfaça mais a
necessidade do cliente (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011).

O maior de todos os desperdícios é o estoque em excesso. Se na fábrica tiver muitos produtos para estocar, deveremos construir um depósito, contratar trabalhadores para carregar as mercadorias para este deposito e, provavelmente, comprar um carrinho de transporte para cada trabalhador. (OHNO, 1997)

Ohno (1997) ainda ressalta o fato de a mercadoria poder sofrer danos durante a armazenagem e de ter uma necessidade de controlar esse estoque. Logo, isso acarretaria contratações de pessoas para gerir o estoque – controlar o inventário e garantir que os produtos

estão sendo armazenados de forma a minimizar as perdas — e de pessoas para reparar os produtos defeituosos e remover produtos irreparáveis.

O desperdício de movimentação dos operadores tem como origem um layout não adequado, fazendo com que o operador tenha que se movimentar para executar sua função – exemplo é o maquinário está distante. Além disso, o operador pode se movimentar para buscar uma ferramenta que não está no posto ou pode ser consequência do próprio processo que exige essa movimentação (RODRIGUES, 2016). Todo o movimento do trabalhador deve ser um movimento de trabalho, ou seja, que de fato agregue valor. O trabalho só é um trabalho efetivo quando agrega valor – faz o processo avançar e a tarefa ser finalizada – e "estar se movendo não significa estar trabalhando" (OHNO, 1997).

A movimentação de máquinas também pode ser considerada como um desperdício de movimentação (NARUSAWA; SHOOK, 2009). Outro fator importante quanto a esse desperdício é a ergonomia. As más condições ergonômicas cansam mais o operador, impactando negativamente a produtividade e a qualidade do produto que passa mais despercebida ao olhar do operador e, o que pode ser pior ainda, pode colocar o operador em condições propicias a ocorrer acidentes (DENNIS, 2008).

Por fim, o último desperdício é o retrabalho, ou seja, produção de produtos defeituosos que terão que ser corrigidos para ser vendido ao cliente. Rodrigues (2016) conceitua como produzir produtos ou bens que não atendem a necessidades de clientes internos ou externos e que estão fora da especificação, resultando em retrabalhos e perdas que impactaram nos custos da empresa. "Consiste em todo o material, o tempo e a energia envolvidos na produção e no conserto de defeitos" (DENNIS, 2008). A busca pela eliminação desse desperdício na Toyota se deu através da melhoria da inspeção. A inspeção tradicionalmente utilizada naquela época era a inspeção por julgamento, que apenas buscava descobrir os produtos defeituosos e distingui-los dos não defeituosos, todavia não podiam agir na origem do problema. A Toyota, por sua vez, adotou uma inspeção que pudesse prevenir os defeitos: A inspeção informativa. Essa inspeção é dividida em 3 estratégias — Controle na fonte, Auto inspeção e Inspeção sucessiva — e, por meio do *Poka Yoke*, consegue-se trabalhar na origem dos problemas, prevenindo os defeitos e garantindo que por meio da Inspeção 100% fosse garantida a qualidade (SHINGO, 2007).

2.2.5. FILOSOFIA KAIZEN

O principal método no TPS utilizado para realização de mudanças é o Kaizen. A palavra é uma combinação de dois símbolos japoneses (KAI = Mudança; ZEN = Bom) que podem ser entendidos como 'mudança para melhor'(SHARMA; MOODY, 2003). Segundo Imai (1990) Kaizen significa 'melhoramento' e que esse é um ato contínuo que é obrigação de todos dentro de uma organização. O autor ainda ressalta que a filosofia é um modo de vida – seja no trabalho ou em qualquer outro ambiente – e que a filosofia é tão natural e comum aos gestores japoneses que em alguns momentos nem eles mesmos percebem que o possuem (IMAI, 1990). Para Taiichi Ohno (1997), a melhoria é eterna e infinita. Imai (1990) acrescenta que há uma crença profunda nos gestores japoneses de que o melhoramento é interminável.



Figura 7 - Simbologia japonesa para Kaizen

Fonte: (SHARMA; MOODY, 2003)

A metodologia do Kaizen prega que todos os empregados de uma empresa sejam envolvidos nas melhorias de processo (ORTIZ, 2010). Isso se explica pelo fato de que quando a mudança é realizada através do envolvimento ativo dos funcionários os impactos são maiores e mais sustentáveis.

O kaizen coloca a inteligência pelo processo e a responsabilidade pela tomada de decisões diretamente nas mãos de especialistas do chão-de-fábrica, que por sua vez tomam as decisões sempre apoiados na observação de fatos reais. (SHARMA; MOODY, 2003)

Sendo assim, as pessoas que mais conhecem do processo – aqueles que executam todos os dias o processo – são considerados os principais especialistas que podem executar a melhoria. O método é totalmente baseado em trabalho de equipe (SHARMA; MOODY, 2003).

De acordo com Briales (2005), o método surgiu com o objetivo de reduzir desperdícios atrelados aos processos produtivos e consequentemente os custos, além de elevar o nível de produtividade e qualidade dos produtos e processos.

A filosofia Kaizen está baseada na eliminação de desperdícios com base no bom senso, no uso de soluções baratas que se apóiem na motivação e criatividade dos colaboradores para melhorar a prática de seus processos de trabalho, com foco na busca pela melhoria contínua. (BRIALES, 2005)

Como o conceito tem como finalidade a redução de custos, a ideia de grandes investimentos não é bem aceita. Muitas soluções que podem trazer benefícios impactantes surgem quando a criatividade é colocada em prática. Além disso, o TPS surgiu em um momento de crise no Japão pós segunda guerra mundial, onde os recursos eram escassos e grandes investimentos não faziam sentido. "Criatividade antes de gastar dinheiro"(TBM CONSULTING GROUP, 1999).

Acredito fortemente que "a necessidade é a mãe da invenção." Mesmo hoje, melhorias nas fábricas Toyota são feitas com base nas necessidades e acredito que a chave para o progresso nas melhorias da produção está em permitir que o pessoal da fábrica sinta essa necessidade. (OHNO, 1997)

As empresas tradicionais quando buscam algum processo de melhoria dentro da organização e aumento de produtividade, focam nas atividades produtivas que agregam valor – como a compra de um equipamento que tem uma produtividade maior do que um maquinário antigo. Assim, conseguem um aumento de produtividade relativamente baixo, visto que não focam nas atividades relacionadas ao processo de produção.



Figura 8 - Melhoria tradicional versus redução de desperdício com Kaizen

Fonte: (TBM CONSULTING GROUP, 1999)

Já no Kaizen, como o foco é ao contrário. As atividades que não agregam valor são priorizadas nas melhorias e, somente depois de otimizadas, as atividades que agregam são trabalhadas. Isso faz com que os impactos positivos sejam maiores, uma vez que os desperdícios são reduzidos ou até eliminados.

[...] uma organização que emprega a redução de desperdícios utilizando a filosofia Kaizen atacará as atividades que podem ser descartadas, o que implicará na eliminação de atividades desnecessárias e a melhoria advinda poderá gerar resultados financeiros, no prazo de entrega, na qualidade do produto e no processo, além de outros. (BRIALES, 2005)

A forma principal que as empresas utilizam para implementar a filosofia é através dos Eventos Kaizen. Esses eventos são formas que as organizações utilizam para conseguir o mesmo sucesso que os japoneses obtiveram (DENNIS, 2008). Um evento Kaizen é definido como "um intervalo de tempo estabelecido e agendado para permitir que um grupo de empregados se reúna e implemente a produção enxuta visando eliminar o desperdício"(ORTIZ, 2010). O evento geralmente acontece durante cinco dias – de segunda à sexta – e conta com uma metodologia para a semana.

Os consultores internos são colaboradores capacitados para orientar as equipes durante a realização de uma semana Kaizen. Eles recebem um treinamento completo sobre a metodologia Kaizen aplicada à fábrica [...](BRIALES, 2005)

O evento é dividido em três fases: pré-planejamento, implementação e acompanhamento (LARAIA; MOODY; HALL, 1999; ORTIZ, 2010).

- Pré-planejamento: é decidido a equipe do projeto e as equipes de apoio, informado a toda empresa sobre o evento e é alinhado quais são as expectativas e consequências do evento.
- 2. Implementação: período de uma semana no qual é realizado de fato o evento e acontece as mudanças.
- 3. Acompanhamento: padronização das mudanças e ganhos.

Durante a semana do Kaizen – implementação – é utilizado um dia e meio em treinamentos de conceitos, três dias no chão de fábrica coletando dados, realizando as mudanças utilizando os conceitos obtidos e meio dia documentando os ganhos e apresentando os resultados a gerência (DENNIS, 2008).

3. DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO

3.1 DEFINIÇÃO DAS ETAPAS DA METODOLOGIA

Conforme relatado anteriormente, o objetivo desse trabalho é apresentar um processo de criação de uma linha de produção balanceada e aplicação de conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing* para redução de desperdícios. Como definido no escopo, o trabalho foi realizado para a produção do produto principal da empresa, que pode diferir de acordo com o lote – que é produzido segundo a especificação da licitação – e cliente que está sendo atendido.

Pelo fato de o produto ser montado em lote, é necessária uma preparação inicial. Dessa forma, primeiramente ocorria a pré-montagem dos componentes em quantidades determinada segundo a demanda do cliente para aquele lote. Após estarem montados na quantidade determinada, os diversos componentes eram inseridos no produto (montagem). É importante ressaltar que existiam componentes que não necessitavam de uma pré-montagem, ou seja, poderiam ser instalados diretamente no produto principal, o que tornava a coordenação da produção extremamente importante para identificar o momento que um componente — independente se havia pré-montagem ou não — deveria ser instalado no equipamento. Além

disso, por se tratar de componentes eletrônicos, alguns testes eram realizados em componentes específicos que necessitam de uma avaliação sobre seu funcionamento. Por fim, um teste final com o produto é realizado verificando se o equipamento cumpre com o especificado. Assim, a produção pode ser dividida em 4 etapas principais: 2 relacionadas aos componentes (prémontagem e teste) e 2 relacionadas ao equipamento (montagem e teste final).

