

NATALIA DE PAULA SANTOS

Estudo de caso da implantação das ferramentas do *Lean Manufacturing* no setor de planejamento e controle da produção de uma empresa de produção e montagem de produtos aeronáuticos

Natalia de Paula Santos

Estudo de caso da implantação das ferramentas do *Lean Manufacturing* no setor de planejamento e controle da produção de uma empresa de produção e montagem de produtos aeronáuticos

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientador (a): Prof. Dr. Jose Roberto Dale Luche

S237e	<p>Santos, Natalia de Paula</p> <p>Estudo de caso da implantação das ferramentas do Lean Manufacturing no setor de planejamento e controle da produção de uma empresa de produção e montagem de produtos aeronáuticos. / Natalia de Paula Santos – Guaratinguetá, 2018.</p> <p>61 f : il.</p> <p>Bibliografia: f. 58-61</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2018.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. José Roberto Dale Luche</p> <p>1. Produção enxuta 2. Controle de produção 3. Administração da produção I. Título.</p> <p>CDU 658.5</p>
-------	---

Ana Cristina Figueiredo Loureiro
Bibliotecária CRB-8/7094

NATALIA DE PAULA SANTOS

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA”

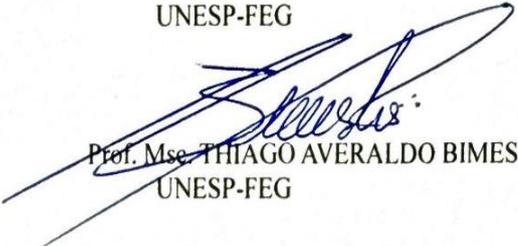
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA


Prof.ª. Dr.ª. ANDREIA MARIA PEDRO SALGADO
Coordenador(a)

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO DALE LUCHE
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. ANEIRSON FRANCISCO DA SILVA
UNESP-FEG


Prof. Msc. THIAGO AVERALDO BIMESTRE
UNESP-FEG

Novembro/2018

DADOS CURRICULARES
NATALIA DE PAULA SANTOS

NASCIMENTO	10.07.1990
FILIAÇÃO	Luis Francisco Esteves de Paula Santos Rosângela Aparecida Moreira de Paula Santos
2012/2018	Graduação em Engenharia de Produção
2005/2008	Técnico em Mecânica

Dedico este trabalho a Deus, por ser essencial em minha vida, que sempre foi o autor da minha trajetória e meu maior apoio nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado o dom da vida, por ter me concedido saúde, força e disposição, para vencer mais essa etapa e por ter tranquilizado meu espírito nos momentos mais difíceis da minha trajetória acadêmica. Sem Ele, nada disso seria possível.

À instituição Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, que ao longo da minha formação ofereceu um ambiente de estudo motivador e agradável e cheio de oportunidades de crescimento não só profissional mas também pessoal.

Agradeço a todos os professores ao longo da minha jornada nessa faculdade, em especial ao orientador José Roberto Dale Luche, por sua confiança, paciência e incansável dedicação. O senhor nunca perdeu a fé na minha pesquisa e soube me amparar nos momentos de maior dificuldade. Obrigada, mestre, por exigir de mim muito mais do que eu imaginava ser capaz de fazer.

Bruno, meu amor, sem o seu apoio e companheirismo esse trabalho não seria possível. Obrigada, por aguentar tantas crises de estresse e ansiedade, por entender minha ausência em diversos momentos, e por sempre estar me incentivando.

Agradeço a minha mãe Rosângela, que sempre me deu amor e esperança. Ao meu pai Luis, que me proporcionou a tranquilidade e conforto que tanto precisava para vencer esta etapa.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

“Para crescer, tem que estar disposto a deixar que o seu presente e futuro sejam totalmente diferentes do seu passado. A sua história é o seu destino.”

Alan Cohen

RESUMO

A concorrência entre as empresas vem crescendo cada vez mais com a globalização, diante disso, produtos e serviços de baixo custo e de alta qualidade são indispensáveis para a sobrevivência das empresas. Várias filosofias são propostas para a melhoria e a partir disso surge a “Produção Enxuta”, que tem como princípio a eliminação dos desperdícios para otimização da produção. Este trabalho tem por objetivo apresentar as ferramentas e métodos do *Lean Manufacturing* (LM) aplicados em uma empresa de grande porte do setor aeronáutico, abordando os aspectos positivos dessa mudança cultural. A pesquisa foi caracterizada como estudo de caso, de natureza aplicada, abordagem qualitativa e objetivos explicativos. Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram, dados da própria empresa. Os resultados mostram a importância da implantação da filosofia *Lean* na cultura de uma empresa aeronáutica, como a otimização dos recursos, a redução dos desperdícios e eliminação de estoques, alcançando os indicadores da empresa.

PALAVRAS-CHAVE: *Lean Manufacturing*. Indústria aeronáutica. *Kanban*. *Takt time*. Otimização.

ABSTRACT

Competition among companies is growing with globalization, and low-cost and high-quality products and services are indispensable for the survival of companies. Several philosophies are proposed for the improvement and from this arises the "Lean Production", whose principle is the elimination of waste to optimize production. This paper aims to present the tools and methods of Lean Manufacturing (LM) applied to a large company in the aeronautics sector, which uses the make-to-stock system, addressing the positive aspects of this cultural change. The research was characterized as case study, of an applied nature, qualitative approach and explanatory objectives. The instruments of data collection used were, The data collection instruments used were, from the company. The results show the importance of implementing the Lean philosophy in the culture of an aeronautical company, such as the optimization of resources, the reduction of waste and elimination of inventories, reaching the company's indicators.

KEYWORDS: Lean Manufacturing. Aeronautical industry. Kanban. Takt time. Optimization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Casa Toyota.....	19
Figura 2 - Sete tipos de perda de acordo com a STP.....	20
Figura 3 - Mapa de Fluxo de Valor Atual.....	22
Figura 4 - Ícones do Mapeamento do Fluxo de Valor.....	22
Figura 5 – Classificação da pesquisa.....	29
Figura 6 – Ficha de <i>Kaizen</i>	32
Figura 7 - Fluxograma do programa.....	33
Figura 8 - Fluxo de trabalho.....	39
Figura 9 - Campos dos cálculos em quantidades e em número de cartões.....	42
Figura 10 - Modelo de cartão <i>Kanban</i> de produção.....	43
Figura 11 - Gráfico dente de serra para estoque ideal.....	45
Figura 12 – Estoque superdimensionado para o item 10030603.....	46
Figura 13 - Estoque ideal para o item 10030603.....	46
Figura 14 - Estoque superdimensionado para o item 10680267.....	47
Figura 15 - Estoque ideal para o item 10680267.....	47
Figura 16 - Item 11718130 com estoque subdimensionado.....	48
Figura 17 - Estoque ideal para o item 11718130.....	49
Figura 18 - Estoque subdimensionado para o item 40409550.....	49
Figura 19 - Estoque ideal para o item 40409550.....	50
Figura 20 – Indicador de entrega de dezembro de 2017.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características da produção de itens aeronáuticos.	17
Tabela 2 – Tempo T_{kat}	34
Tabela 3 – Demanda considerada.	35
Tabela 4 – Responsáveis pelo <i>Kanbn</i>	40
Tabela 5 - Tabela para preenchimento do gráfico dente de serra.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOG	<i>Aircraft on Ground</i>
CEO	Chefe Executivo de Ofício
CDP	Corpo De Prova
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JIT	<i>Just In Time</i>
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
MFV	Mapeamento de Fluxo de Valor
MP	Matéria Prima
OEM	<i>Original Equipament Manufacturer</i>
PCP	Plano de Controle de Produção
PLR	Participação nos Lucros e Resultados
PN	<i>Part Number</i>
PPCP	Partes Para Cada Peça
QAM	Quadro de Acompanhamento da Missa
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPM	Manutenção Produtiva Total
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TRF	Troca rápida de ferramentas

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1.	OBJETIVOS.....	15
1.2.	DELIMITAÇÃO.....	15
1.3.	JUSTIFICATIVA.....	15
1.4.	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1.	INDÚSTRIA AERONÁUTICA.....	17
2.2.	LEAN MANUFACTURING	18
2.3.	DESPERDÍCIOS.....	19
2.4.	PRINCÍPIOS DO LM	20
2.5.	FERRAMENTAS DO <i>LEAN</i>	21
2.5.1.	Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)	21
2.5.2.	Lead time	23
2.5.3.	Takt time	23
2.5.4.	Smed	23
2.5.5.	Kaizen	23
2.5.5.1.	Ferramentas do Kaizen.....	24
2.6.	KANBAN.....	25
3.	MÉTODOS E MATERIAIS	27
3.1.	DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA	27
3.2.	Caracterização do método utilizado	28
4.	ESTUDO DE CASO	30
4.1.	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	30
4.2.	APLICAÇÃO DO MÉTODO <i>KAIZEN</i>	31
4.3.	APLICAÇÃO DO MÉTODO DE TEMPO <i>TAKT</i>	33
4.3.1.	Tempo disponível da produção	34
4.3.2.	Demanda considerada	34
4.4.	IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO <i>KANBAN</i>	35
4.4.1.	Dados dos produtos produzidos com o componente	37
4.4.2.	Fluxo do processo	38
5.	RESULTADOS	40
5.1.	RESULTADOS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO <i>KANBAN</i>	40
5.1.1.	Dimensionamento dos estoques do <i>Kanban</i> em unidades	41
5.1.2.	Gráfico de acompanhamento dente de serra	43

5.1.3.	Gráfico dente de serra para estoque ideal.....	44
5.1.4.	Estoque superdimensionado	45
5.1.5.	Carência de estoque.....	48
5.1.6.	Consumo do estoque de segurança	50
5.1.7.	Variação da demanda.....	50
5.1.8.	Alteração nos parâmetros de compra.....	51
5.2.	RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO DO TAKT	51
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS.....	55

1. INTRODUÇÃO

Em um campo amplamente competitivo, as indústrias e demais segmentos produtivos buscam, cada vez mais, adequar suas práticas para desenvolverem um sistema enxuto de produção, com custos menores e carências reduzidas. Neste contexto, observa-se que ao longo dos anos, a produção foi se transformando, e aos poucos condicionando as empresas ao sistema competitivo, atentando-se o fato de elas estarem inseridas em um mercado exigente em relação aos resultados (KACH et al., 2014).

Embora o Brasil seja considerado um país fortemente inserido no mercado global, a crise gerou um impacto imediato na economia, principalmente nas indústrias. Esses efeitos foram notados na metade do ano de 2008, quando a intenção de avançar no mercado foi parada pela instabilidade da econômica mundial. Dentre os efeitos da crise está a desaceleração do comércio internacional, que promoveu uma considerável redução nas exportações do país e, portanto, levou a economia a depender do capital nacional, levando ao aumento das taxas de juros, que acabou gerando grandes prejuízos (MARTINS et al., 2014).

A nova concepção econômica compele as empresas a produzirem de forma mais hábil possível, utilizando um sistema de produção, como o *Lean manufacturing* (LM), fazendo com que as organizações consigam competir de forma igualitária ou mais avançada em relação aos seus concorrentes (KACH et al., 2014).

A LM foi idealizada originalmente pela *Toyota*, surgindo posteriormente a *Toyota Production System* (TPS). O TPS era um método para eliminar o desperdício, esforçando-se para desenvolver somente o que o cliente desejava. A LM, entretanto, transcendeu o espaço físico da fábrica, transmutando-se em uma nova forma de pensar, uma verdadeira filosofia *Lean* (LINDGREN et al., 2016).

A indústria aeronáutica também foi alcançada diretamente, particularmente no setor de aeronaves, presenciando uma redução da necessidade, resultado da interrupção do ciclo expansivo mercantil, que esteve estagnado. Nessa concepção, as empresas buscam investir em inovações, para aperfeiçoar seus processos, excluir os desperdícios, reduzir o estoque e eliminar a superprodução e movimentação desnecessárias. O *Lean* ou STP vai de encontro com a resolução desta contrariedade, pois contém muitas ferramentas que colaboram com a minimização dos desperdícios, dentre elas: o Trabalho Padronizado; Troca Rápida (SMED); Manutenção Produtiva Total (TPM); *Kanban*; 5S; e o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) (JASTI e KODALI, 2015; KUMAR e MITRA, 2017).