Tabela 1 - Etapas de produção

Produção				
Compo	duto			
Pré-montagem	Teste	Montagem	Teste final	

Fonte: Elaborado pelo autor

Sendo assim, a primeira etapa da metodologia é coletar os dados do processo de produção, com o propósito de identificar o percurso de cada componente até chegar ao produto, a interdependência dos processos, ou seja, verificar quais processos eram requisitos para realizar outros processos e coletar os tempos de cada atividade realizada, verificando o executar da atividade, o ciclo do operador e características do processo classificadas passível a melhorias – através de eliminação de desperdícios e aumento da agregação de valor.

Na segunda etapa, realiza-se uma análise dos dados coletados, avaliando a coerência dos tempos e as oportunidades de melhorias encontradas. Os números da demanda do cliente são levantados para avaliar o tempo takt e realizar o balanceamento de linha em seguida. Como não havia uma linha de produção previamente, é importante avaliar a precessão e sucessão de cada atividade com relação as demais atividades para criação de uma linha, ou seja, o fluxo lógico produtivo necessita ser respeitado.

Finalmente, na terceira etapa é realizada as mudanças planejadas por meio do evento Kaizen. O evento tem como tema específico a criação de uma linha de produção balanceada e aumento da agregação de valor mediante a eliminação dos desperdícios. Há uma agenda definida da semana, onde busca-se passar o conhecimento aos participantes, coletar dados e evidências e promover a mudança do setor produtivo dando forma uma produção em linha.

3.2 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS

3.2.1. COLETA DE DADOS

Nessa fase, foram levantados os principais dados necessários para realizar o balanceamento de linha e mapear como o produto tomava forma com a execução de cada

processo. Primeiramente, foi definido que haveria um acompanhamento da produção – um primeiro método utilizado – e, assim, por meio da observação nos postos de trabalho e tabulação das atividades executadas, bem como o tempo de ciclo de cada atividade. O intuito nesse momento era mapear o processo para entendimento de como a produção funcionava no dia a dia, verificando o fluxo de pessoas e materiais, identificando desperdícios no processo e conversando com os funcionários sobre a percepção que tinham sobre a produção, dificuldades encontradas na realização de suas atividades e oportunidades de melhorias. Os funcionários estavam cientes das observações realizadas no local de trabalho, o que faz com que a análise do tempo de ciclo possa sofrer alterações. Assim, foi analisado o ritmo de produção de cada posto de trabalho julgando a normalidade desse ritmo.

Nessa coleta de dados é utilizado uma folha de trabalho padrão, onde poderiam ser anotados vários elementos, como: identificar se havia algum documento padronizando a atividade, EPI's, ferramentas e dispositivos utilizados, poderia ser anotado observações etc. As informações principais a serem anotadas era a área, em qual das 4 etapas de atividade se encaixava e identificar a atividade. O estudo do processo iniciava-se observando a execução da atividade e fragmentando os elementos de trabalho. Esses elementos eram escritos na folha de trabalho padrão e anotava-se um detalhamento sobre cada elemento. Após acompanhar alguns ciclos e validar com o operador os elementos que compunham a atividade realizada, era cronometrado separadamente cada elemento de trabalho e anotado na folha.

Todos os desperdícios identificados por meio de conversas com os operadores, cronometragem do processo e observação da operação eram anotados nas observações.

Folha de Trabalho Padrão - FTP

Princito Acea Petero de Core Pouto / Estação Modele / Tip/Tait Time (mis) Tempo de Ciclo Emis) Variante base / Poço NT FTP Vilide a parti Prigina (str)

Detalhamento e celébrico Variante Elimbolo 8 Compo Imit)

Cededas Compo Imit)

Detalhamento e celébrico Compo Imit)

Compo Imit)

Detalhamento de celébrico Com

Fonte: Elaborado pelo autor

Posteriormente, um segundo método de coleta foi estabelecido. Nesse método a coleta não seria por meio do acompanhamento do ciclo de cada operação. O conceito era separar todo

material necessário para montar apenas um equipamento, acompanhando o processo de produção do início ao fim. Foi solicitado ao setor de produção e suprimentos que fosse separado todos os componentes que compunham um único produto. Foram selecionados 3 colaboradores que, com o conhecimento somado, conseguiriam executar todas as atividades de produção do equipamento, desde a pré-montagem até o teste final.



Fonte: o autor.

Uma área dentro da produção foi demarcada para a produção desse equipamento específico que serviria como base para a coleta de dados. Utilizou-se uma planilha base onde todas as atividades realizadas seriam tabuladas. As informações cruciais a ser coletadas foram:

- 1. Nome do posto: informação que seria preenchida após o balanceamento.
- 2. Etapa: identificando se era uma pré-montagem, teste de componente (ou teste pré-montegem), montagem ou teste final.
- 3. Processo: identificação do processo.
- 4. Descrição: descrição detalhada de cada elemento do processo, ou seja, a atividade.
- 5. Agregação de valor: uma classificação que seria realizada pós a coleta estar completa.
- 6. Tempo (segundos): o tempo de cada elemento.
- 7. Ferramenta: quais ferramentas foram utilizadas para executar cada elemento.
- 8. Dispositivo: quais dispositivos foram utilizados.
- 9. Predecessora: qual o processo que antecede.
- 10. Sucessora: qual o processo que sucede.

Figura 11 - Planilha padrão para tabulação

					•	·	3			
Item	Nome Posto	Etapa	Processo	Descrição	Agregação de Valor	Tempo Segundos	Ferramenta	Dispositivo	Predecessora	Sucessora
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										

Fonte: o autor.

3.2.2. ANÁLISE DOS DADOS

Com os dados de produção já coletados e tabulados na planilha padrão, e considerando a normalidade do ritmo de trabalho do operador, o passo seguinte foi criar linha de produção balanceada. Para isso, foi solicitado ao setor de planejamento da produção a previsão de demanda mensal para os próximos meses para o cálculo do tempo takt. Além disso, foi solicitado o tempo operacional disponível bruto (*todb*) e o tempo de paradas planejadas ao longo do dia – para almoço e café. Primeiro foi deduzido as paradas planejadas do tempo operacional disponível bruto para se obter o tempo operacional disponível líquido (*todl*). Foi utilizado uma taxa de 10% para abater o tempo de paradas não planejadas – como quando o funcionário vai ao banheiro ou faz alguma pausa no processo, ou seja, uma taxa de ocupação de 90%.

$$todl = (todb - paradas \ planejadas) * 0,9$$
 Equação (2)
Fonte: Adaptado pelo autor.

Com uma previsão de demanda para os próximos meses e a quantidade de dias uteis de cada mês respectivo, calculou-se as demandas diárias. Em seguida, com base na demanda diária de cada mês, calculou-se um valor médio de demanda diária com o objetivo de encontrar um valor nivelado de demanda.

Tabela 2 - Cálculo de demanda mensal

Mês	Demanda	Dias Úteis	Demanda/Dia Útil

Média dema	andada	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a demanda média já definida, foi realizado o cálculo do tempo takt:

$$tempo\ takt = \frac{tempo\ operacional\ disponível\ líquido}{demanda\ média} \hspace{1cm} Equação\ (3)$$

Fonte: Adaptado pelo autor.

Em seguida, iniciou-se a criação do balanceamento. Durante o preenchimento da planilha padrão, onde as informações do processo e todas as atividades estavam tabuladas, foi seguido uma sequência lógica conforme a produção do equipamento. Sendo assim, o balanceamento iniciou-se do item um até chegar ao último item da tabela. A estratégia utilizada para o balanceamento foi ir agrupando os processos, conforme a similaridade dos processos e respeitando o fluxo do processo – precessão e sucessão. O agrupamento dos processos, ocorria até o momento em que a soma dos tempos dos processos fosse similar ou próxima ao takt time. Em seguida, identificava-se o nome do posto na planilha padrão na frente de todos os processos que compunham o posto criado.

Figura 12 - Exemplo de agrupamento de processos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi preenchido na planilha padrão a coluna de agregação de valor para facilitar a análise e identificar quais postos apresentavam mais oportunidades de melhorias. Foram estipulados três casos:

- 1. AV: agrega valor.
- 2. NAV: não agrega valor, mas é necessário.
- 3. DESP: desperdício.

Desp
NAV
AV
Posto 1 Posto 2 Posto 3 Posto 4

Figura 13 - Exemplo de análise de agregação

Fonte: Elaborado pelo autor.

Posteriormente, o balanceamento de linha realizado foi validado com os líderes da produção, verificando o agrupamento dos processos nos postos de trabalho, as possíveis melhorias que poderiam ser implantadas no processo produtivo e as adequações de novas práticas para um novo sequenciamento de tarefas.

3.2.3. EVENTO KAIZEN

Com a análise aprovada o passo seguinte foi estabelecer uma forma de implantar a linha de produção balanceada na produção. Sendo assim, verificou-se a possibilidade de realizar um evento Kaizen, visto que por meio desse seria possível reunir todos os esforços necessários – pessoas e recursos. Logo, o objetivo do evento Kaizen foi claramente definido: reorganização dos postos de trabalho de forma a criar uma linha de produção balanceada. O evento foi planejado conforme a estrutura do evento Kaizen: houve um planejamento, execução e acompanhamento das mudanças realizadas no setor de produção.

Durante a etapa de planejamento foi solicitado o layout da área de produção, visando identificar quais mudanças estruturais seriam necessárias, se o espaço disponível atenderia ao novo modelo produtivo e, principalmente, a localização de cada posto de trabalho nesse espaço. Além disso, viu-se como seria o fluxo produtivo, ou seja, como seria o escoamento de produção de forma que respeitar a sequência dos postos. Foi necessário identificar como cada posto de trabalho seria abastecido de componentes, visto que isso implicaria uma adequação do layout ao fluxo de abastecimento.

Identificou-se como seria possível eliminar alguns desperdícios por meio da mudança ou adequação dos meios (ferramentas, dispositivos etc.) utilizados na produção. Além disto, verificou-se a melhor data para a realização da semana Kaizen, de forma a não prejudicar o

cronograma de produção, e foi selecionada as pessoas que iriam compor a equipe da semana Kaizen.

Foi solicitado dados de qualidade e produção dos lotes produzidos nos últimos meses, visando um futuro comparativo com os dados pós mudança. O índice utilizado para mensuração da qualidade foi o DPU – defeitos por unidade, um índice dado a partir da relação do total de defeitos encontrados pela quantidade de equipamentos produzidos.