A capacitação tecnológica, é implementada gradualmente, exigindo robusta infraestrutura de pessoal e equipamentos. Esse método é difícil de se delimitar rapidamente; depende de experiência, especialmente em relação a integração de sistemas técnicos e gerenciais (OLIVEIRA, 2016).

1.1. OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da implementação do LM em uma indústria aeroespacial.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Apresentar a indústria aeronáutica por meio da literatura;
- Descrever sobre o *Lean Manufacturing* e suas ferramentas;
- Mapear o processo atual e futuro da empresa de estudo;
- Descrever o processo de implementação do *Kanban* e do *Takt Time*;
- Mensurar as melhorias após a implementação.

1.2. DELIMITAÇÃO

Estudar a implantação das ferramentas do LM em uma empresa que produz componentes aeronáuticos.

A implantação da cultura *Lean* na empresa de estudo, teve seu início em outubro de 2015 e está na fase de transição. O estudo de caso é exequível por ser um assunto bastante estudado; e os dados serão coletados diretamente da empresa.

1.3. JUSTIFICATIVA

Pinto Junior (2015) argumenta que o *Lean* é uma das ferramentas que pode significar uma estratégia competitiva importante na empresa, pois visa à melhoria da qualidade e da produtividade. Soares Junior (2016) completa o citado acima, argumentando que surgiu como um sistema de manufatura cujo objetivo é aperfeiçoar os processos por meio da redução contínua de desperdícios, como é o caso do excesso de inventário entre as estações de trabalho, bem como os tempos de espera, em contrapartida aos objetivos fundamentais, que são a qualidade e a flexibilidade do processo, ampliando sua capacidade de produzir e competir neste cenário globalizado.

O ramo industrial aeroespacial nasceu de um processo deliberado tendo o estado brasileiro como patrocinador, história que iniciou nos primórdios do século XX por meio de Alberto Santos Dumont, que colaborou significativamente para avanços posteriores na cadeia de aviação (MOURA, 2017).

Segundo Figueiredo (2017) em um mundo globalizado, as empresas buscam melhores metodologias para competir e principalmente reduzir desperdícios; a filosofia *Lean* é um meio de gerenciamento que inspira a prática de resultados, onde é possível somar conhecimento durante o tempo, visando minimizar as perdas por meio da exclusão de desperdícios com a resolução de problemas.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este estudo está dividido em seis capítulos nos quais compreende um estudo de caso sobre a implantação das ferramentas do LM em uma indústria de produção e montagem de produtos aeronáuticos. O primeiro capítulo é introdutório, portanto apresenta uma visão inicial do trabalho, assim como o objetivo, suas delimitações e justificativas. O segundo capítulo apresenta o referencial teórico do LM, como essa filosofia surgiu, seus princípios e ferramentas. O terceiro capítulo traz o método utilizado para o estudo. O capítulo quatro e cinco aponta os resultados encontrados com a implantação das ferramentas do *Lean*, suas conquistas e dificuldades. E o último capítulo apresenta a conclusão, as lições aprendidas e sugestões para estudos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. INDÚSTRIA AERONÁUTICA

Nos estudos de Aramuni (2015) e Moura (2017) o setor da indústria aeronáutica apresenta duas formas de demandas específicas: a produção de equipamentos aeroespaciais de cunho militar e outra voltada para a aviação civil. Apesar de serem segmentos distintos, a dinâmica de inovações realizadas nos projetos militares é adaptada para as aeronaves civis e vice-versa, dando potencialidade às externalidades geradoras de tecnologia.

Tabela 1 - Características da produção de itens aeronáuticos.

Aspectos	Descrição
Sistema de produção	<i>Jobbing</i> , ou seja, dentro de uma relação volume/variedade. Esse sistema trabalha com uma variedade grande de itens e, normalmente, com baixos volumes de produção
Produto	Produtos <i>high-tech</i> de alta confiabilidade
Qualidade	A qualidade esperada dos produtos está muito ligada à conformidade das exigências de projeto
Homologação	Os itens aeronáuticos estão sujeitos à homologação por diversos organismos reguladores
Mão-de-obra	A manufatura de itens aeronáuticos exige mão-de-obra altamente especializada e treinada
Matéria-prima	Além de materiais de comuns, são utilizados materiais especiais, tais como, titânio, alumínio aeronáutico, etc
Tecnologia de produção	Normalmente são exigidos equipamentos de alta tecnologia para produção de itens

Fonte: Adaptado de Oliveira (2004).

Os sistemas direcionados para a produção de itens aeronáuticos dependem, geralmente, de um grande suporte tecnológico, treinamento especializado e matéria-prima especial. Ao longo do processo de manufatura e inspeção dos produtos aeronáuticos, as empresas desse setor usam instrumentos, equipamentos e ferramentas visando assegurar a conformidade. Esse tipo de produção depende, então, de que seus administradores tenham conhecimento do processo produtivo em questão e, consigam desenvolver os controles relacionados ao processo (OLIVEIRA, 2016).

Segundo Camargo, Spiandorello e Machado (2017), a partir da década de 1990, com o aumento do segmento aeronáutico brasileiro, viabilizaram-se em escala, várias iniciativas de importação de tecnologias avançadas; o setor foi fortalecido pelo crescimento das empresas do segmento, mas também, pela importante cadeia produtiva consolidando o polo aeronáutico

nacional.

De acordo com Oliveira (2004) o padrão de qualidade na indústria aeronáutica tem dentro do seu contexto, singularidades tornando-o particular entre outros padrões dos inúmeros segmentos de produção, tal como: automotivo, eletroeletrônico, construção civil, entre outros. Esse tipo de indústria se difere nos tipos de produtos gerados, equipamentos eletrônicos de navegação, por exemplo, mas que trazem as mesmas exigências em relação a qualidade.

2.2. LEAN MANUFACTURING

O STP ou Manufatura Enxuta, estruturado por *Taiichi Ohno*, vice-presidente da *Toyota*, tem como objetivos basais a qualidade e a flexibilidade do processo, expandindo a capacidade de produzir e a competição no mercado econômico no cenário internacional (PONTES e FIGUEIREDO, 2016).

A partir da conclusão, nos anos 50, de que o sistema *Ford* não poderia funcionar na *Toyota*, colocaram em prática os princípios baseados no sistema produtivo, entre eles a exclusão de desperdícios e produção de veículos com qualidade e atendimento as demandas dos clientes (CORAZZA, 2016; PAIVA e BERGIANTE, 2016; PELEGRINI e NASCIMENTO, 2016; FONSECA, 2017).

Os autores Reis et al. (2017) ponderam que os princípios LM são várias estratégias de gestão usados para transformar a cultura das empresas, trazendo melhorias efetivas nos principais indicadores de desempenho.

Segundo Hoeft (2013), o modelo da Casa *Toyota* continua sendo a melhor representação simplificada dos princípios e da filosofia do STP. O modelo da Casa *Toyota* sustenta-se como uma grande representação e uma estrutura eficaz, fácil de ser acompanhada, para o entendimento desses princípios, Figura 1.

Figura 1 – Casa Toyota.



Fonte: Womack, Jones e Roos (2004).

Segundo dados de Liker e Convis (2013), a filosofia da *Toyota* é ao mesmo tempo, um sistema técnico e social. Requer líderes qualificados em ambas as áreas, capazes de utilizar as ferramentas disponíveis com profunda habilidade, mobilizar e desenvolver pessoas a fim de tornar a melhoria contínua uma realidade diária.

Segundo Kumar Br, Sharma e Agarwal (2015) a ideia do pensamento *Lean* abrange os conceitos de melhoria contínua, trabalho em equipe, corte dos desperdícios, utilização dos recursos com eficiência e gestão da cadeia de suprimentos.

2.3. DESPERDÍCIOS

Segundo Esteves (2014) o desperdício de movimento de materiais ou do operador está associado ao *layout* da área de produção, e na movimentação exagerada para realizar o trabalho, também pode estar relativo à má comunicação ou armazenamento de produtos e materiais não discernidos.

Lopes e Frota (2015) eliminar desperdícios reduz custos de produção. O LM visa essencialmente combater os desperdícios e estes podem ser quaisquer atividades que absorvem recursos e que não agregam valor.

Lopes e Frota (2015) afirmam que o LM atua para que o produto final seja produzido na quantidade e momento certo, conforme demanda do cliente, além de compor de um fluxo contínuo de materiais na produção. A Produção Enxuta visa aumentar a taxa que agrega valor

com a eliminação das perdas. Logo, para eliminar as perdas, é necessário a identificação de acordo com os sete tipos de perda instituídos pelo STP, Figura 2.

Figura 2 - Sete tipos de perda de acordo com a STP.

Perda	Descrição
Superprodução	Fazer antes ou mais produtos do que o necessário.
Espera	Pode ocorrer durante a espera de um lote quando o lote precedente é processado, inspecionado ou transportado.
Transporte	Movimento desnecessário de materiais ou produtos; mudanças nas suas posições.
Processamento	Atividades desnecessárias durante o processamento para atribuir características de qualidade que não são exigidas pelo cliente.
Estoque	Existência de níveis excessivos de materiais no almoxarifado, de produtos acabados e componentes entre processos.
Movimento	Realização de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores durante a execução de suas atividades.
Retrabalho	Correção de algum produto defeituoso da produção.

Fonte: Lopes e Frota (2015).

Com base nas informações bibliográficas é nítido que a eficácia da implementação do LM, depende primordialmente do compromisso das pessoas, da gerência e de uma forma geral, da empresa em todos os níveis; mudanças como *layout* do ambiente, liderança, cultura, autonomia aos funcionários, treinamentos, comunicação e medição, são palavras de ordem nesta filosofia. Segundo Bastos (2012), a eliminação dos desperdícios e aumento da produtividade são aspectos principais do *Lean*, contribuindo com medidas e ferramentas adaptadas para que empresas de todos os segmentos sobrevivessem às crises enfrentadas nos últimos anos. Para sua implantação é necessária uma base bem elaborada, com documentos consistentes e eficientes. Em seu contexto, outras ferramentas a compõem como: introdução do conceito *Just-in-time* (JIT), *Kaizen* e *Kanban*, conjunto que possibilita o alcance dos resultados esperados.

2.4. PRINCÍPIOS DO LM

Segundo Womack e Jones (2004), o pensamento *Lean* é baseado em cinco princípios básicos:

- I. Valor: é estabelecido pelo cliente, ou seja, todo o processo deve ser realizado segundo a perspectiva do cliente. É oposto ao desperdício, portanto, tudo o que cliente está

disposto a pagar é valor e tudo o que o cliente não está disposto a pagar é desperdício (VLACHOS, 2015; ALVES et al., 2017).

- II. Fluxo de Valor: todo o processo de agregação de valor deve ser identificado para posteriormente eliminar os desperdícios, isto pode ser feito por meio da separação das atividades que agregam valor das que não agregam (VLACHOS, 2015; JYLHÄ e JUNNILA, 2014). Um fluxo de valor aborda todas as ações que são importantes para transportar um produto ou serviço, por meio de processos de desenvolvimento e/ou manufatura até o recebimento de pagamento, ou seja, é um anexo das ações envolvidas no ciclo de vida de um produto ou serviço, o que significa que todos os pedidos recebidos até o produto acabado são entregues nas mãos do cliente (FIGUEIREDO, 2017).
- III. Fluxo contínuo: tem o conceito de se produzir peças uma de cada vez iniciando na matéria-prima e indo até o produto acabado, movimentando-as sem interrupções por todo o fluxo de produção (ROHANI e ZAHRAEE, 2015).
- IV. Puxar: segundo Jylhä e Junnila (2014), puxar é entregar para o cliente o que ele solicitou. Já para Womack e Jones (2004) o puxar é definido como sendo uma etapa do processo, do qual não deve produzir sem que a etapa posterior não o solicite. Para os autores Seth, Seth e Dhariwal (2017) a produção puxada trata os desperdícios, garante fluxo de valor e contempla os recursos e a utilização da capacidade.
- V. Perfeição: segundo Womack e Jones (2004) a perfeição é algo que nunca é alcançado, porém cria-se um desejo de melhorar continuamente, pois não há fim para a eliminação dos desperdícios.

2.5. FERRAMENTAS DO *LEAN*

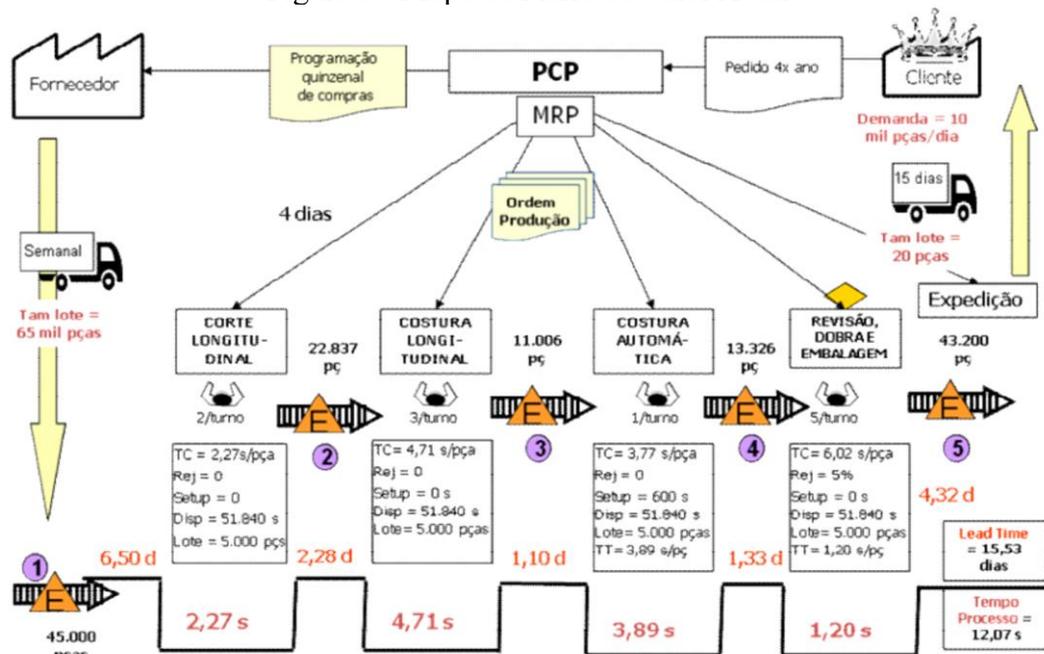
2.5.1. Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)

O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) é conhecido como uma ferramenta que identifica os desperdícios de tempo, tendo como objetivo direcionar os processos da produção, alinhando com a cultura *lean* e estabelecendo planos de melhorias futuras. Atualmente o MFV é identificado como uma importante metodologia de aperfeiçoamento, detendo detalhes de dentro e de fora das empresas, das quais, estão aprendendo sobre os fluxos de informações e materiais dentro da linha do tempo (SETH, SETH e DHARIWAL, 2017; BROWN, AMUNDSON e BADURDEEN, 2014).

O MFV auxilia na compreensão do processo atual e identifica possíveis melhorias. É

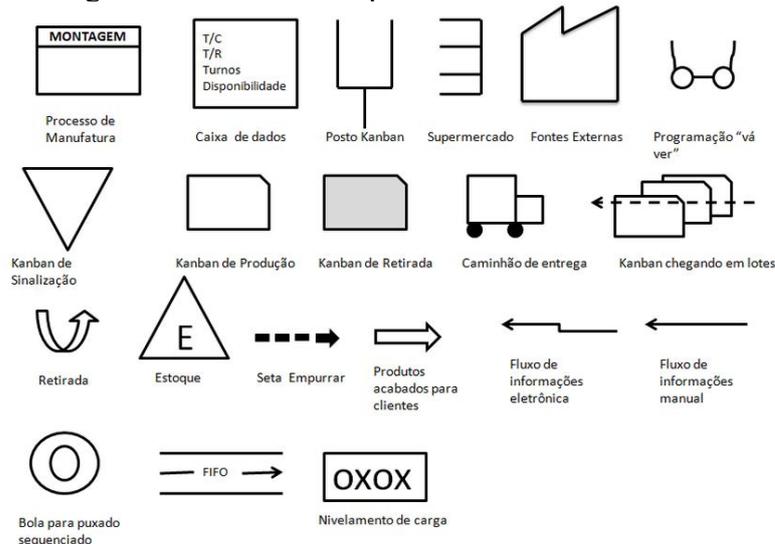
uma ferramenta baseada em um mapeamento do processo produtivo na linguagem de símbolos com a finalidade de enxergar a junção de processos importantes, que garantem que produtos ou serviços cheguem aos consumidores finais. Há dois mapas de fluxos, um mapa do estado atual e futuro, conforme as Figura 3 (FILHO, MARTINS e HERRERA, 2017).

Figura 3 - Mapa de Fluxo de Valor Atual.



Fonte: Rother e Shool (2003).

Figura 4 - Ícones do Mapeamento do Fluxo de Valor.



Fonte: Rother e Shool (2003).

Segundo Liker e Meier (2007) os mapas também oferecem uma “linguagem comum” e possibilitam a compreensão de modo que todos tenham a mesma visão.

2.5.2. Lead time

Lead time é caracterizado como sendo o tempo total que uma peça passa por todo o fluxo, do início ao fim, este tempo compreende as etapas que agregam e as etapas que não agregam valor ao produto (VENKATARAMAN et al., 2014).

Segundo Corazza (2016), por meio da redução do *lead time* é possível aproximar os requisitos dos clientes e a resposta da indústria, gerando uma fidelização dos clientes e menor complexidade gerencial, além de investir na satisfação do consumidor e reduzir os custos da manufatura.

2.5.3. Takt time

Segundo Rohani e Zahraee (2015), Rother e Shook (2003) o *Takt time* é definido como sendo a taxa da demanda, frequência com a qual o produto deve ser produzido, se baseia nas vendas, ou seja, na demanda do cliente.

Rother e Shook (2003) afirmam que o *takt time* é um número que fornece uma visão de como cada processo deveria estar produzindo, assim é possível verificar se o produto está fluindo corretamente pelo processo ou se é necessária alguma intervenção.

Para calcular o *Takt time* é utilizado a Equação 1:

$$Takt\ time = \frac{\text{tempo de trabalho disponível}}{\text{demanda do cliente}} \quad (1)$$

2.5.4. Smed

Shigeo Shingo, professor de Engenharia Industrial e mais tarde consultor da *Toyota*, desenvolveu os princípios da Troca Rápida de Ferramentas (TRF), em 20 anos de trabalho. A meta de completar todos os *setups* em menos um dígito é o principal objetivo, e a TRF comprovou sua eficiência em inúmeras empresas, mediante a redução dos tempos de *setup* (valor não agregado ou tempo perdido nos equipamentos gargalo) de horas, como era antes, para menos de 10 minutos (HOEFT, 2013).

2.5.5. Kaizen

Calhado *et al.* (2015) evidenciam em suas pesquisas que o *Kaizen* de origem chinesa significa o hábito diário de tentar implantar pequenas melhorias em sua rotina de trabalho ou no processo, de forma que somadas mostrem-se geradoras de resultados e agregadoras de valor.

Conforme Esteves (2014) o modelo de gestão LM, conta com a utilização de ferramentas que tornam possível seguir a filosofia de forma bem sucedida, ferramenta que são conhecidas como *Kaizen* (melhoramentos).

2.5.5.1. Ferramentas do Kaizen

- I. **5S:** a metodologia 5's surge no Japão em 1960, tendo como pioneiro *Takashi Toyota*, segundo Carvalho (2015) e é uma das ferramentas amplamente utilizadas, na busca pela melhoria contínua de forma sequencial e gradual nas empresas; se baseia em 5 palavras de origem japonesa começadas pela letra S, sendo que cada palavra define um passo para a implementação da metodologia. Segundo Kogawa (2015) para implementar a metodologia 5's seguem-se a tarefa de eliminar (*SEIRI*) todo o que é desnecessário, organizar (*SEITON*) materiais indispensáveis, limpar (*SEISO*) a área de trabalho, normalizar (*SEIKETSU*) e manter (*SHITSUKE*) as alterações e o local de trabalho limpo e organizado.
- II. **Fluxo contínuo:** segundo Almeida Filho e Lobosco (2015) é a passagem simultânea de uma etapa para outra. Uma produção *Lean* torna esta passagem mais rápida a fim de gerar menor ociosidade e estoques desnecessários.
- III. **Manutenção produtiva total:** é uma técnica designada a otimizar a performance, confiabilidade e produtividade do equipamento. De acordo com Kogawa (2015) envolve times multifuncionais que trabalham simultaneamente para estabilizar o equipamento e melhorar a interface homem-máquina. As melhorias envolvem todos os pontos de medição e lubrificação.
- IV. **Redução de *setup*:** Pinto Junior (2015) determina que a redução na fabricação de produtos defeituosos, diminuição de estoque, com redução da possibilidade de deterioração, obsolescência dos materiais e descarte do produto no ambiente são fundamentais.
- V. **Trabalho padrão:** o trabalho padronizado de acordo com Esteves (2014) é um conjunto de metodologias que estabelecem o melhor método e sequência em

cada processo, uma ferramenta que tem como base antecipar os processos sem perder a qualidade do produto, através do ciclo organizado de operações.

- VI. **Sistema a prova de erros:** redução da fabricação de produtos defeituosos, diminuição do consumo de recursos como materiais e energia, redução do estoque e redução de produtos descartados no ambiente (PINTO JUNIOR, 2015).
- VII. **Sistema puxado:** tem início no momento em que são acionados pelo cliente, segundo Aramuni (2015) deve acontecer com as especificações e o valor que ele quer, no momento em que ele quer e na quantidade desejada. O *Kanban* tem sido o sistema que tem operacionalizado a produção puxada e, para aumentar sua eficácia com a coleta de insumos, pode-se utilizar o *Milk Run*.
- VIII. ***Kanban*:** uma das formas de sinalizar a produção puxada é por meio do sistema *Kanban*. O termo em questão significa “cartão/quadro visual”. O princípio do *Kanban* é que os produtos somente são produzidos ou movidos quando um sinal é dado (OHNO, 2013).

2.6. KANBAN

Segundo Soares Junior (2016), Almeida Filho e Lobosco (2015) o sistema *Kanban*, depois de estabelecido em todas as fábricas da *Toyota*, facilitou a prática da filosofia de *Ohno*, por meio disso, os funcionários desenvolveram sistemas visuais para trocar informações entre os processos, bem como a quantidade de peças.

Kanban é mais um dos termos japoneses que compõem pensamento *Lean*. *Kanban*, significa cartão ou sinal em japonês, e é um utensílio de controle do fluxo de materiais, pessoas e informação no *shoop floor* ou *gemba* e afiança o funcionamento do *pull system*, ou seja, é uma ferramenta de controle visual com a finalização da sincronização das esferas de uma fábrica, na abordagem JIT da produção (ALMEIDA FILHO e LOBOSCO, 2015).

A característica principal do sistema *Kanban* consiste em puxar as peças e componentes que serão utilizadas na produção somente no momento em que há necessidade, além disso, contribui para reduzir o estoque e melhorar o fluxo da produção (OLIVEIRA, 2016).

De acordo com Rodrigues et al. (2014) além de ser um dos suportes principais para a filosofia JIT e estar associado à eficiência LM, a aplicação eficaz do sistema *Kanban* tem vários objetivos específicos, entre eles:

- I. A redução dos lotes de produção;

- II. A descentralização do controle da produção, dando maior autonomia aos supervisores de linha e operadores;
- III. A explicitação de problemas no fluxo de produção;
- IV. A possibilidade de um controle visual do fluxo produtivo.

3. MÉTODOS E MATERIAIS

3.1. DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA

Do ponto de vista da natureza deste trabalho, segundo Diehl e Tatim (2004) trata-se de uma pesquisa aplicada, pois tem como objetivo a produção de conhecimento para aplicação de seus resultados, contribuindo para situações práticas e buscando soluções rápidas para problemas reais.

Neste trabalho escolheu-se o estudo de caso como método de pesquisa. Esse é uma investigação do momento, principalmente nas fronteiras entre o contexto e o fenômeno quando não são evidentes. Na Engenharia de Produção, o estudo de caso tem sido um dos métodos de pesquisa mais utilizados em trabalhos de campo, principalmente nas pesquisas que tem por objetivo descobrir novas teorias. Muitos conceitos da gestão de LM foram desenvolvidos por meio da investigação de campo e estudo de caso (VOSS, TSIKRIKTSIS e FROHLICH, 2002).