A etapa de execução da mudança (semana Kaizen ou evento Kaizen propriamente) teve duração de cinco dias e foi iniciada com o treinamento no primeiro dia da equipe selecionada na etapa de planejamento em conceitos relacionados a tempo takt, tempo de ciclo, balanceamento de linha, sete desperdícios e outros conceitos e ferramentas ligados ao *Lean Manufacturing*. Foi ensinado como era coletado os dados de tempos, área, percurso etc., tendo em vista a necessidade de evidenciar os desperdícios e elucidar os conceitos ensinados que seriam implantados.



Fonte: o autor.

No segundo dia houve uma divisão da equipe, para determinar o que cada um coletaria de dado. Os tempos de ciclo coletados foram de algumas atividades especificas e foram

coletados com objetivo mais didático, visto que já tivera uma coleta antes para execução do balanceamento. Foi coletado o percurso da peça e percurso do colaborador na produção com objetivo de avaliar o fluxo, identificando desperdícios de transporte e movimentação. Para o primeiro caso foi identificado e mensurado o percurso de um componente desde o momento que saia do setor de suprimentos, passando pela pré-montagem, até ser montado no produto. Para o segundo caso, foi selecionado uma atividade especifica e foi mensurado o percurso total do colaborador ao executar a atividade.

Foi utilizado para mensuração do percurso o diagrama de espaguete, que visa mapear como ocorre a circulação, que pode ser visualizada por meio do desenho do trajeto do trabalhador ou do componente no layout atual (ORTIZ, 2010).

As metragens quadradas das áreas no setor de produção foram mensuradas – área livre e área ocupada – e identificadas no layout, o que possibilitaria um comparativo posteriormente como o novo layout.

O terceiro dia iniciou-se com a apresentação para a equipe do balanceamento de linha realizado e como cada posto de trabalho estava organizado, ligando o novo modelo com os conceitos do treinamento passado e as observações verificadas pela equipe na área produtiva. Foi realizado um Brainstorm com a equipe, onde muitas ideias que surgiram das pessoas envolvidas na produção ou de outros setores puderam ser compartilhadas e analisadas se seriam viáveis. As ideias para layout, fluxo de abastecimento, qualidade etc., foram apresentadas e validadas por toda a equipe.

Em seguida foram classificadas em uma matriz de esforço e impacto, com objetivo de priorizar as ideias que exigiriam um menor esforço e trariam maior impacto, e iniciou-se a implantação dessas. Durante todo o quarto dia a equipe focou em continuar com a implantação que finalizou ao quinto dia. Posteriormente, houve novamente uma coleta de dados na nova área de produção e finalizou-se a semana Kaizen com uma apresentação geral para toda a equipe e os gestores, onde foi mostrado o andamento da semana e os resultados obtidos.

Por fim, durante a etapa de acompanhamento das mudanças, foram realizados ajustes no balanceamento de linha dada a necessidade observada pelos gestores e pelos próprios operadores da linha. As ações que não foram terminadas durante a semana Kaizen ou que não poderiam ser implantadas naquele momento, foram tratadas durante o período posterior, visto a demanda de mais tempo para tratar tais pontos. Além disso, foi acompanhado a produção de um lote do produto pós mudança e foram tabulados os dados de qualidade, com o objetivo de comparar os resultados do índice DPU anterior – no modelo de produção em lote.

4. RESULTADOS

Durante a execução da metodologia mostrada acima foram obtidos resultados de cada fase. Assim sendo, os resultados serão apresentados seguindo a mesma ordem da metodologia descrita.

4.1 COLETA DE DADOS

A coleta de dados, conforme citado, é uma fase crucial do processo de criação de uma linha de produção. Para se realizar uma mudança é necessário primeiramente conhecer o que é necessário mudar com base em evidências e dados, para depois de se conhecer o processo produtivo propor as melhorias. Durante o balanceamento de linha, os tempos de cada processo de produção deve ser coletado por completo.

O primeiro método utilizado para coleta de dados, baseado em acompanhar o processo de produção coletando os tempos de ciclo, observações e evidências de desperdícios, apresentou um baixo desempenho. Conforme dito, o processo de produção que a empresa utilizava era baseado em lotes. Uma atividade qualquer que era realizada permanecia sendo realizada durante um longo tempo até se completar a quantidade total correspondente ao tamanho daquele lote. Logo, a observação de todos os processos para coleta de dados demoraria um período muito longo. Houve momentos que a equipe — formada por duas pessoas - que estava coletando os dados permanecia ociosa esperando outros processos serem iniciados, visto que aqueles que estavam sendo executados já tinham sido acompanhados. Esses momentos de ociosidade poderiam durar dias.

Apesar desse primeiro método ter apresentado dificuldades para coletar a totalidade dos processos, houve algumas contribuições importantes. Segundo Taiichi Ohno, as condições do ambiente de trabalho são a base para a melhoria continua (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011). Observar o ambiente de trabalho foi importante para ver como os fatos ocorrem na realidade do dia a dia. Tanto a observação quanto a conversa com os colaboradores foram cruciais para identificar desperdícios e oportunidades de melhorias. Houve um maior entendimento do fluxo de material, de produção e de aspectos organizacionais ligados a falta de um 5S.

Para solucionar o problema de demorar um longo tempo para coletar o tempo de todos os processos de produção utilizando o primeiro método, foi pensado uma solução alternativa. Assim, houve a proposta do segundo método de separar todos os componentes necessários para produção de apenas um equipamento e acompanhar toda a execução coletando os dados de todos os processos.

Em comparação ao primeiro método, pode-se observar que o segundo é mais eficaz no que diz respeito a coleta de tempos da totalidade dos processos, já que cada atividade não seria realizada para um lote, mas apenas para um produto. Além disso, facilita a identificar a sequência lógica de produção do produto, identificando as atividades iniciais, finais e a dependência entre as atividades.

Todavia esse método não retratava a realidade diária da produção da empresa. Ao se separar um período, um espaço específico para produção desse único equipamento e alocar as ferramentas e componentes necessários nesse local, se descaracterizou o processo produtivo em lotes. Logo, o segundo método se mostra menos ineficiente no que se refere a identificar desperdícios e oportunidades de melhoria de layout, fluxo etc.

Abaixo, é apresentado um resumo da quantidade de etapas, processos e atividades mapeadas. Dentro das 4 etapas foram mapeados 96 processos, que se eram compostos por 670 atividades.

Tabela 3 - Resumo de dados coletados

Dados coletados	Quantidade
Etapas mapeadas - (pré-montagem, teste, montagem e teste final)	4
Processos mapeados	96
Atividades mapeadas	670

Fonte: o autor.

Os dados apresentados acima, faltaram alguns processos relacionados à teste de um componente específico que não foi possível disponibilizar para a coleta, dado que houve atraso na entrega pelo fornecedor. Esse processo foi tratado a parte posteriormente.

Ao final dessa fase, as anotações obtidas durante as observações e os dados coletados e tabulados na planilha padrão, foram reunidos para a fase de análise. Abaixo é mostrado uma foto das linhas iniciais da planilha preenchida.

Figura 15 - Planilha padrão preenchida

hat -	None Posts - 8	Claps	Processo	Dennigão	Agregação de VI	Tempo Seguni	Ferraperta	Predecemora	Successora
1	L Moreus Tomada Caba Corecol S	Pré-Montagem	1. Horear Toreada Cabo Correlle	Pegare adamour cabo fil	Desperdoo	23			19-26
2:	1. Montar Tomada Cabo Control	Pré Mockagem	1. Montar Tomada Cabo Comote	Formatiar cabo 61	TWAV	51			19-26
3	1_Moraar Formula Cabo Corenta	Pré Mockagem	1 Montai Tortada Cabo Corrole	Formatar oabo 50	TWO	17			D-26
4	L. Montar Tomada Cabo Controls	Pré Montagem	1. Morrial Tomada Cabo Comrole	formatar cabo 60	FMAY.	28			19-26
5:	1_Morear Tomada Cabo Control (Pré Montagem	1 Plomer Tomada Cabo Comple	Ptender areas whereo construgades is	Desperdicio	28	Diagodeira		19-26
fi.	L'Montas Torreda Cabo Control S	Pré Montagem	1 Montal Tomada Cabo Comrole	colocar o toroide nos cabo 61,53,60	AV.	36	-		19-26
7:	* Montar Torracta Cabo Controls	Pré-Montagem	1: Monte Tortada Cabo Controle	aquecier cabo 51no corcide	Desperdicio	90	Soprado		19-26
8	L Nordai Tomada Cabo Control 3	Pré Montagen	1 Montar Torenda Cabo Controle	paniar nabor toroide \$3	AV.	30	20000000		19-26
9	1. Montar Tomada Cabo Control I	hé Montagem	1 Montar Tornada Cabo Controle	equecer caboritorolde 53	Desperdico	9	and the second		19-26
10	** Morean Towards Cabo Corects R	Pré Montagem	1 Montal Tomada Cabo Console	conectar cabos tonada de correcte 55	AV.	60	Allowe de bios		15-26
TI.	1. Montar Tomarda Cabo Control I	Tré Montagem	1. Morrow Tomada Cabo Comrole	presser trabus toroide 60	All	47	STATE OF THE PERSON NAMED IN		19-26
12	Montal Tomada Cabo Corecel 9	Pré Montagem	1 Montar Toniada Cabo Comrole	arquecer cabor toroide 60	Desperdicio	B	Soprador		79-26
13	L'Honter Tomasta Capo Controls	Pré Montagem	1. Home Tomeda Cabo Comrete	conectar cubos 60	AV	121			19-26
14	L Norta: Torrada Cabo Control I	Oré Montagem	1 Montar Toronda Cabo Comrole	ponar reiroccontratil	1950	20	Tennose		18-26
15	L Morase Tomada Cabo Corecol S	Prò Muntagam	1. Morear Tornacta Cabo Corre ole	colocar terrocontralif no tororde	AV.	17			19-26
16	1. Montar Tomada Cabo Control	Pré Mockagem	1 Montar Tomada Cabo Comrole	aquecial totolda	TANV.	41	Soprador		19-26
17	L Mora at Tomada Cabo Corava S	Pré Mootagem	1 Money Towards Cabo Correcte	conectas aser emerco na tomada o abo conecile	W	42	Chave Philips		TD-235
18	1. Montar Tomada Cabo Controls	Ne Montegern	1. Montar Tornada Cabo Comole	oprectat o cabo 58 na torsada papo pomeste	AV	36	Allows de blos		19-26
19	1_Morest Tomada Cabo Controls	Terre Pré-Montagen	2. Terre de Tração	Conferenciação dos cabos	AV.	TITE:	Alcivie	1a30	
20	Liffentar Tomada Cabo Controls	Testa Pré Montagen	2 Teste de Tração	apenal cato persoloni	Desperdicio	21	Chace Photogra	T+10	
21	1_Monter Torrade Cabo Control	eene Pré-Montagen	3. Teste de Continuidade	conectar sabor no dispositivo de teste (Gigal)	Air.	54		1a16	
22	L Montas Tomada Cabo Coracoli T	Testa Pré Montagem	3. Teste de Continuedade	Testa pelo aquo amento	AV	12		1 a 16	
23	1. Montay Tomada Cabo Control	ecce Pré Montagen	3 Teste de Controutisde	teste do multimento	AV.	39		1+12	
24	L Morean Tomada Cabo Corecte	Testa Pré Morragem	d. Teste de Toapilio	Verligar conecião dos cubins	AV.	23			
25	L Montar Tomada Cabo Control	erra Pré Montagem	5. Taste de Controuidade	conectar na DICA	AV.	14			
26	L Morase Tomada Cabo Cormoli 1	Texts Pré Montagen	5 Testo de Contradade	ligargiga - matramente	AV.	76			
27	L.Montar Tomata Cabu Control		6. Formana Cabo 85 NFA pa DFPM	Encaper cubos tra gabants	AV	10			
28	L Montar Tomada Cabo Control (Pré Montagem	6. Framew Cabulti PERpaDEPM	aqueow or cabos	AV.	21			
29	Li Morase Tomada Cabo Coracolo S	Prè Montagem	8. Formalia Cabo 85 SEN pa DEPSH.	оответа сабор	AV	7			
30	1_Monter Tomada Cabo Control		8. Foreign Cabo 83 REVI pa DEPRE	\$5.40E	AV	14		3 3	
31	L'Norse Tomada Cabo Coranda	Pré Mootagen	6. Formula Calm ISS RM pa DFPM	rea o cabo do gabanto	W	2			