O estudo de caso é estruturado com números de questões reduzido, onde se tem a finalidade de determinar o objetivo e a motivação da investigação. Entretanto, essas questões podem levar a outro tipo de método, em conjunto com o estudo de caso, como o uso de experimentos e pesquisas históricas. O estudo de caso é dividido em etapas, entre elas têm-se a revisão bibliográfica. Ela é sempre útil para comparar com outros casos, que tenham similaridade e busca também fundamentação teórica para reforçar a argumentação sobre determinado assunto. Outra etapa importante em um estudo de caso é a discussão dos resultados, pois o objetivo é avaliar as etapas desenvolvidas na pesquisa, desde elaboração dos objetivos até as conclusões (FONSECA, 2017).

O estudo de caso pode ser dividido em quatro etapas importantes. A primeira etapa é delimitar o estudo, permitindo que o pesquisador saiba quais dados serão suficientes para se atingir o objetivo da investigação. Recomenda-se que se procure casos típicos, casos atípicos e casos extremos. A segunda etapa é a coleta de dados, que é realizada mediante a procedimentos qualitativos e quantitativos. A coleta de dados pode ser realizada de várias formas, como uma entrevista formal ou informal, aplicação de questionários com perguntas abertas ou fechadas, análise dos dados, conteúdo e documentos.

A terceira etapa é totalmente dependente da segunda, pois é a análise e interpretação dos dados coletados. Para uma análise eficaz, devem ser considerados os limites e um sistema de referências com o objetivo de analisar quais dados serão úteis ou não para a pesquisa. Depois

dessa verificação, apenas aqueles que são úteis são analisados.

Antes de iniciar a análise, deve-se definir um plano levando em consideração os limites dos dados encontrados, principalmente na qualidade da amostra, pois com uma boa amostra, o pesquisador tem uma base de raciocínio para a análise e conclusões. Caso não seja boa para generalização, os resultados devem ser apresentados em forma de probabilidade. Deve-se utilizar categorias de análises derivadas de teoria para que a interpretação dos dados não envolva opinião própria. A quarta e última etapa é a conclusão das etapas anteriores, ou seja, relatórios e conclusões parciais e finais. Deve-se considerar que nesses relatórios a forma da coleta de dados precisa ser explícita, como também quais teorias foram utilizadas para a análise e para a validação dos dados (PRODANOV E FREITAS, 2013).

Este estudo é considerado um estudo de caso, pois envolve várias aplicações como comentadas. Ela é uma pesquisa exploratória, pois investiga o estado antigo e atual da implantação do LM da empresa em questão. Considera-se seus pontos positivos, as mudanças que ocorreram na empresa desde a implantação, buscando entender o motivo e a importância dessa mudança tanto da empresa como também na cultura dos colaboradores.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO

Na caracterização do método utilizou-se a representação segundo Diehl e Tatim (2004). Nessa representação consideram-se a natureza de investigação, o objetivo geral, a abordagem do problema e qual tipo de procedimento técnico será utilizado.

A natureza da pesquisa é considerada aplicada, pois ela utiliza conhecimento de uma pesquisa de natureza básica, que é a investigação de novos fenômenos, para resolver problemas relacionados a aplicações completas, ou seja, ela é aplicada nesse caso pois envolve a aplicação prática que propõe uma análise e solução para a utilização dos conceitos da LM.

A abordagem é considerada qualitativa, pois busca a compreensão aprofundada do fenômeno estudado e observa fatos reais. Nesse caso, o intuito desse estudo é observar os estados antigos e atuais da empresa, buscando uma compreensão da implantação do LM.

O objetivo é considerado explicativo, pois a pesquisa identifica os fatores que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, ou seja, tem um aprofundamento no conhecimento da realidade que busca explicar o porque das coisas. Também é considerada exploratória, pois tem o objetivo de estudar as aplicações das ferramentas e pensamentos enxutos na cultura organizacional da empresa.

E, por fim, o procedimento utilizado para essa pesquisa é o estudo de caso, como já citado no item anterior, pois o objetivo do estudo é aprofundar a forma e a explicação de como é implantada o LM, ou seja, o estudo não é intervir, mas sim compreendê-la.

A Figura 5 mostra de forma ilustrativa a classificação da pesquisa.

Figura 5 – Classificação da pesquisa.



Fonte: Adaptado de Prodanov e Freitas (2013).

4. ESTUDO DE CASO

O presente trabalho é uma análise de uma implementação de melhorias com base nas ferramentas do *Lean* em uma empresa do ramo de manufatura aeronáutica.

4.1. DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa estudada, faz parte de um grupo multinacional de grande porte. É uma empresa familiar, onde o mandato de presidência vai passando por cada geração da família fundadora. Atualmente, ela tem sua sede na cidade de *Bulle*, na Suíça, porém, a família fundadora é de origem alemã. A empresa tem unidades em vários países como Alemanha, Inglaterra, Irlanda, Estados Unidos e no Brasil e conta com aproximadamente 35 mil colaboradores em mais de 100 empresas em todos os continentes. Seus produtos são exportados a nível mundial.

O grupo é um dos maiores fabricantes de máquinas de construção do mundo, sendo reconhecido em muitas outras áreas como fornecedor tecnicamente exigente, com produtos e serviços orientados para a finalidade a que se destinam. As empresas de fabricação e comercialização de cada segmento de produto estão subordinados a direção operativa de empresas líderes de divisão.

A planta estudada nessa pesquisa está situada no interior de São Paulo, desde 2005 fabricando componentes de alta tecnologia para o setor aeroespacial. É especializada na usinagem de precisão, tratamento de superfícies e montagens de componentes de alta tecnologia para sistemas de controle de voo, sistemas de gerenciamento de ar, trens de pousos e atuadores.

Seus três principais clientes são as filiais *Lindberg* na Alemanha, *Toulouse* na França e o cliente mais novo fora do grupo é a Embraer situada no Brasil, que entrou há poucos anos como um cliente forte para o crescimento e desenvolvimento da empresa.

A empresa tem a certificação da ISO 9001, que estabelece requisitos para a gestão da qualidade, da 14001 que é voltada para a gestão ambiental implantada no ano de 2015 e a 15001 que se refere à área aeroespacial.

Devido às tecnologias de ponta aplicadas na usinagem e tratamento de superfície, esses componentes estão em conformidade com os mais recentes requisitos de proteção ambiental para o tráfego aéreo. Eles estão em uso em inúmeros programas de aeronaves, em aeronaves brasileiras, bem como em aeronaves feitas por fabricantes internacionais. A empresa de estudo

emprega uma força de trabalho total de 320 funcionários em seus departamentos de produção, design, aquisição, controle de qualidade e administração.

No setor aeroespacial, a empresa oferece sistemas de gerenciamento de ar, sistemas de atuadores e de controle de voo, sistemas hidráulicos de trens de pouso.

Sendo os sistemas encontrados em vários tipos de aeronaves:

- I. Transporte comercial;
- II. Passageiros e regionais;
- III. Jatos executivos;
- IV. Caças;
- V. Transporte militar;
- VI. Aeronaves para treinamentos e;
- VII. Helicópteros civis e militares.

A empresa do estudo de caso fornece um completo Serviço de Atendimento ao Cliente (OEM), baseado em uma rede global com serviços de reparo e revisão, suporte de engenharia, documentação, peças sobressalentes e serviço AOG.

4.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO *KAIZEN*

Na empresa existe uma comissão que gerencia o Programa de Melhorias. Essa equipe é formada por todos supervisores da empresa, o gerente industrial e alguns agentes de mudança – líder de uma transformação *Lean* (KPO's).

Esse programa tem como objetivo incentivar os colaboradores, por meio de uma premiação anual realizada no começo de cada ano, com o responsável pela divisão aeroespacial da empresa. Essa premiação tem o objetivo de fomentar novas ideias para serem implantadas nas áreas fabris.

Não existe distinção de colaboradores, todos podem contribuir com ideias para melhorar os processos produtivos ou improdutivos da empresa. Existe um formulário padrão, apresentado na Figura 6, onde o colaborador preenche com a ideia e os resultados esperados. Esses formulários são depositados em urnas, que se encontram espalhadas pela fábrica. Ao final de cada mês, essas urnas são abertas pela comissão do programa em uma reunião e todos os formulários são analisados. Após a análise das sugestões, o gestor responsável deve apresentar um *feedback* ao dono da sugestão, seja ela aprovada ou negada, sempre apresentando os motivos, caso não seja aprovada, assim o colaborador pode melhorar a sugestão e possa indicá-la novamente no mês seguinte.

Figura 6 – Ficha de *Kaizen*.

Sugestão: (Breve descrição)			
Melhoria: Segurança: <input type="checkbox"/>	Qualidade: <input type="checkbox"/>	Eficiência: <input type="checkbox"/>	Meio ambiente: <input type="checkbox"/>
Breve descrição dos resultados esperados:			
Nomes/RG's:		Data: __/__/____	

Fonte: Produção da própria autora.

Para cada ideia aprovada pelo comitê é definido um KPO, que tem como função cadastrar essa sugestão no banco de dados da empresa, preparar um A3 e abrir um LIPRAM, que é um *software* de gerenciamento de ações de melhorias e eficácia.

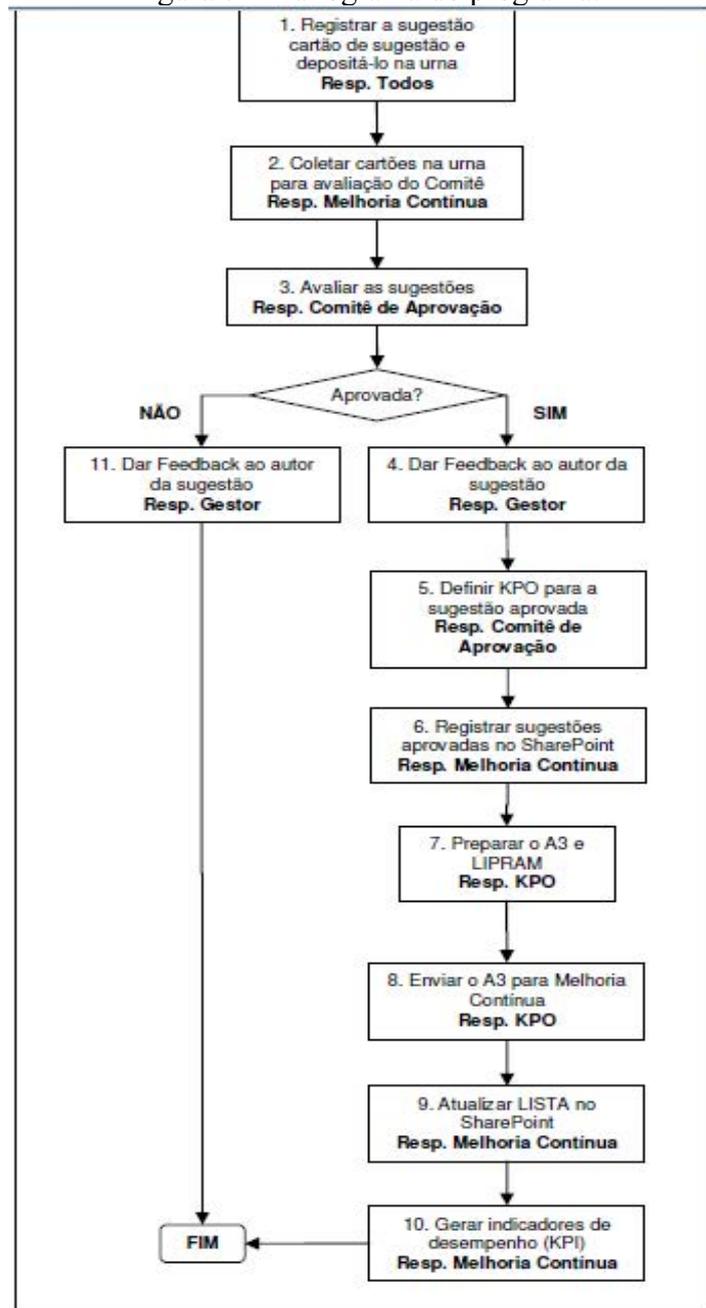
Ao final da implantação, o A3 será enviado a área de melhoria contínua para assim ser computado no indicador.