Fonte: o autor.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados se iniciou com o cálculo do tempo takt. Foi disponibilizado a demanda de produtos entre o que seria o próximo mês, julho, a data de entrega do último equipamento do ano correspondente – novembro. Obteve-se a demanda diária de produção para cada mês respectivo e chegou-se, por meio da média simples, ao valor de 16 produtos produzidos diariamente.

Tabela 4 - Dados da demanda mensal

Mês	Demanda	Dias Úteis	Demanda/Dia Útil
Julho	300	23	13,0
Agosto	155	21	7,4
Setembro	464	21	22,1
Outubro	516	21	24,6
Novembro	260	20	13
	Média dema	16,0	

Fonte: o autor.

A utilização da média como base para demanda diária levou-se em conta que não seria viável para empresa alterar o ritmo de acordo com o tempo takt do mês. Uma possível mudança de ritmo de produção a cada mês faria com que a empresa tivesse que contratar em períodos de maior demanda e demitir em períodos de baixa.

Como maleficio, haveria custos a cada mês ou de demissão ou contratação. Além disso, ao se contratar um novo funcionário deve-se realizar o processo de integrá-lo e treiná-lo para executar suas atividades, o que demandaria tempo e poderia afetar na qualidade do produto.

Por mais que um funcionário antigo da empresa possa voltar a fazer parte da empresa, nada garante que o mesmo funcionário demitido em um mês seja contratado no próximo. Dessa forma, é importante assegurar que o processo de produção seja executado por funcionários treinados e experientes para que a qualidade não seja afetada por mudanças no quadro de funcionários.

Outro ponto negativo é que o nivelamento dessa demanda faria com que estoques fossem gerados em meses em que a demanda diária for menor do que o takt time. Esse estoque seria consumido nos meses seguintes e não seria empurrado para a venda, visto que a venda já havia sido realizada, o que atenuou o desperdício de estoque. Esse é um desafio ainda a solucionar.

Levando em consideração o crescimento da empresa previsto para o próximo ano, foi definido pelos gestores utilizar a demanda diária de 25 equipamento ao invés de apenas 16. Adotando essa nova demanda, a empresa tanto atenderia a demanda do ano vigente quanto à uma demanda maior no futuro. Já com as informações necessárias, foi cálculo o tempo takt.

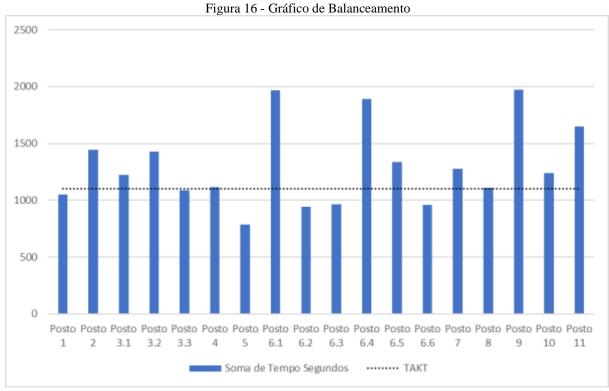
Tabela 5 - Cálculo do tempo takt

Descrição	Valor
Tempo operacional disponível bruto	600 minutos
Parada planejada – Almoço	60 minutos
Parada planejada – Café	30 minutos
Tempo operacional disponível líquido	510 minutos
Taxa de ocupação – 90%	459 minutos
Média demanda diária adotada	25 unidades
Takt Time em minutos	18,36 minutos
Takt time em segundos	1101,6 segundos

Fonte: o autor.

Com o tempo takt em mãos o passo seguinte foi realizar o balanceamento. Conforme a Figura 16 mostra, foram definidos 18 postos de trabalho que compunham a produção do equipamento. Alguns postos de trabalho foram agrupados em células pela afinidade ou por serem processos subsequentes. Os postos 3.1, 3.2 e 3.3 formaram uma célula de trabalho, onde as atividades se complementavam e dois componentes eram fabricados para serem instalados no produto. Os postos 6.1 a 6.6 formaram outra célula de trabalho – composta por 6 postos – que realizavam processos na sequência e produziam o principal componente do produto.

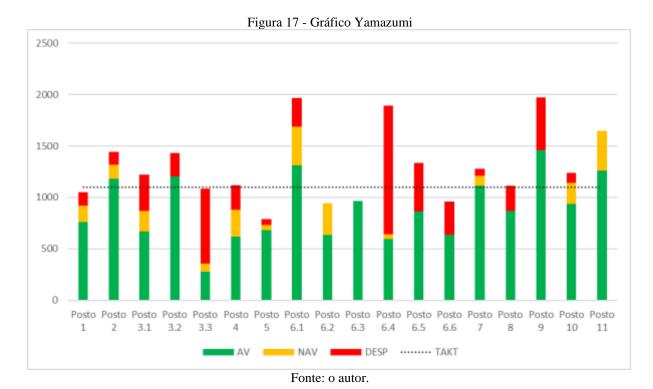
Assim, foi definido que a mudança de acordo com o balanceamento ocorreria e que essa célula seria acompanhada posteriormente.



Fonte: o autor.

O posto 8 foi o ponto de maior criticidade no balanceamento. Apesar de o tempo de ciclo ficar próximo ao tempo takt, alguns processos relacionados a esse posto faltaram ser levantado os dados, conforme mencionado na seção anterior – coleta de dados. Por meio da experiência dos gestores e operadores que executavam esse processo, foi definido que seria interessante criar uma célula de trabalho e acrescentar 3 postos, formando a célula 8 com 4 estações de trabalho.

Por meio do gráfico Yamazumi da Figura 17, foi possível verificar quais postos estão com tempo de ciclo maior do que o tempo takt e relacionar a agregação de valor. Logo, mesmo que para alguns postos o tempo de ciclo apresentou-se maior, analisando somente o tempo de agregação de valor, nota-se que essa diferença é pequena. Outras atividades, como no posto 5, apresentaram tempos de ciclos totais bem inferiores ao tempo takt. Isso poderia gerar um desperdício de ociosidade. Todavia, não foram encontradas alternativas que solucionariam em um primeiro balanceamento linha as cargas com tempos de ciclo inferiores, visto que distribuir essas atividades poderia fazer uma sobrecarga em outros postos.



Assim, a principal estratégia era implantar a linha de produção segundo o balanceamento realizado e por meio do Kaizen eliminar o quanto possível as atividades que não agregam valor e os desperdícios. Com isso, seria possível alcançar resultados benéficos e construir uma base para futuras melhorias no balanceamento, que poderiam auxiliar na redução de postos de trabalho e na redução de espera.

4.3 EVENTO KAIZEN

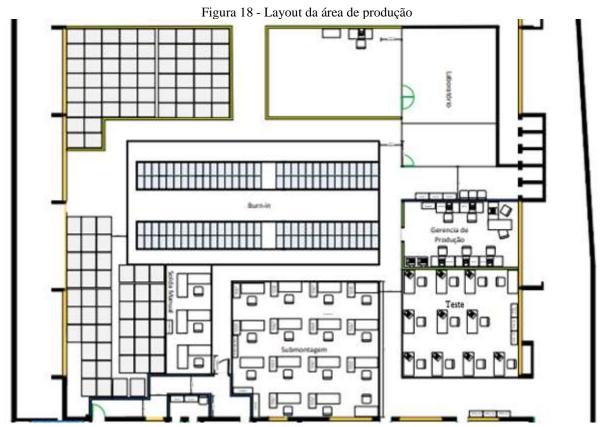
Durante a etapa de planejamento do evento Kaizen o critério utilizado para escolha da equipe foi de multidisciplinaridade e experiência. Com isso, seria possível obter o máximo de pontos de vistas diferentes, o que possibilitaria ter uma visão ampla de como a mudança deveria ser e quais seriam os impactos. Pessoas de setores auxiliares — P&D, qualidade, suprimentos etc. — e níveis hierárquicos diferentes foram selecionadas. Além desses, algumas pessoas da consultoria apoiaram na execução do evento.

Tabela 6 - Equipe do evento Kaizen

Setor	Quantidade de pessoas
Produção	7
Suprimentos	1
Qualidade	1
Planejamento e Controle da Produção	1
P&D (Pesquisa e desenvolvimento)	2
Consultoria - Externos	6
Total	18

Fonte: o autor.

Para realizar o planejamento de como funcionaria a linha de produção, foi disponibilizado o layout do setor de produção. A produção contava com uma área de produção dividida em 4: Solda manual, submontagem, teste e Burn-in.