No fechamento do ano realiza-se uma cerimônia de premiação com a participação do CEO da empresa, dos diretores, gestores e demais membros do programa, nesse evento os colaboradores que tiveram mais ideias aprovadas no ano serão premiados. Consequentemente o gestor da área, responsável por esse colaborador, também será premiado. Com isso, todos se beneficiam do programa por meio de um indicador da PLR (Participação nos Lucros ou Resultados), além de afetar indiretamente os demais indicadores.

A empresa tem como meta 336 *Kaizens* até o final de 2018. No mês de maio de 2018, já havia sido alcançado a marca de 139 *Kaizens* implantados, ou seja 40% do seu objetivo.

O fluxograma do programa é mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Fluxograma do programa.



Fonte: Produção da própria autora.

4.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE TEMPO TAKT

O responsável pela determinação do *Takt* na empresa é o setor de planejamento e controle da produção, pois é nele que se concentra as informações da demanda e do tempo disponível da produção. Todo processo de dimensionamento e revisão do *Takt* segue conforme procedimento interno da empresa, também de responsabilidade do PCP (Plano de Controle de Produção). O dimensionamento é realizado para cada célula de fabricação na produção, para os processos de galvanoplastia (processo de tratamento) e montagem de componentes.

4.3.1. TEMPO DISPONÍVEL DA PRODUÇÃO

Para o cálculo são consideradas as seguintes informações:

- I. Paradas programadas:
 - i. *Kanriban*: pequenas reuniões, com duração de no máximo 15 minutos, nas trocas de turnos;
 - ii. Café: são considerado 10 minutos de café para cada turno;
 - iii. Refeição: almoço, jantar e ceia;
 - iv. Limpeza programada: são limpezas de piso, onde a fabricação é interrompida para a realização da atividade, ocorre três vezes ao ano, considerano-se um turno e meio de trabalho, ou seja, 15h.
- II. Regime de trabalho:
 - i. Um turno: 10 horas/dia;
 - ii. Dois turnos: 18,8 horas/dia;
 - iii. Três turnos: 24 horas/dia.
- III. Dias úteis por mês:
 - i. Um turno e dois turnos: 20 dias/mês;
 - ii. Três turnos: 22 dias/mês.
- IV. Meses considerados no cálculo:
 - i. Produção: 11 meses/ano;
 - ii. Galvanoplastia e montagem de componentes: 11,5 meses/ano.

A Tabela 2 ilustra a forma qual foi empregado o método do tempo *Takt*.

Tabela 2 – Tempo Takt.

DADOS DA CÉLULA				
CÉLULA 1	Disponibilidade total (HS)	18,8	Manutenção preventiva	Sábados
	(+) Horas extras	0	Dias úteis (média/mês)	20
	(-) Refeição	2	Dias extras	0
	(-) Café	0,33	Nº de meses	11
	(-) <i>Kanriban</i>	0,17	trabalhados	
	Limpeza programa	0,20	Disponibilidade mês	322,1
	(-) Paradas planejadas	0	(HS)	
	Disponibilidade real por dia (HS)	16,1	Disponibilidade anual (HS)	3543

Fonte: Produção da própria autora.

4.3.2. Demanda considerada

No dimensionamento, a demanda considerada é o atraso da produção em relação a data do cliente somados aos próximos 12 meses de *forecast*, por *Part Number* (PN), que é o número específico de cada tipo de peça fabricada na empresa, que é o produto, Tabela 3.

Tabela 3 – Demanda considerada.

PN	DEMANDA												$\sum D$ (pc)	
	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV		MAR
786A0600-01	0	82	0	322	0	198	0	297	0	223	0	0	223	1345
786A0700-01	0	213	0	0	289	0	260	0	289	0	231	0	202	1484
918A0600-01	0	0	0	3	17	17	17	0	17	17	0	17	17	122
918A0700-01	0	0	0	21	0	0	21	0	0	0	21	0	0	63
953A0700-03	0	12	0	0	13	13	0	0	13	13	0	0	13	77

Fonte: Produção da própria autora.

Tendo em mãos o tempo disponível e a demanda é calculado o TAKT e o resultado do dimensionamento é disponibilizado para aprovação dos supervisores da usinagem, galvanoplastia, PCP e vendas.

Para acompanhamento diário do *Takt*, utiliza-se uma ferramenta interna chamada de QAM (Quadro de Acompanhamento da Missa), onde o *Takt* planejado é disponibilizado pelo PCP e o realizado é preenchido pela produção. Diariamente, ocorre uma reunião com os supervisores da empresa e líderes de áreas de suporte, para analisar os resultados do *Takt* do dia anterior.

Esses dados ficam disponíveis para toda a empresa em uma televisão na área de reunião (MISSA), onde os dados aparecem aleatoriamente para cada célula.

A revisão dos cálculos de tempos e demanda do *Takt* ocorre a cada três meses.

4.4. IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO *KANBAN*

Este estudo de caso relata como foi a preparação para a implantação da ferramenta “*Kanban*”, para aquisição de componentes e utilização em um setor de montagem dessa empresa.

Por meio da implantação do sistema LM na empresa, começaram a ser utilizadas várias ferramentas em conjunto, a primeira delas foi a implantação de um sistema de sugestões e melhorias, onde todos os colaboradores podem sugerir ideias de melhorias para que sejam avaliadas e posteriormente aprovadas ou não pela diretoria.

Dentre essas ideias uma foi referente à implantação da ferramenta *Kanban* no processo de reposição dos componentes que são utilizados no setor de montagem das peças. Essa ideia foi enviada para aprovação de uma equipe formada por supervisores de todas as áreas e a diretoria, depois de analisada foi aprovada e então se transformou em um *Kaizen*.

A primeira ação foi definir uma equipe para realizar essa implantação.

A equipe foi formada por:

- I. Uma coordenadora de qualidade;
- II. Um analista de qualidade;
- III. Dois colaboradores da área de logística, sendo um de compras e exportação e outro do almoxarifado;
- IV. Dois colaboradores da área de montagem, sendo um o líder da área e o outro um colaborador da área.

Após essa definição, a equipe elaborou um A3, ferramenta onde problema, análise, ações corretivas e plano de ação são escritos em apenas uma das faces de uma única folha de papel tamanho internacional A3 (297 x 420 mm), normalmente utilizando-se de gráficos e figuras, além de um nome bem simples que se diferencia do significado real.

Primeiramente foi definido o item piloto que seria utilizado no processo, um componente aqui denominado como componente X, esse item é o componente mais utilizado no setor, que possui um *lead time* de fornecimento grande (90 dias), por se tratar de um item importado da Alemanha.

Esse *lead time* juntamente com falta de execução correta do sistema de baixas de material, já causou diversos problemas para a produção como o elevado número de desperdícios durante o processo e a parada da linha de produção devido à falta de componente.

Após a definição do item piloto, foi feito um levantamento de dados referente ao componente pela equipe, como:

- I. Dados do componente;
- II. Artigo do Componente no sistema;
- III. Descrição do componente;
- IV. Fornecedor;
- V. Quantidade do componente por embalagem (unidades);
- VI. Lote mínimo para compra;
- VII. *Lead time* do fornecedor (dias úteis);

- VIII. Endereço de armazenamento do componente no setor de montagem, endereço de armazenamento no setor do Almoxarifado;
- IX. *Lead time* de reposição (dias úteis);
- X. Tipo de embalagem;
- XI. País do fornecedor;
- XII. Ponto de uso;
- XIII. Modal (tipo de transporte).

4.4.1. Dados dos produtos produzidos com o componente

- I. Artigo e quantidade de PN;
- II. Quantidade utilizada do componente por PN;
- III. Refugo do componente por PN nos seis últimos meses;
- IV. Produção real dos seis últimos meses (peças);
- V. Consumo real nos últimos seis meses (unidade);
- VI. *Forecast* de PN's para os próximos seis meses;
- VII. *Forecast* do componente para os próximos seis meses (unidade).

Consumo do componente:

- I. Consumo real dos seis últimos meses (unidade);
- II. Consumo real diário (unidade/dia);
- III. *Forecast* de utilização do componente por dia para os próximos seis meses (unidade/dia).

Esses dados foram tabulados e analisados pela equipe, e a partir desses dados começaram a ser feitos cálculos para definir quais as quantidades necessárias de componentes em cada estoque para o funcionamento do *Kanban*.

Sendo então deliberados alguns pontos, como:

- I. Implantação de dois tipos de *Kanban*, no setor de almoxarifado seria implantado o *Kanban* de produção e no setor de Montagem mecânica seria implantado um *Kanban* de retirada, onde um complementa o outro;
- II. Realizar os cálculos de quantidades que serão utilizadas em cada estoque do *Kanban*;
- III. Nos três setores foram colocados quadros para comunicação visual dos cartões *Kanban*;

Para o *Kanban* de reposição foi determinada a quantidade conforme a capacidade que o *container* utilizado no setor suporta:

- I. Utilização de dois compartimentos para reposição na Montagem mecânica com dois cartões;
- II. Definição de uma rota diária realizada pelo colaborador do almoxarifado para repor o estoque do setor de montagem;
- III. Os pedidos de compra foram feitos somente em um dia fixo de cada mês;
- IV. Definição do fluxo do processo de funcionamento do *Kanban* com as áreas relacionadas: Almoxarifado, Montagem Mecânica e Compras.

4.4.2. Fluxo do processo

A ferramenta *Kanban* soluciona o problema das filas por meio da criação de limites para a quantidade de itens que podem ser movimentados em cada estágio do processo. Os limites também causam outro efeito importante, eles impedem que ocorra superprodução nas etapas que estão atrás dos gargalos.

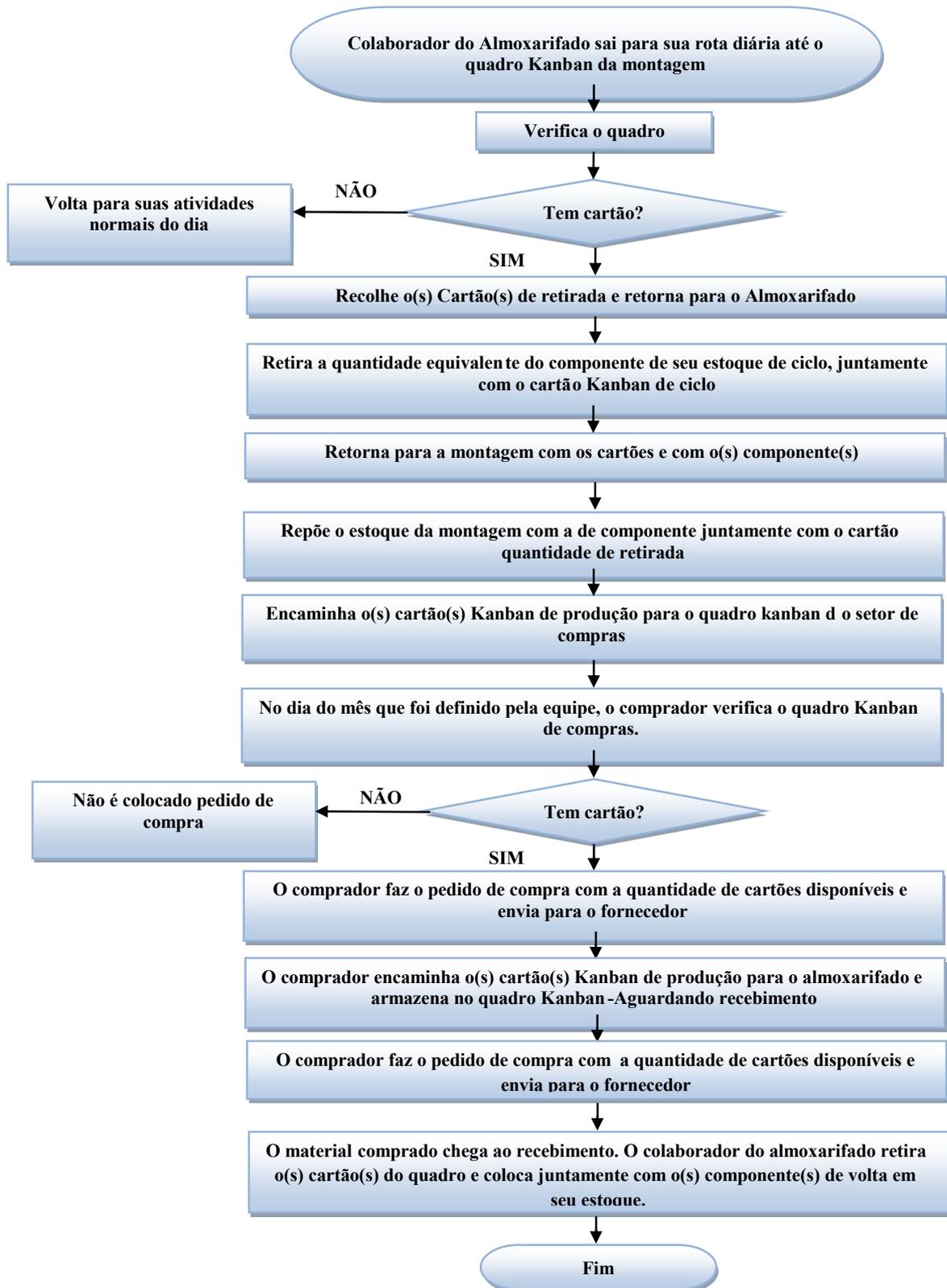
As pessoas investem esse tempo para ajudar no próprio gargalo ou na frente dele. Tempo esse que, sem os limites, seriam utilizados para produzir itens que o sistema não consegue absorver de qualquer maneira, ou seja, superprodução, impedindo também que algo entre no sistema sem que antes outra tenha saído, formando-se o que é conhecido como “Sistema Puxado”, e o fluxo começa a se tornar ritmado e previsível.

Um claro senso de gestão de capacidade é criado na equipe, o ritmo dá suporte à coleta de métricas, e é capaz de coletar e reportar números sobre a eficiência do seu processo, tais como:

- I. *Lead time* (tempo médio de entrega de ponta a ponta);
- II. *Cycle time* (ritmo/frequência de saída do sistema);
- III. *Through put* (rendimento em termos do volume de entregas por período de tempo);
- IV. *Due date performance* (índice de previsibilidade).

Devido à empresa trabalhar com Sistema de Gestão da qualidade, o fluxo de trabalho foi definido utilizando um fluxograma, conforme Figura 8.

Figura 8 - Fluxo de trabalho.



Fonte: Produção da própria autora.

Após todo esse processo foi feita a análise de quais foram os resultados obtidos após a implantação da ferramenta *Kanban* nesse setor da empresa.

5. RESULTADOS

Neste capítulo, demonstram-se os resultados das simulações do método *Kanban* para itens que tornam um estoque superdimensionado e subdimensionado. E, posterior revisão para que se alcance o nível de estoque ideal. E os resultados obtidos com a implementação do TAKT nas células de produção, área de tratamento e área de montagem de componentes.

5.1. RESULTADOS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO KANBAN

O método *Kanban* foi uma das primeiras ferramentas implantadas na empresa, tendo a área de montagem como piloto. Na área de montagem são utilizados componentes para a montagem das peças. O tipo de *Kanban* utilizado na empresa é o de aquisição de materiais produtivos e improdutivos.

Atualmente, a empresa possui seis produtos diferentes que são gerenciados pelo método *Kanban*, são estes:

1. CDP (Corpo de Prova);
2. Componentes;
3. Embalagens;
4. Ferramentas;
5. MP (Matéria Prima);
6. Químicos.

A definição dos responsáveis de cada *Kanban* é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Responsáveis pelo *Kanbn*.

Kanban	Responsável dimensionamento	Responsável supermercado
CDP	Galvanoplastia	Galvanoplastia
Componentes	PCP	Almoxarifado
Embalagens	Almoxarifado	Almoxarifado
Ferramentas	Sala de ferramentas	Sala de ferramentas
MP	PCP	Almoxarifado
Químicos	Galvanoplastia	Almoxarifado

Fonte: Produção da própria autora.

A área responsável pelo dimensionamento tem como objetivo, determinar a quantidade de cartões e gerenciar o processo por meio da planilha PPCP (Partes Para Cada Peça). Essa planilha contém dados necessários para o dimensionamento:

- I. Dados do item: artigo, descrição, tipo de embalagem, embalagem individual, unidade, compra mínima, país de origem, modal, fornecedor, ponto de uso, quantidade por embalagem no ponto de uso, frequência de entrega do material no ponto de uso e local de armazenamento do produto no supermercado.
- II. *Lead time*: tempo do cartão até o quadro de compra, frequência de colocação do pedido, *lead time* do fornecedor, *grace period* (tempo de graça), consolidação do embarque, tempo de transporte até a empresa, tempo de recebimento fiscal e físico. Considera-se também, um tempo de desvio para todos os *lead times* destacados acima.
- III. Histórico de consumo e demanda: são utilizados 12 meses de histórico, sendo consumo para materiais improdutivos e demanda para os produtivos.
- IV. Cálculo do número de cartões: são calculados para cada estoque as quantidades necessárias em unidade e em número de cartão. A última parte dos cálculos é chamada de ajuste manual, onde o responsável pela planilha PPCP definirá a necessidade real de cartões.

5.1.1. Dimensionamento dos estoques do *Kanban* em unidades

A Equação 2 apresenta o dimensionamento do estoque de ciclo (cartão verde), calculado com base no *lead time* e demanda mensal.

$$EC = \frac{\text{média do consumo mensal}}{30} \times \text{lead time} \quad (2)$$

A Equação 3 demonstra o dimensionamento do estoque pulmão (cartão amarelo), calculado para absorver variação da demanda.

$$EP = 2 \times \text{Desvio Padrão} \quad (3)$$

A Equação 4 demonstra o dimensionamento do estoque de segurança, calculado para absorver atrasos e problemas de qualidade.

$$ES = \frac{(EC + EP) \times \sum \text{desvios}}{\text{lead time total}} \quad (4)$$

Para dimensionar-se o número de cartões dos estoques, é necessário dividir os valores encontrados em unidades pela compra mínima do fornecedor. A Figura 9 apresenta os campos dos cálculos em quantidades e em número de cartões.

Figura 9 - Campos dos cálculos em quantidades e em número de cartões.

QTD EM UNIDADES DO ITEM			EM CARTÕES		
ESTOQUE CICLO	ESTOQUE PULMÃO	ESTOQUE SEGURANÇA	ESTOQUE CICLO	ESTOQUE PULMÃO	ESTOQUE SEGURANÇA
348,84	164,51	114,69	1	1	0

Fonte : Adaptado da empresa de estudo.

Existe um campo de arredondamento manual, onde o responsável pelo cálculo do *Kanban* tem total domínio para alteração, ou seja, nesse campo pode ser ajustado o número de cartões conforme necessidade da área produtiva. Por exemplo, para o cálculo do item X, resultou-se em dois cartões, sendo um no estoque de ciclo (verde) e o outro no estoque pulmão (amarelo), porém após a análise do usuário, foi verificado a necessidade de se colocar um cartão no estoque de segurança (vermelho), por diversos motivos.

Os cartões de produção (compra) contêm informações necessárias para aquisição e alocação do item a ser utilizado Figura 10, como:

- I. Descrição: descrição do item no sistema da empresa;
- II. Artigo: número do cadastro de compra para o item;
- III. Fornecedor: empresa responsável pelo fornecimento do produto;
- IV. Processo: local onde esse item é consumido;
- V. Local Armazenamento: local onde o produto é estocado no supermercado;
- VI. Quantidade (unidades): representa a compra mínima do fornecedor;
- VII. Número do cartão: número que o cartão representa.

Figura 10 - Modelo de cartão *Kanban* de produção.

KANBAN PRODUÇÃO
Descrição
Artigo:
Fornecedor:
Processo:
Local Armaz:
Quantidade (unidades):
Nº. Cartão:

Fonte: Produção da própria autora.

Como análise para evidenciar os resultados é utilizado a planilha PPCP, que é revisada periodicamente conforme entradas descritas a seguir:

- I. Gráfico dente de serra;
- II. Consumo do estoque de segurança;
- III. Variação da demanda;
- IV. Alteração do endereço do supermercado;
- V. Alteração dos parâmetros de compra;
- VI. Itens FAI.

5.1.2. Gráfico de acompanhamento dente de serra

O gráfico de acompanhamento Dente de Serra é gerado a partir de uma tabela que contém as informações de cada item estocado, são esses: descrição do item (D), tempo (t), nível de estoque, quantidade de cartões no estoque de ciclo, no estoque pulmão e no estoque de segurança. A Tabela 5 ilustra um estoque da empresa estudada durante 16 semanas.

Tabela 5 - Tabela para preenchimento do gráfico dente de serra.

ITEM T (SEMANAS)	NÍVEL DE ESTOQUE	DESCRIÇÃO	COMPONENTE X	
		CICLO	PULMÃO	SEGURANÇA
1	5	5	2	1
2	4	5	2	1
3	3	5	2	1
4	4	5	2	1
5	2	5	2	1
6	1	5	2	1
7	5	5	2	1
8	4	5	2	1
9	1	5	2	1
10	4	5	2	1
11	5	5	2	1
12	3	5	2	1
13	2	5	2	1
14	1	5	2	1
15	5	5	2	1
16	2	5	2	1

Fonte: Produção da própria autora.

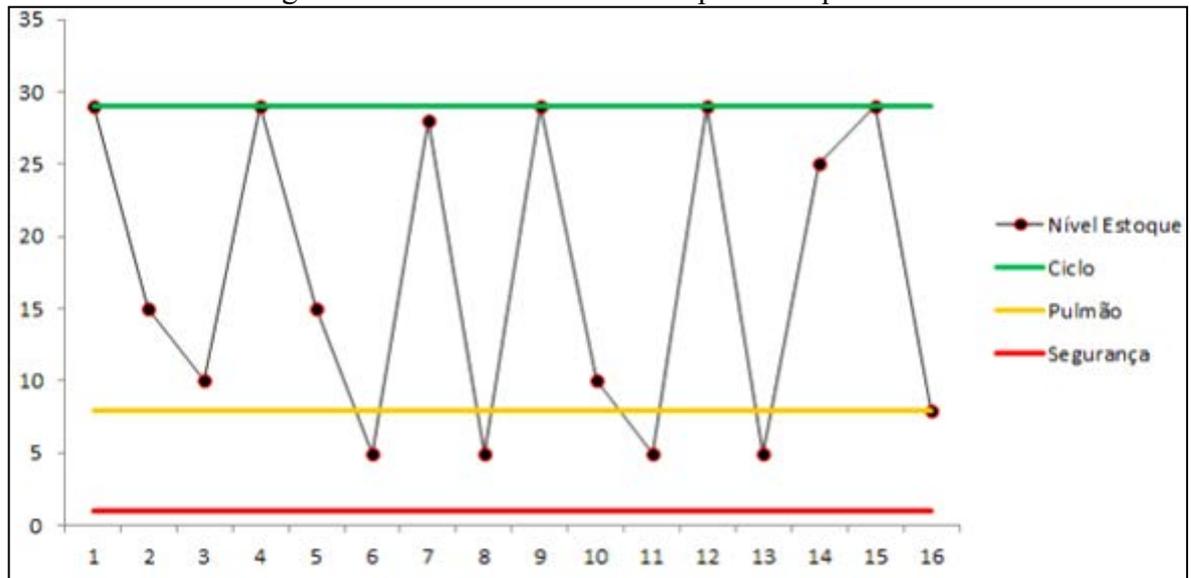
Chama-se de operador do supermercado o colaborador responsável pela criação e preenchimento do gráfico Dente de Serra. Mensalmente, deve-se fazer um inventário de cada item do estoque, ou seja, contam-se o número de cartões encontrados no supermercado. Esses valores devem ser inseridos na tabela para preenchimento do gráfico Dente de Serra.

A cada 4 meses, o responsável do cálculo do *Kanban* deverá acionar o responsável pelo supermercado e solicitar o gráfico Dente de Serra de cada item. Deve-se analisar cada item verificando-se a necessidade de cartões no fluxo. A análise pode ser feita em três diferentes situações como mostrado nos itens a seguir.

5.1.3. Gráfico dente de serra para estoque ideal

Têm-se um estoque ideal quando o gráfico apresenta o aspecto de Dente de Serra, sendo assim existe uma alta rotatividade do estoque, como mostrado na Figura 11. Neste caso, não resulta em nenhuma retirada ou inclusão de cartões, não sendo necessária nenhuma revisão na tabela pra preenchimento do gráfico Dente de Serra.