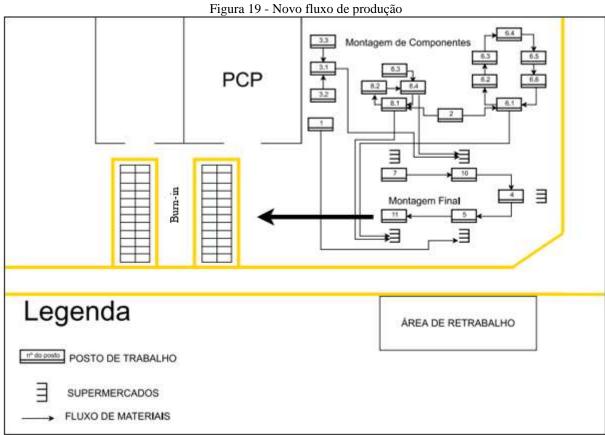


Fonte: Disponibilizado pela empresa.

Com base nesse layout e no balanceamento de linha, iniciou-se o planejamento de como seria o fluxo de produção, onde cada postos de trabalho seria alocado na área produtiva e as mudanças estruturais necessárias. Os componentes eram montados na área de solda manual e submontagem e testados na área de teste. Após, eram instalados no equipamento na área de

Burn-in, o equipamento mantido ligado por 24 horas e depois passava pelo teste final na mesma área.

O novo fluxo produtivo teria como base uma linha de montagem principal e linhas de montagem de componentes que abasteceriam a linha principal. Dessa forma, a montagem de componentes seria alocada na antiga área de teste e a linha principal – Montagem principal – na área onde era a submontagem.



Fonte: o autor.

Na parte de montagem de componentes o posto 1 montaria um componente e abasteceria o posto 5 da linha principal. A célula 8 montaria dois componentes que abasteceriam o posto 10 e 11. A célula 6 montaria o componente principal e abasteceria o posto 11. Tanto o a célula 8 quanto a célula 11 teriam um fluxo onde o primeiro posto da célula realizaria as primeiras e as últimas atividades de montagem de componentes. O posto 2 faria pré-montagens em componentes necessários na célula 8 e 6.

No arranjo antigo da produção o layout adotado era por processo. Na área de teste o nível do colaborador era técnico e na pré-montagem e montagem, montador. Na mudança do arranjo foi adotado o layout celular, o que eliminaria transporte de componentes e colocaria na linha, segundo a necessidade de cada posto, técnicos e montadores trabalhando juntos. Assim,

na célula 8 e 6 haviam dispersos na célula tanto técnicos e montadores para teste e montagem de componentes, respectivamente.

A linha principal contaria com um fluxo iniciando no posto 7 e finalizando no posto 11. No decorrer do processo o equipamento iria receber seus componentes necessários em cada posto, finalizando com o produto no posto 11. Uma mudança seria na forma como o equipamento se deslocaria de um posto para outro na linha. No layout antigo, os equipamentos ficavam fixos e o operador se deslocava de equipamento a equipamento instalando o componente a qual foi designado a ele instalar, o que gerava excesso de movimentação e transporte de componentes. Uma solução encontrada foi colocar rodinhas nos suportes onde o equipamento era fixado para montagem. Assim, não seria mais o colaborador que iria se deslocar e, sim, o equipamento fixado em um carrinho de transporte.

A criação de um carrinho de transporte, por si só, desempenha um papel importante para a sincronização da linha produção e verificar desperdícios, como superprodução (OHNO, 1997).

Após isso, o produto seguiria para a área de Burn-in, onde seria mantido ligado por 24 horas. A área de Burn-in foi delimitada como o posto 9, ou seja, o técnico passaria em equipamento por equipamento realizando o teste final após as 24 horas. Esse foi o único posto onde o colaborador andava para realizar suas atividades.

Foram passados os dados de qualidade da inspeção final do produto. O objetivo seria comparar os dados de antes, na produção rodando no modelo antigo, com os dados pós mudança. Com isso, seria possível mensurar o benefício layout celular, do balanceamento de linha e eliminação dos desperdícios. Os dados coletados correspondiam aos 3 últimos lotes produzidos, o que contabilizava um total de 324 equipamentos. Os dados desses equipamentos mostravam que foram contabilizados na inspeção final 199 defeitos decorrentes da montagem do equipamento. Assim, a taxa DPU – defeitos por unidade – do somatório desses lotes seria de 0.614 defeitos/unidade.

Durante a etapa de mudança que se iniciou com o treinamento da equipe, foi realizado o diagrama de espaguete do componente principal do equipamento. O espaguete coletado correspondia ao fluxo do componente no layout antigo. A análise do espaguete permitiu verificar o quanto as peças, que vinham do setor de suprimentos para serem pré-montadas, eram transportadas até ser, finalmente, instalada no produto.

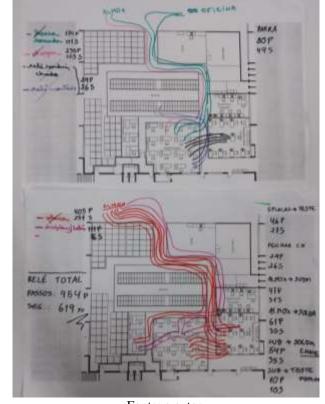
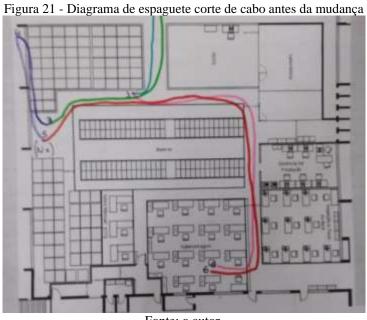


Figura 20 - Diagrama de Espaguete do componente antes da mudança

Fonte: o autor.

Outro diagrama de espaguete coletado foi do percurso do colaborador ao realizar uma atividade específica de corte de cabo.



Fonte: o autor.

Os tempos de ciclos coletados de algumas atividades serviu como base para discussão da equipe sobre a forma de trabalho, os desperdícios e aumentar a percepção de valor agregado dos colaboradores. Isso foi fundamental, pois a percepção dos trabalhadores ao olhar o processo de fora foi diferente da usual e permitiu visualizar melhorias que poderiam ser discutidas posteriormente e implementadas.

Foi coletado a metragem da área de produção, identificado cada área no layout e anotando os dados de área livre e área ocupada em cada local.



Figura 22 - Metragem da área de produção antes da mudança

Os dados foram colocados em uma tabela para se obter um cálculo total da área livre e ocupada no setor de produção.

Tabela 7 - Área livre e ocupada no setor de produção

Área/local	Área total	Área ocupado	Área livre
Pré-montagem 1	92,92	54,91	38,01
Pré-montagem 2	17,68	8,4	9,28
Teste	59,06	24,88	34,18
Gerência	35,1	11,55	23,55
Produção - montagem	309,2	39,76	269,44
Estoque 1	73,71	73,71	0
Estoque 2	35,02	35,02	0
Área de inspeção	63,32	0	63,32
Embalagem	36,96	9,24	27,72
Corredores	160,28	0	160,28
Total	883,25	257,47	625,78
%		29,15%	70,85%

Fonte: o autor.

Ao terceiro dia do evento foi apresentado aos colaboradores o balanceamento, o fluxo de produção da Figura 19 exemplificando o funcionamento da linha de produção e um esboço do futuro layout. Após retirar as dúvidas e a discussão, foi validado a proposta de mudança com a equipe. A percepção deles foi fundamental, visto que quem operava na produção e seria mais impactado pela mudança seriam eles mesmo. Além disso, segundo Masaaki Imai, somente com a participação ativa dos colaboradores na implantação das melhorias consegue-se obter um kaizen eficiente e que explore todo potencial de melhoria (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011).

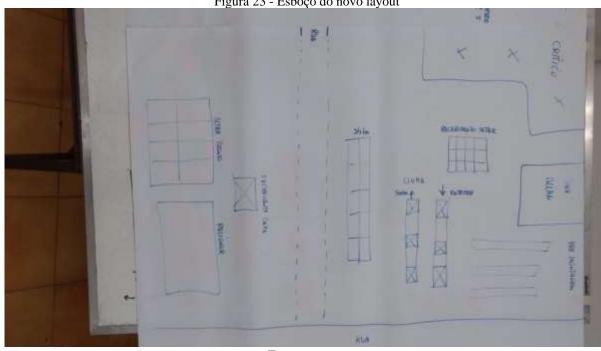


Figura 23 - Esboço do novo layout

Fonte: o autor.

Em seguida, foi realizado o brainstorm de aproximadamente 30 minutos e, após esse tempo, cada um da equipe foi falando sua ideia e verificando se alguém teve alguma ideia parecida. As ideias foram julgadas segundo o impacto e esforço para implementá-las e foram coladas na matriz agrupadas segundo a similaridade das ideias.



Figura 24 - Matriz de impacto e esforço

A maioria das ideias geradas foram agrupadas no quadrante 1 – Alto impacto e baixo esforço (dificuldade) – que teve que ser separado dado a quantidade gerada. Isso mostra o quanto a equipe se engajou para gerar ideais de melhorias para a produção. Foram geradas ideias relacionadas ao layout, abastecimento de linha, qualidade, 5S, melhoria de dispositivos e ferramentas etc.

Durante todo o quarto dia a equipe focou em executar as melhorias. No início do dia foi feito um protocolo com as ações a serem realizadas designando os responsáveis por cada tarefa. Assim, a equipe começou a mudança na área de produção adequando-a ao novo modelo. Foram feitos três encontros ao longo do dia verificando o status de cada ação e alocando as pessoas em outras atividades conforme as ações eram concluídas.



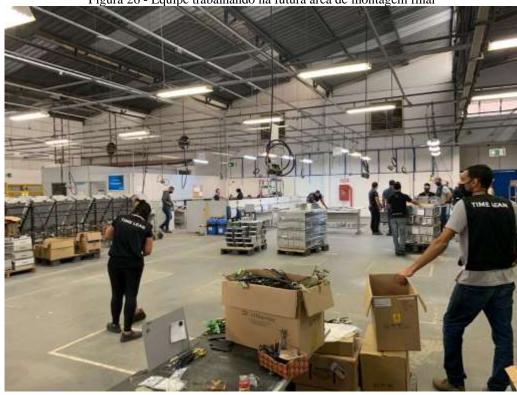
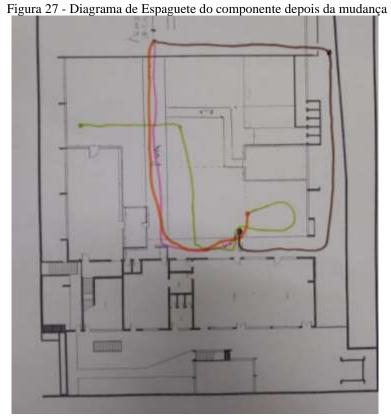
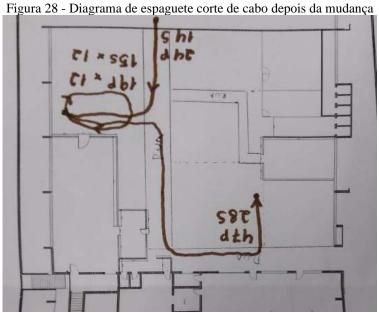


Figura 26 - Equipe trabalhando na futura área de montagem final

Fonte: o autor.

As mudanças foram finalizadas no quinto dia pela manhã e, em seguida, foram feitos novos espaguetes para o componente principal e o percurso do trabalhador para cortar cabos.





Fonte: o autor.

A metragem da nova área de produção foi anotada em uma folha. Todavia, dado o curto tempo que havia para preparar a apresentação da semana para diretoria, não foi tabulado os dados e colocou-se na apresentação somente a área livre do layout novo. Essa folha se perdeu posteriormente e não foi possível acessar a esses dados detalhados conforme a Tabela 7.

Tabela 8 - Informe de resultados da semana Kaizen

Objetivo	Valor atual	Meta	Resultado	Diferença
Capacidade produtiva mensal	207	550	550	343 (165% de aumento projetado)
Área livre	625,78m²	+20%	731,44m²	+16,88%
Percurso cortar cabos	20174	-30%	6104,7	-69,7%
Percurso componente	667m	-30%	220m	-67,0%

Fonte: o autor.

Por meio da Tabela 8 percebe-se que houve um aumento da capacidade produtiva da empresa que antes era de 207 equipamentos – o mês de maior produção até o momento da mudança. O balanceamento de linha permitiu elevar para 550 a capacidade mensal de produção, o que representa um de 165%.

Em relação ao aumento de área livre, a meta não foi alcançada por uma diferença mínima. Porém, os dados da análise de espaguete indicavam que houve uma significativa melhora no percurso tanto do componente principal quanto do operador ao realizar a atividade de cortar cabos. Portanto, apesar da meta da área livre não ser atingida, isso não foi agravante, visto que os dados dos percursos indicavam uma grande redução de desperdícios de movimentação e transporte.



Figura 29 - Apresentação do kaizen para diretoria

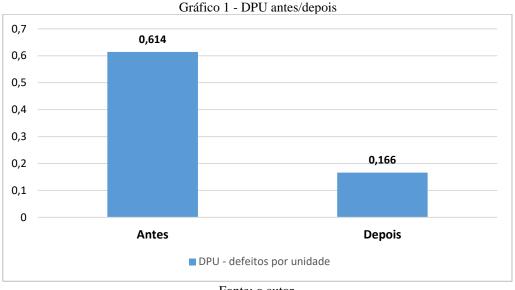
Fonte: o autor.

Na fase de acompanhamento o primeiro passo foi avaliar as ações que não foram finalizadas durante o evento Kaizen e aquelas que não foram sequer cogitadas de serem implementadas naquela semana dado o esforço que seria dispendido. Assim, foi protocolado – um uma planilha de planos de ação – 36 ações de melhoria a serem finalizadas com prazo e responsáveis.

Figura 30 - Fração do "planos de ação kaizen"

	Planos de Ação Kaizen						
#	Atividade	Responsavel	Prazo	Status			
1	Criar rotina de supervisores(gestão de resultados)(shopfloor)	Alvarium/Allan	28/ago	\oplus			
2	Criar alerta de retrabalho e parada de linha	Alvarium	28/ago	\oplus			
3	Criar forma de ritmar e sinalizar o TAKT(cronometro, tabela de horarios)	Allan/Alvarium	28/ago	\oplus			
4	Fazer garra para segurar painel no suporte	Elton	28/ago	\oplus			
5	Fazer carrinhos para completar a linha	Maressa/ Elton	31/jul	\oplus			
6	criar carrinhos varais para os postos de cabeamento	Maressa/ Elton	28/ago	\oplus			
7	Definir responsaveis e rotina de abastecimento de linha almoxarifado+produção)	Allan, Lyvio, Alvarium	28/ago	\oplus			
8	Criação de gigas necessárias para osetor de retrabalho	Rafael	28/ago	\oplus			
9	Melhoria, identificação, Registro nas gigas utilizadas pelo teste	Rafael	28/ago	\oplus			

Além disso, após a produção do primeiro lote de produtos depois da mudança no processo produtivo, foi avaliado os dados de qualidade do teste de inspeção final, o que possibilitaria fazer análises acerca da evolução dos dados de qualidade e mensurar, caso houvesse, o benefício do novo sistema produtivo. Dessa forma, a produção total foi de 175 equipamentos e uma contagem de 29 defeitos na inspeção final, o que indica uma taxa DPU de 0,166 defeitos/unidade.



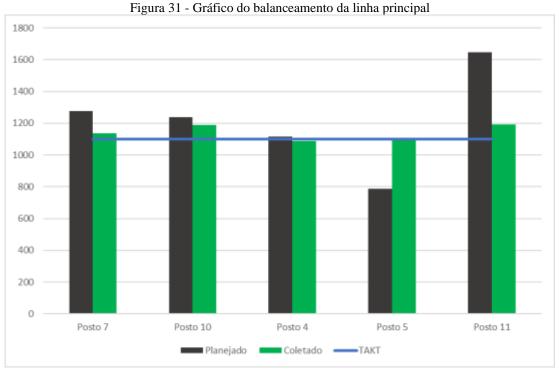
Fonte: o autor.

A partir do Gráfico 1, pode-se concluir que houve uma redução de 73% no índice DPU, o que indica uma melhora significativa na qualidade. Com a mudança, foi possível eliminar problemas decorrentes da produção em lote que geravam transtornos na montagem do equipamento. Além disso, uma vez que o estoque entre processos seria mínimo, ao se identificar uma falha na montagem o problema não seria replicado para um lote inteiro. Diferentemente do processo em lote que quando existia um defeito na montagem ou teste, o erro era replicado e somente identificado quando o lote todo seguia para o processo seguinte. Isso reduz o tempo desperdiçado para correção.

Além do mais, segundo Suzumura, na produção em lotes as pessoas costumam relaxar com o trabalho no início do mês e acabam o período trabalhando como "loucas", ou seja, os erros acontecem quando as pessoas executam o trabalho com pressa (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011). Diante disso, ritmar o fluxo de produção beneficia a qualidade no que diz respeito a não acumular trabalho ao final do período. Quanto mais trabalho for acumulado para o final do período, maior será a velocidade de execução e menor será o nível de atenção. O que resultado em uma perda de qualidade.

Durante a produção do lote de 175 equipamentos foi acompanhado o balanceamento, com o objetivo de validar. O primeiro acompanhamento foi o do fluxo da linha principal. Durante a coleta de dados e em conversas com os operadores da linha foram sugeridas algumas mudanças de atividades entre os postos. Essa mudança se deu visto que na visão dos colaboradores havia momentos que eles ficavam esperando o posto anterior terminar suas atividades para a linha andar, o que gerava certa ociosidade. Além disso, alguns componentes que eram instalados nos equipamentos nos postos finais da linha geravam certa dificuldade de instalação, visto que havia vários componentes já instalados que atrapalhavam o manuseio da ferramenta durante a instalação. Assim, segundo a sugestão dos operadores foi mudando de posto algumas atividades.

Com base nas mudanças sugeridas ao longo de todo acompanhamento, chegou-se a um modelo.



Fonte: o autor.

Percebe-se a partir da Figura 31 que a realocação das atividades da linha principal permitiu ajustar o balanceamento planejado, aperfeiçoando todo trabalho realizado. A Tabela 9 mostra os dados coletados expostos na Figura 31. Com base na diferença entre soma dos tempos planejado e coletado – 366 segundos – verifica-se que os tempos totais ficaram próximos, o que ressalta a importância da coleta de dados e balanceamento antes de executar as mudanças, e que essa diferença foi resultado da eliminação dos desperdícios.

Tabela 9 - Dados do balanceamento da Linha principal

Linha principal	TAKT (s)	Planejado (s)	Coletado (s)
Posto 7	1101	1276	1136
Posto 10	1101	1238	1188
Posto 4	1101	1117	1088
Posto 5	1101	787	1095
Posto 11	1101	1647	1192
SOMA		6065	5699

Fonte: o autor.

O acompanhamento da última estação de trabalho, que realiza os testes finais do equipamento após as 24 horas de burn-in, também apresentou um valor coletado próximo ao tempo takt, apesar do valor planejado ter uma grande diferença com o takt.

Tabela 10 - Dados do balanceamento do posto 9

Estação	TAKT	Planejado	Coletado
Posto 9	1101	1973	1093

Fonte: o autor.

Por fim, o acompanhamento dos postos de montagem de componentes mostrou seria necessário mais evento de melhoria. Os postos 1 e 2 ficaram com o tempo de ciclo razoavelmente abaixo do tempo takt, o que não seria um problema grave no primeiro momento. Todavia, as células 3, 6 e 8 apresentaram alguns problemas.

A célula 3, que contava com três postos, ficou com dois postos com o tempo de ciclo ligeiramente acima do takt time e a atividade realizada nesses postos eram difíceis de serem fragmentadas para balancear com o outro posto que ficou com o tempo de ciclo bem abaixo do tempo takt. Assim, seria necessário melhorar ferramentas, dispositivos e o próprio processo, para conseguir distribuir as atividades de forma que ficasse apenas dois postos na célula 3.