Figura 11 - Gráfico dente de serra para estoque ideal.



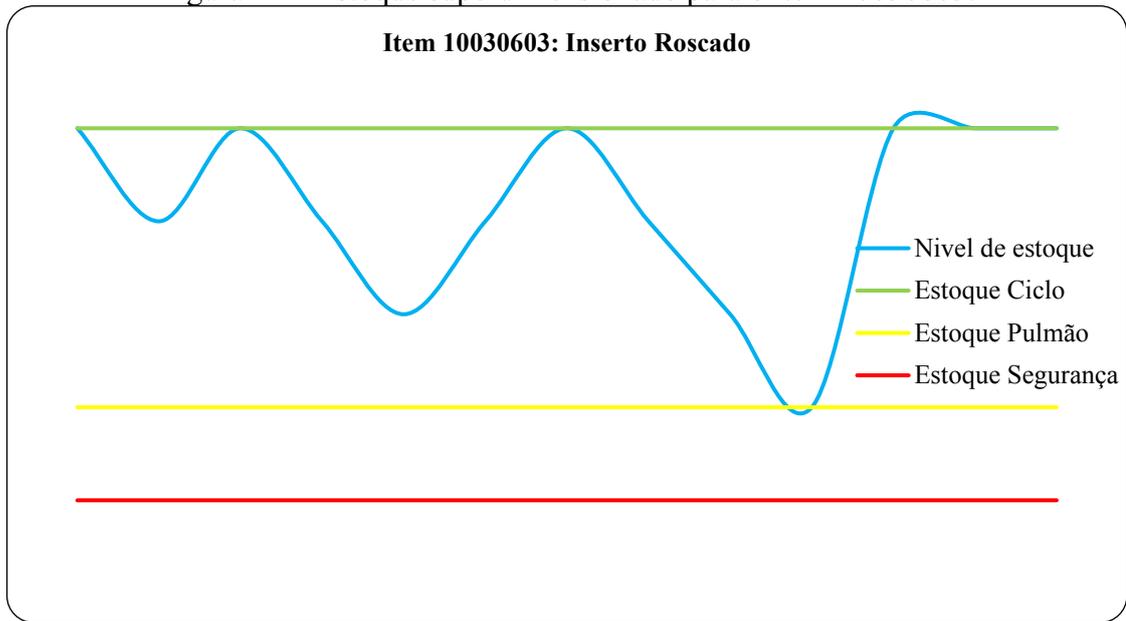
Fonte: Produção da própria autora.

5.1.4. Estoque superdimensionado

Têm-se um estoque superdimensionado quando se tem pouca utilização do estoque, ou seja, seu nível se mantém constantemente próximo ao estoque máximo, como ilustrado na Figura 12 e 14. Nesse caso, é aceitável a retirada de um ou mais cartões até que se chegue ao nível de estoque ideal.

Nas Figura 12 a 14 pode-se perceber que o nível de estoque se mantém, constantemente, próximo ao nível de estoque máximo. Estes gráficos são referentes aos itens: inserto roscado e bucha.

Figura 12 – Estoque superdimensionado para o item 10030603.

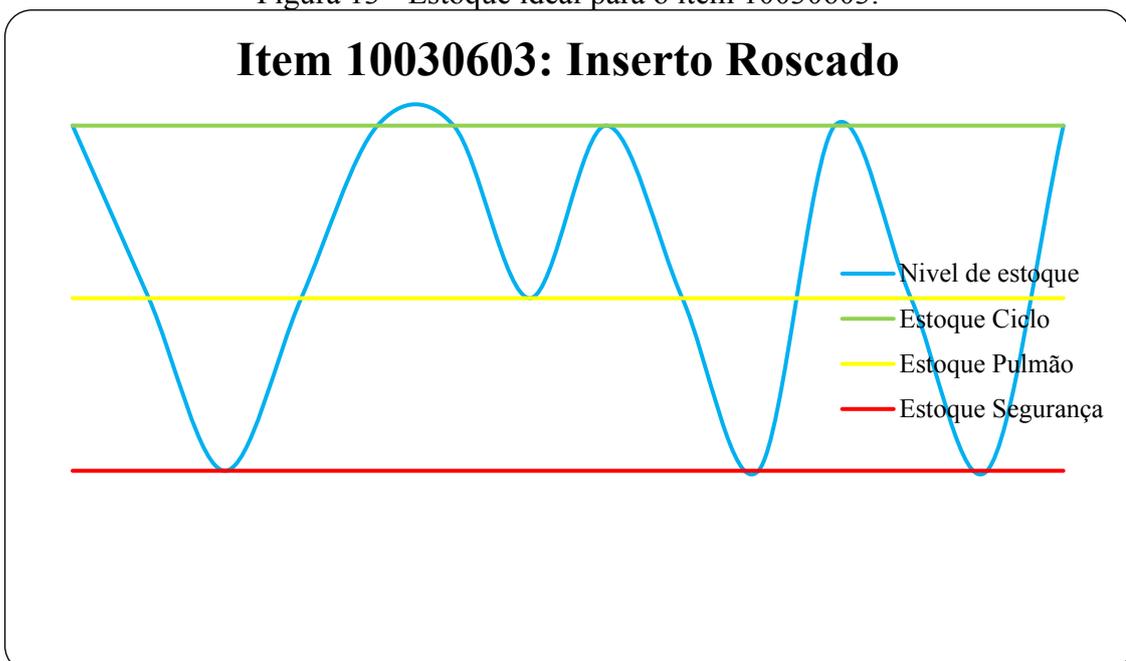


Fonte: Produção da própria autora.

Antes da retirada de cartões o item 10030603, Inseto roscado, era composto por 5 cartões, sendo 1 no estoque de segurança (vermelho), 1 no estoque pulmão (amarelo) e 3 no estoque de ciclo (verde).

Nesse caso, foram retirados 2 cartões, para que o gráfico chegasse em aspecto de Dente de Serra, ou seja, em um estoque ideal, mostrado na Figura 13. Esse item foi acompanhado nas semanas seguintes, para analisar sua eficiência.

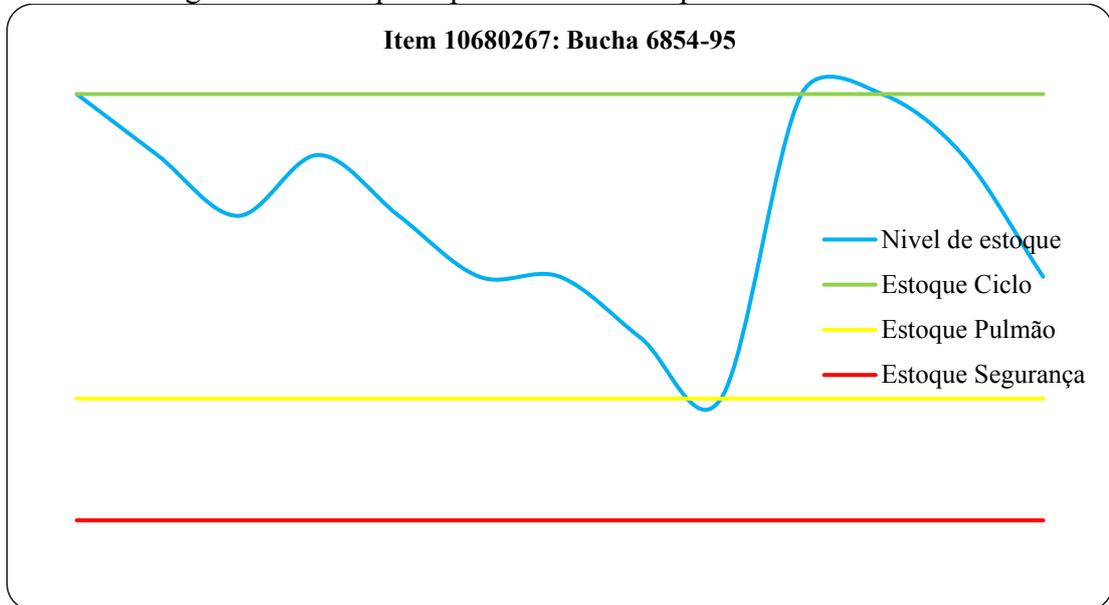
Figura 13 - Estoque ideal para o item 10030603.



Fonte: Produção da própria autora.

O mesmo aconteceu para o item 10680267, Bucha 6854-95, Figura 14, antes da sua revisão o item era formado por 8 cartões, sendo 1 cartão no estoque de segurança, 2 cartões no estoque pulmão e 5 cartões no estoque de ciclo.

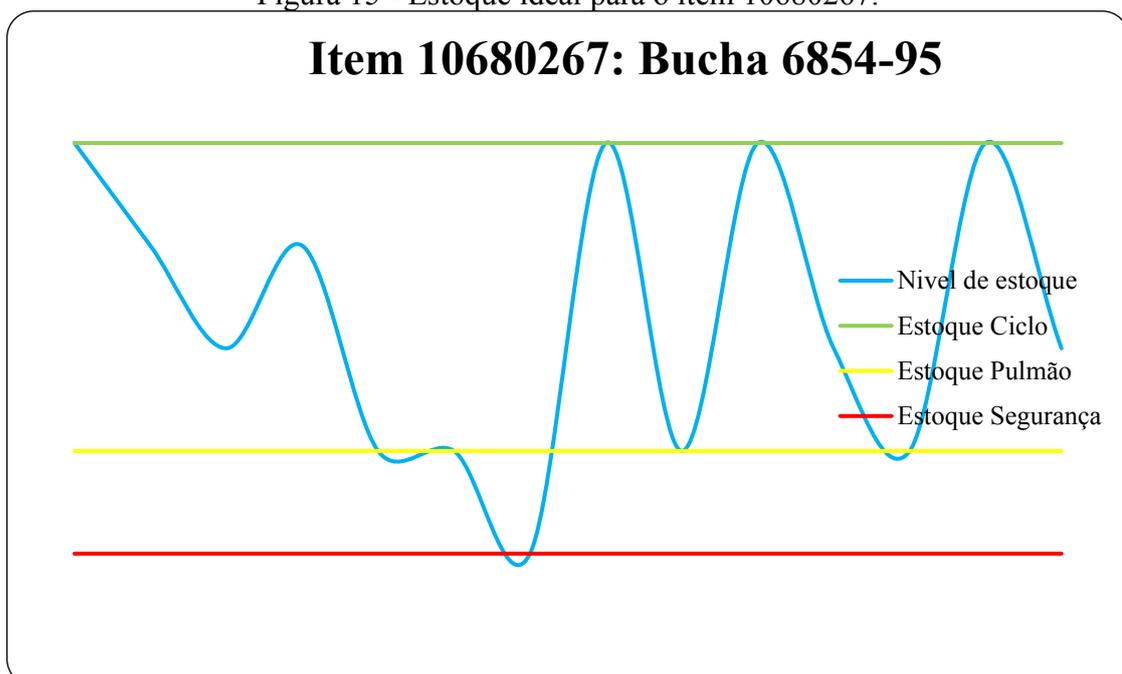
Figura 14 - Estoque superdimensionado para o item 10680267



Fonte: Produção da própria autora.

Após a análise desse item, foi verificada a necessidade de retirada de 3 cartões para um novo acompanhamento para validar a melhoria, como mostra a Figura 15.

Figura 15 - Estoque ideal para o item 10680267.



Fonte: Produção da própria autora.