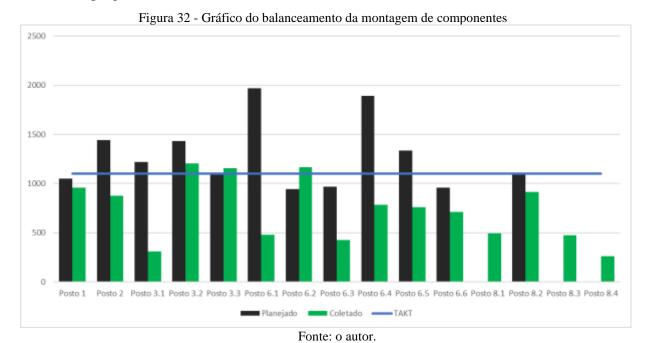
A célula 6 foi a que mais apresentou melhoria em vista do planejado, o que fez com que cinco dos seis postos ficassem com o tempo de ciclo bem abaixo do takt time. Nessa célula, o componente que era montado contava com seis placas eletrônicas. Um desses testes era de comunicação de uma placa eletrônica com as outras cinco pertencentes ao componente. No processo antigo, as placas passavam por testes em lotes separados por tipo de placa. Por exemplo, se o lote de equipamento fosse igual a 100, deveriam ser montados 100 componentes. Cada componente é formado por 6 placas eletrônicas. Assim, seriam realizados 100 testes por tipo de placa, totalizando 600 testes para um lote de 100 equipamentos.

No processo novo, como o conjunto de placas seguia a sequência de montagem do componente, apenas um teste de comunicação era feito onde as seis placas eram testadas simultaneamente. Ou seja, em um lote de 100 equipamentos que necessita de 100 componentes,

não haveria necessidade mais de realizar 600 testes e, sim, apenas 100, visto que as seis placas eletrônicas seriam testadas em conjunto. Assim, houve uma eliminação de desperdício de excesso de processamento.

Eliminando o teste em lote, deixando apenas um teste simultâneo, o tempo de ciclo dos postos da célula reduziu drasticamente. Essa foi uma sugestão dada pelos técnicos, que realizam os testes, durante o acompanhamento da produção. Assim, em uma futura melhoria, seria possível rebalancear a célula de forma a eliminar até dois postos de trabalho.

A célula 8, conforme já citado, faltou alguns dados para realizar o balanceamento e foi colocado quatro postos na célula segundo sugestões dos gestores. Porém, após o acompanhamento verificou-se que poderia haver melhorias que reduziriam pela metade a mão de obra empregada na célula.



Por fim, a Tabela 11 mostra como foi trabalhado na semana do evento para reduzir e eliminar, caso possível, os 7 desperdícios que foram identificados no processo produtivo da empresa. Além disso, há ainda oportunidades para tratar dos desperdícios e tornar o processo mais eficiente.

Tabela 11 - Redução dos desperdícios

Desperdício	Como foi solucionado			
Superprodução	Com a mudança da produção em lote para a produção em linha,			
	não haveria uma produção excessiva de componentes antes do			
	tempo que os processos seguintes requisitem. Apesar disso, ainda			
	havia possibilidades de melhoria referente as linhas de			

	componentes que poderiam ser mais sincronizadas entre elas e a		
	linha principal, a fim de reduzir produção a mais.		
Transporte	A mudança do layout por processo para um layout celular		
	possibilitou reduzir o transporte de componentes entre as áreas. A		
	Figura 27 e Tabela 8 evidência como o percurso de transporte de		
	componente reduziu com a mudança.		
	A movimentação do colaborar se dava principalmente por transitar		
	entre setores e porque a estrutura que segura era fixa e o		
Movimentação	colaborador andava para executar suas atividades. O carrinho da		
	Figura 33 permitiu que o equipamento rodasse na linha, como um		
	carrossel, o que reduziria a movimentação		
Excesso de processamento	O exemplo da célula 6 mostra que o excesso de processamento foi		
	reduzido ao deixar de fazer seis testes de comunicação e passar a		
	fazer um único teste simultâneo.		
	O estoque foi reduzido principalmente pela mudança do processo		
	em lote, que gera grandes estoques, para a produção em linha.		
	Uma futura melhoria na área de montagem de componentes		
Estoque	reduziria mais o estoque gerado entre esses processos e a linha		
	principal em função das oportunidades encontradas citadas		
	anteriormente nas células 3, 6 e 8. Com essas células com o tempo		
	de ciclo abaixo do takt, estoques seriam gerados na linha principal.		
	O retrabalho for reduzido com base nos índices de DPU coletados		
	e expostos no Gráfico 1. A produção permitia que um erro durante		
Retrabalho	a montagem fosse replicado para todos os componentes. Assim,		
	somente após um tempo percebia-se o erro e todo o lote deveria		
	ser corrigido. O Processo em linha possibilitou identificar um erro		
	no processo seguinte e em um tempo mais curto.		
	As esperas que eram geradas entre os processos de testes e os de		
Tempo de espera	montagem, dado que o lote era transferido como um todo, não		
	aconteceria no novo modelo de produção. Todavia, há		
	oportunidades de melhoria que reduzam os tempos de espera dos		
	postos com tempo de ciclo bem abaixo do takt time e do posto		
	anterior.		



Fonte: o autor.

Fonte: o autor.

4.4 RESULTADOS OBTIDOS EM OUTROS ESTUDOS

Tomando como base outros estudos realizados com a mesma temática de reorganização dos postos de trabalho, pode-se traçar um paralelo com este trabalho de forma a comparar os resultados.

O primeiro estudo selecionado com o título "Proposta de balanceamento de uma linha de montagem em uma empresa do ramo metal mecânico", trabalho realizado em 2016 por Ariel Rugiéri Dotto, tem com "objetivo de aumentar a utilização dos operadores, através de técnicas de manufatura enxuta, para balanceamento de linha" (DOTTO, 2016). O autor utilizou uma estrutura de trabalho semelhante, realizando primeiramente o levantamento de dados, aplicação de ferramentas de balanceamento de linha, análise e identificação de perdas e proposta de melhoria.

Apesar do trabalho finalizar com a proposta de melhoria, sem executá-la no processo produtivo, alguns paralelos podem ser realizados. Foram sugeridas mudanças relacionadas a alocação de itens, baseadas na análise do diagrama de espaguete. Assim, com a execução das mudanças propostas poderia se alcançar uma redução de 2228 metros/dia, o que reduziria a movimentação. Além disso, outra sugestão do trabalho foi a utilização de um sistema andon na linha de montagem, visando falta de peças na linha e atrasos. Ainda segundo o autor, "isto

disponibilizaria o tempo do supervisor de produção da área e do facilitador da linha para outras atividades, que não seja gerenciar atrasos e comunicação de falta de peças" (DOTTO, 2016).

Na apresentação dos resultados, o autor concluiu que a utilização das ferramentas *Lean* para o balanceamento de linha permitiu o levantamento de dados e a fazer análises da situação atual da organização e a identificar oportunidades de melhoria.

Da mesma forma, o presente trabalho utilizando o diagrama de espaguete e mudando um cenário maior do que a alocação de itens – um layout todo com base em processo produtivo diferente – alcançou resultados também relativos tanto a movimentação quanto a transporte. Além disso, a equipe que executou o evento kaizen colocou no protocolo de ações a serem realizadas no período posterior ao evento a sugestão de utilizar algum sistema que sinalizaria a parada de linha e a necessidade de materiais.

A utilização dos conceitos do *Lean*, da mesma forma que no estudo apresentado, possibilitou fazer várias análises, identificar desperdícios e oportunidades de melhoria, bem como implantá-las parcialmente no primeiro momento.

Outro trabalho selecionado, de autoria de Rodrigo Martinez Gori, titulado como "O balanceamento de uma linha de montagem seguindo a abordagem *Lean Manufacturing*" e publicado no ENEGEP 2012. O artigo "compõe-se de uma pesquisa-ação envolvendo estudos literários e a aplicação de uma metodologia de balanceamento de uma linha de montagem utilizando a abordagem *Lean Manufacturing* em uma indústria de autopeças" (GORI, 2012). O estudo mostra como as oportunidades de melhoria e a evidência de desperdícios são primordiais e são informações levantadas durante uma análise da situação atual.

O trabalho, assim como este, utilizou algumas de ferramentas do Lean – em especial o conceito de valor agregado, desperdícios e Kaizen. Iniciou-se com o levantamento de dados, utilizando relatórios de eficiência e produtividade, para uma comparativa entre o estado atual e futuro. Na análise, foi feita uma descrição das atividades com seus respectivos tempos, bem como uma classificação de cada atividade acerca da agregação de valor. Foi realizado um novo balanceamento da linha de produção com a obtenção dos tempos de ciclo e do tempo takt. Na sequência, houve a execução do kaizen na linha de montagem e uma avaliação das ações realizadas.

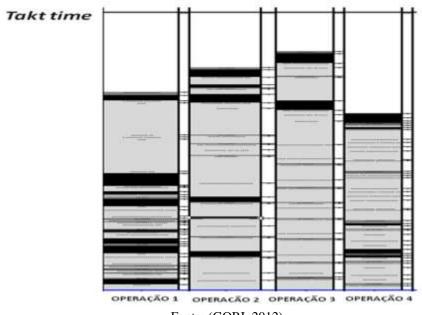


Figura 34 - Balanceamento de linha em uma indústria de autopeças

Fonte: (GORI, 2012)

Os resultados apresentados no trabalho mostram que houve uma redução de movimentação por parte do colaborador, entretanto houve um aumento das atividades que não agregam valor e os tempos de ciclo se alteraram, devido a reorganização das tarefas em cada posto de trabalho. Com isso, os tempos de ciclo ficaram abaixo do tempo takt, o que ressalta a importância do conceito de melhoria contínua. Portanto, "alcançar a situação futura, com uma linha balanceada e com a redução dos desperdícios, não significa o fim do trabalho" (GORI, 2012). Um novo ciclo de melhoria se inicia ao final de outro ciclo, o que abre oportunidade para se eliminar mais desperdícios e tornar o balanceamento mais eficiente.

Com base nesse estudo, outros paralelos podem ser realizados com este trabalho. Além da metodologia e dos conceitos utilizados nos trabalhos, há resultados também que podem ser contrapostos. Um comparativo entre as Figura 32 e Figura 34 mostra a dificuldade de equalizar com exatidão os tempos de ciclo e o tempo takt. Durante a reorganização dos postos, os tempos de cada atividade pode-se alterar e fazer com que o tempo de ciclo fique abaixo ou acima do tempo takt. A eliminação de desperdícios pode acontecer e é algo almejado durante a execução do trabalho, porém não é garantido que outros desperdícios surjam em função da implementação do estado futuro.

Com tudo, resultados positivos podem ser alcançados durante a mudança, como eliminação de movimentação e outros desperdícios, aumento de produtividade, redução da mão de obra aplicada e elevação da qualidade do produto. Assim, em ambos os trabalhos, o alcance do estado futuro por meio de ações de melhoria não se chegou a um estado de excelência

operacional padrão mundial. Pelo contrário, expos somente a necessidade de novos ciclos kaizen e novas oportunidades de melhoria. Conforme cita Ohno, é necessário ter um padrão inicial, ainda que rudimentar e imperfeito, como base para futuras melhorias (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011).

5. CONCLUSÕES

Por meio da revisão bibliográfica apresentada, todo o trabalho foi desenvolvido aplicando os conceitos de linha de produção, métricas relacionadas aos tempos – tempo de ciclo e takt time – e balanceamento de linhas. Os conceitos e ferramentas do *Lean* foram fundamentais para análise da situação atual da organização e dos dados coletados, e para a implantação das propostas de melhorias por meio do evento Kaizen.

A coleta dos dados apresentou duas formas de levantamento de dados que se complementavam, apesar de suas diferenças. Uma se apresenta melhor no que tange a coleta integral dos dados e outra, no que tange abranger outras observações *in loco* da forma de trabalho.

A análise mostrou o quanto seria possível implantar uma linha de produção, somente idealizada até aquele momento. Por meio das análises do balanceamento e das conversas com todos os envolvidos na idealização do novo processo produtivo, foi possível validar a proposta e seguir com o planejamento da mudança.

O evento Kaizen se mostrou potente para implantação em um curto período. Todo engajamento foi fundamental para a execução dos planos de ação, das ideias geradas e, principalmente, para a obtenção dos resultados apresentados.

O objetivo desse trabalho foi apresentar o processo de criação de uma linha balanceada e aplicação de conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing* para redução de desperdícios. E, com base no que foi proposto no objetivo, o trabalho alcançou o que havia proposto em mostrar toda metodologia de trabalho aplicada, bem como os resultados de cada uma das etapas.

Os resultados expostos comprovam o impacto da reorganização dos postos de trabalho e da aplicação do *Lean* na qualidade do produto, gestão diária da produção, produtividade, redução de desperdícios e custos. Conforme citado na seção 2, a definição do tempo takt auxilia na precisão do balanceamento de linha e o balanceamento possibilita o aumento da produtividade, eliminação dos desperdícios, torna uniforme a distribuição de carga de trabalho entre os trabalhadores etc. Além disso, por se tratar da criação de uma linha inexistente até

então, há o benefício de conseguir em um primeiro evento Kaizen lograr um novo processo produtivo sem grandes problemas apresentados. Diversos problemas podem ser gerados a partir da mudança de um processo produtivo.

O balanceamento das linhas ainda apresenta oportunidades de redução de desperdícios, aumento da eficiência e redução de mão de obra aplicada. Conforme citado na seção 2, o tempo de ciclo pode ficar ligeiramente perto do tempo takt, porém é necessário melhorias quando o tempo de ciclo fica muito acima ou muito abaixo do tempo takt. Os benefícios podem ser potencializados ainda mais com a aplicação de um novo ciclo de melhoria, principalmente nos postos que apresentaram ociosidade ou sobrecarga. Conforme apresentado na seção 2, a melhoria é infinita, interminável e um ato contínuo dentro das organizações. Com isso, poderia ser realizado um novo balanceamento da linha a fim de se alcançar uma sincronia da produção. A metodologia aplicada no trabalho pode ser utilizada novamente em futuros trabalho na empresa de melhoria da produção.

Os desperdícios eliminados trouxeram ganhos redução de lead time, aumento da qualidade e poderá trazer uma redução de custos futuramente, como custo de retrabalho. Assim, conforme o objetivo do *Lean*, a eliminação dos desperdícios promove a elevação do nível de competitividade da organização, tornando os clientes mais satisfeitos. Além disso, grandes melhorias foram possibilitadas utilizando pouco recurso financeiro, o que ressalta o quanto a criatividade potencializada e explorada de forma adequada e integral dos colaboradores possibilita o ganho de grandes resultados.

A mudança na cultura da empresa é um dos principais ganhos alcançados, algo que a filosofia *Lean* prega. O trabalho realizado em conjunto as pessoas que executam o trabalho — os principais especialistas do processo — fortalece o anseio pela mudança na organização do trabalho e é algo fundamental para sustentação da melhoria, conforme mostrado na seção 2. Tal sustentação, estabelece uma base sólida para a execução outros eventos Kaizen's.

Por fim, esse trabalho pode servir como base para novos trabalhos relacionados à balanceamento de linha, aplicação de conceitos *Lean* e eliminação de desperdícios. Outras organizações podem seguir a metodologia proposta na busca por aumento de produtividade e qualidade, além da contribuição para a academia em promover conhecimento.

6. REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, Douglas Soares. **Tempos e métodos aplicados à produção de bens**. Curitiba - PR: Intersaberes, 2015. .978-85-443-0280-4.

ANTUNES, Junico *et al.* **Sistemas de produção: Conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. 1º ed. Porto Alegre (RS): Bookman, 2008. .978-85-7780-249-4.

BRIALES, Julio Aragon. **Melhoria Contínua através do Kaizen: estudo de caso DaimlerChrysler do Brasil**. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

BUENO, Cynthia Carneiro; JUNIOR, Muris Lage; BACHEGA, Stella Jacyszyn. Balanceamento de Linha de Montagem a partir de métodos Heurísticos em uma empresa do setor automotivo., 2014.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007. .

DAVIS, Mark M; AQUILANO, Nicholas J; CHASE, Richard B. **Fundamentos da administração da produção**. Porto Alegre (RS): Bookman, 2001. .978-85-7307-524-3.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean simplificada um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. 2ª edição ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 191 p. .978-85-7780-109-1.

DOTTO, Ariel Rugiéri. **Proposta de balanceamento de uma linha de montagem em uma empresa do ramo Metal Mecânico**. TCC – FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA, Horizontina, 2016. 80 p. Disponível em: https://fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2016/Ariel_Rugieri_Dotto.pdf>.

GALVÃO, Dirceu Eduardo. **Projeto de Instalações Industriais**. 1. ed. Mogi das Cruzes - SP: [s.n.], 2018. .

GORI, Rodrigo Martinez. O balanceamento de uma linha de montagem seguindo a abordagem Lean Manufacturing. p. 13, 2012.

IMAI, Masaaki. **Kaizen: A Estratégia para o Sucesso Competitivo**. 3. ed. São Paulo: IMAM, 1990. (Série qualidade e produtividade do Imam).

JÚNIOR, Sérgio Paulo Ramires; GALLARDO, Amarilis Lucia Casteli Figueiredo; GABRIEL, Marcelo Luiz Dias da Silva. Responsabilidade Socioambiental e o Comportamento dos

Clientes. , 17 set. 2014. Disponível em: http://www.anpad.org.br/diversos/down_zips/73/2014_EnANPAD_MKT2025.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2021.

LARAIA, Anthony; MOODY, Patricia G; HALL, Robert. **The Kaizen blitz: accelerating breakthroughs in productivity and performance**. New York; Chichester: Wiley, 1999. .978-0-471-24648-0.

LEAN INSTITUTE BRASIL. *Lean Institute Brasil*. Disponível em: https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-(toyota-production-system---tps).aspx>. Acesso em: 29 set. 2020.

LIKER, Jeffrey K; FRANZ, James K. The Toyota way to continuos improvement: linking strategy and operational excellence to achieve superior performance. New York, NY: McGraw-Hill, 2011. .978-0-07-147746-8.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522110193/. Acesso em: 28 fev. 2021. .978-85-221-1019-3.

NARUSAWA, Toshiko; SHOOK, John. **Kaizen Express: Fundamentos para a sua jornada lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2009. 151 p. Disponível em: <lean.org.br>. .978-85-88874-05-3.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997. .978-85-7307-170-2.

OLIVEIRA, Isaac Messias Diniz *et al.* Balanceamento de linha e arranjo físico: estudo de caso em uma linha de produção de cabines para máquinas de construção. v. 15, 2017. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/810/81050129008.pdf>.

ORTIZ, Chris A. **Kaizen e Implementação de Eventos Kaizen**. [S.l: s.n.], 2010. 168 p. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577807390/. (1). .85-7780-698-7.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar De. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Nova Hamburgo: EDITORA FEEVALE, 2013. .

RODRIGUES, Marcus Vinicius. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistema de produção lean manufacturing**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2016. .978-85-352-8458-4.

SASSI, Ilson Antonio. **Balanceamento de linha: estudo de caso para otimização de recursos em uma linha de produção**. UTFPR, Medianeira, PR, 2012.

SHARMA, Anand; MOODY, Patricia E. A Máquina Perfeita: Como vencer na nova economia produzindo com menos recursos. São Paulo: [s.n.], 2003. .978-85-87918-70-3.

SHIMOKAWA, Koichi; FUJIMOTO, Takahiro. O nascimento do lean: conversas com Taiichi Ohno, Eiji Toyoda e outras pessoas que deram forma ao modelo Toyota de gestão.

Porto Alegre: Bookman, 2011. 296 p. Disponível em: http://site.ebrary.com/id/10795064. Acesso em: 9 set. 2020. .978-85-7780-759-8.

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 2007. 291 p. .978-85-7307-169-6.

SLACK, Nigel *et al.* **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009. .978-85-224-3250-9.

TAPPING, Dom; SHUKER, Tom. Lean Office: Gerenciamento do Fluxo de Valor para áreas Administrativas. 1. ed. São Paulo: Leopardo Editora, 2010. 186 p. .

TBM CONSULTING GROUP. **Kaizen Chão de Fábrica**. São Paulo: TBM América Latina Ltda, 1999. .

VILELA, Flávio Fraga; PIEDADE, Diego Dobscha da Cruz; MONTEVECHI, José Arnaldo Barra. Balanceamento de operações e simulação a eventos discretos: redução da ociosidade dos operadores em uma linha de montagem., 2020.

WERKEMA, Cristina. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2012. 2 v. (Seis Sigma). .

WOMACK, James P; JONES, Daniel T; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992. .978-85-7001-742-0.

ANEXO E - TERMO DE AUTENTICIDADE



Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da leí e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico. digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.

Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.

Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral e criminais previstas no Código Penal², além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, & de Setembro de 2021.

DORNGLA CAGTANO CONDE ZO1649012

LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.