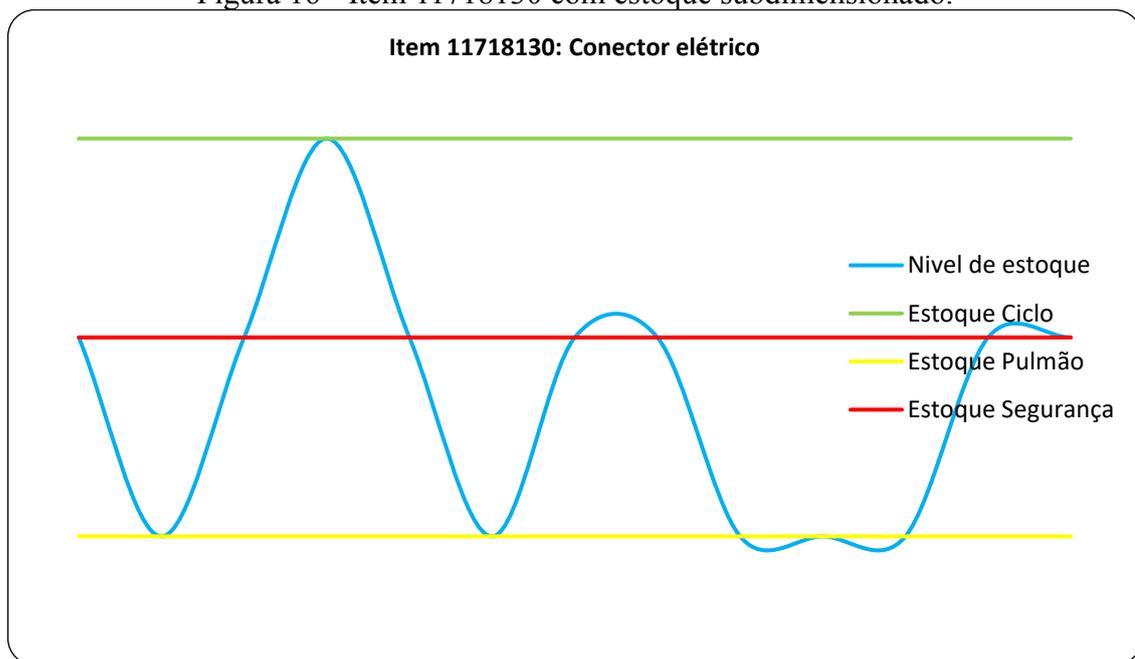
5.1.5. Carência de estoque

Têm-se um estoque subdimensionado quando se tem um alto consumo e um alto tempo de reposição do estoque, ou seja, os níveis de estoque de diversos itens se encontram constantemente entre o estoque pulmão e estoque de segurança como mostrado na Figura 16. Com isso, é aceitável a inserção de um ou mais cartões no fluxo até que se chegue ao nível de estoque ideal..

Ao contrário do que é analisado no estoque superdimensionado, na carência de estoque é observada a necessidade de aumentar o número de cartões, ou seja, aumentar os estoques do item em questão.

O item 11718130, Figura 16, antes dessa verificação era composto por dois cartões, sendo 1 no estoque de segurança (vermelho) e outro no estoque de ciclo (verde).

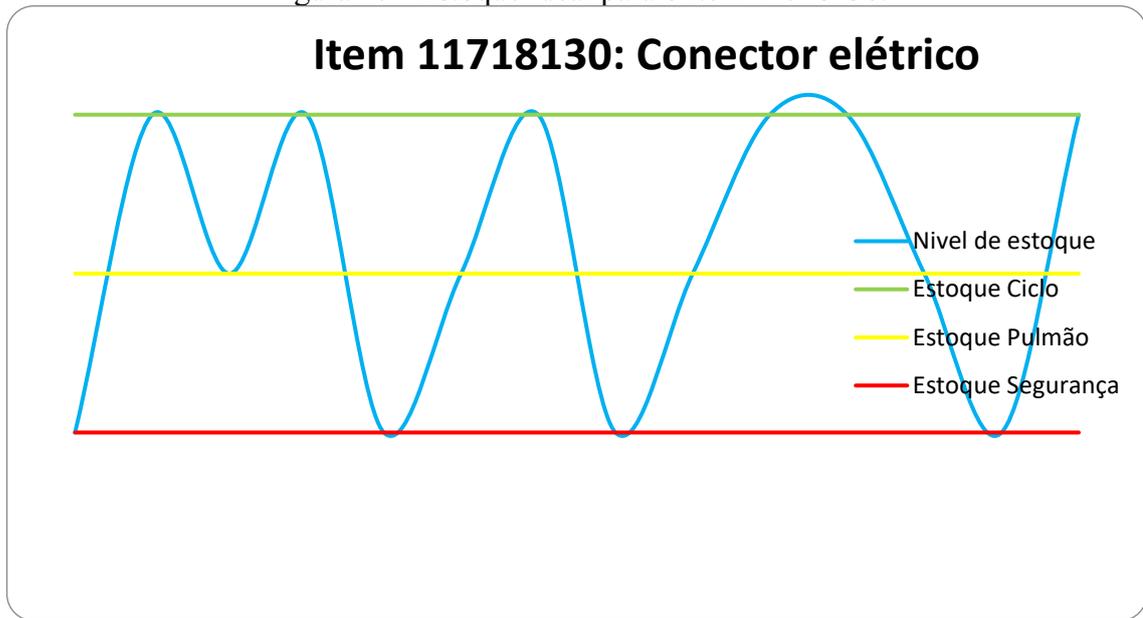
Figura 16 - Item 11718130 com estoque subdimensionado.



Fonte: Produção da própria autora.

Após a análise chegou à conclusão que deveria ser inserido um cartão no estoque pulmão e acompanhar seu desenvolvimento ao correr das semanas, Figura 17.

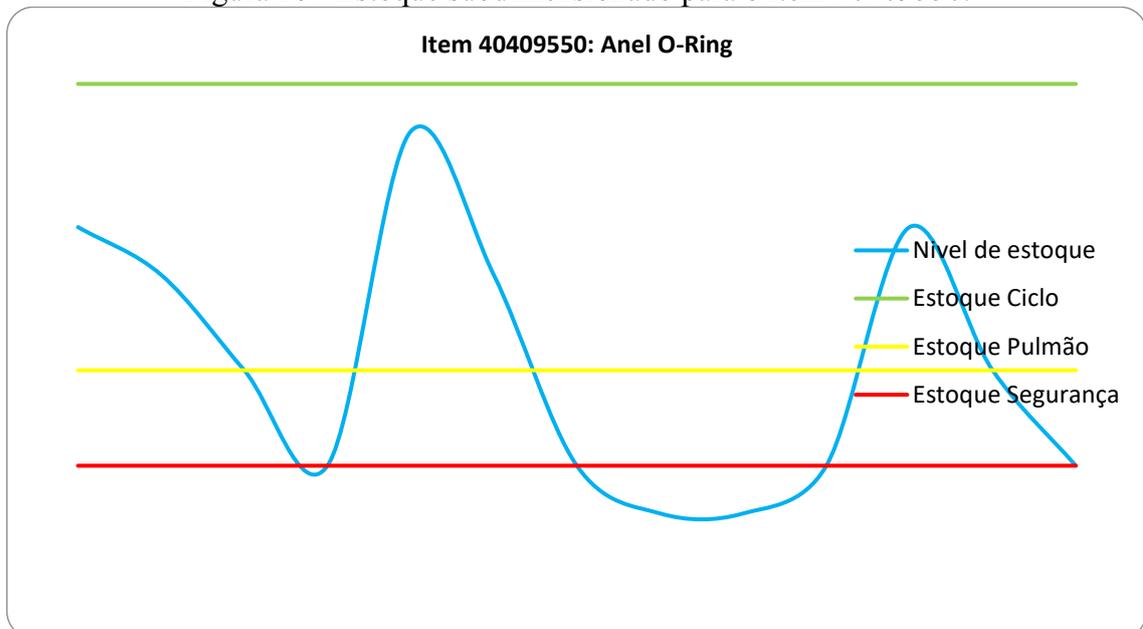
Figura 17 - Estoque ideal para o item 11718130.



Fonte: Produção da própria autora.

Para o item 40409550, Anel *O-Ring*, seu *Kanban* era composto por 9 cartões, sendo 1 cartão de segurança, 2 cartões no estoque pulmão e 6 cartões no estoque de ciclo, Figura 18. O componente tem uma demanda elevada, sempre ocorrendo a falta do mesmo.

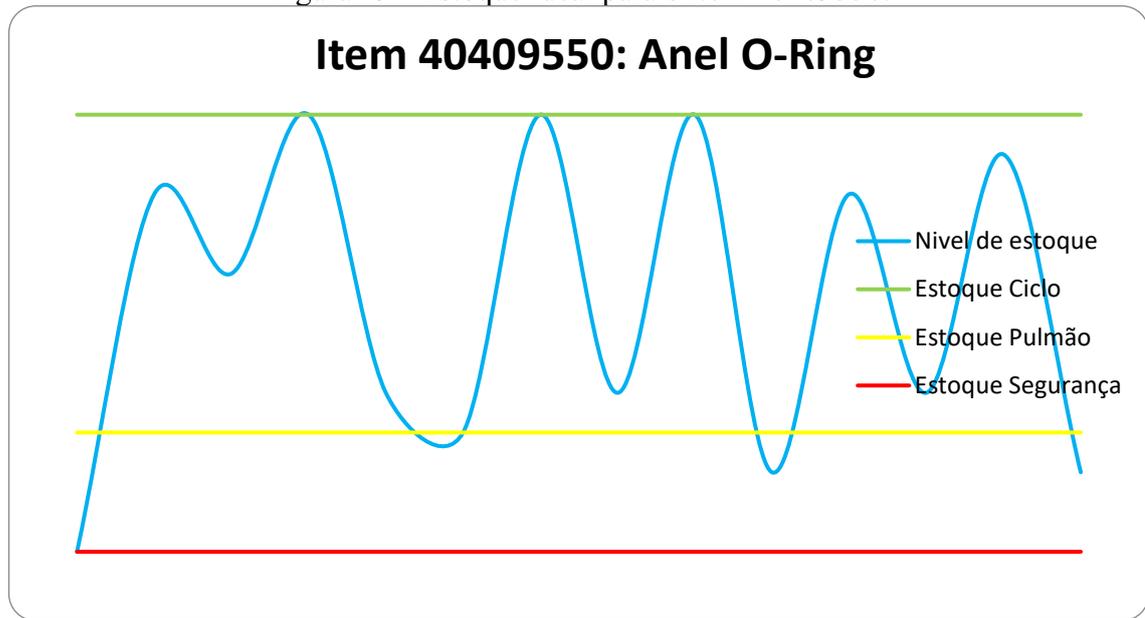
Figura 18 - Estoque subdimensionado para o item 40409550.



Fonte: Produção da própria autora.

Após a análise foi inserido três cartões sendo 1 no estoque pulmão e 2 no estoque de ciclo e acompanhado para validar sua eficácia, Figura 19.

Figura 19 - Estoque ideal para o item 40409550.



Fonte: Produção da própria autora.

5.1.6. Consumo do estoque de segurança

O estoque de segurança é dimensionado com o objetivo de absorver imprevistos que possam ocorrer no fluxo do *Kanban*, como por exemplo, problemas de qualidade no material, indisponibilidade, entre outros. Quando esse estoque é utilizado, ou seja, um cartão vermelho é utilizado para a compra de material, o responsável do supermercado, que é a pessoa responsável pela movimentação do estoque, ou cartão, aciona o responsável do *Kanban* para que, em conjunto com as áreas realize uma análise, encontrem-se os motivos da utilização desse estoque e se necessário, revise a planilha PPCP.

Um motivo poderá ser considerado pontual ou recorrente. Para os problemas pontuais não é necessário revisar a planilha PPCP e conseqüentemente os cartões, entendendo-se que aquele problema não será frequente e não será necessário aumento de estoque para absorver esse desvio. Para os problemas recorrentes, deve-se revisar a planilha PPCP, revisar campos na planilha, como *lead times*, compra mínima, número de cartões, a fim de evitar que esse estoque volte a ser utilizado.

Após a revisão, imprimir os novos cartões e realocá-los no mesmo no fluxo, fazendo a contenção dos cartões obsoletos.

5.1.7. Variação da demanda

Para itens onde a demanda é utilizada no cálculo, como é o caso da MP, componente e ferramentas, a revisão deve ocorrer conforme a última revisão do *Takt*.

O responsável do cálculo deverá solicitar ao PCP a planilha do *Takt* revisada e com essa informação inserir no PPCP as novas demandas e analisar se a quantidade de cartões por níveis (estoque de ciclo, pulmão e segurança) sofreu alteração.

5.1.8. Alteração nos parâmetros de compra

Os parâmetros de compras também estão descritos no cartão *Kanban*, sempre que o setor de compras alterar os parâmetros de compra no sistema integrado da empresa, como: compra mínima, *lead times* e fornecedor, o mesmo deverá acionar o responsável pelo cálculo do *Kanban* e informar as alterações, para que seja revisada a planilha PPCP.

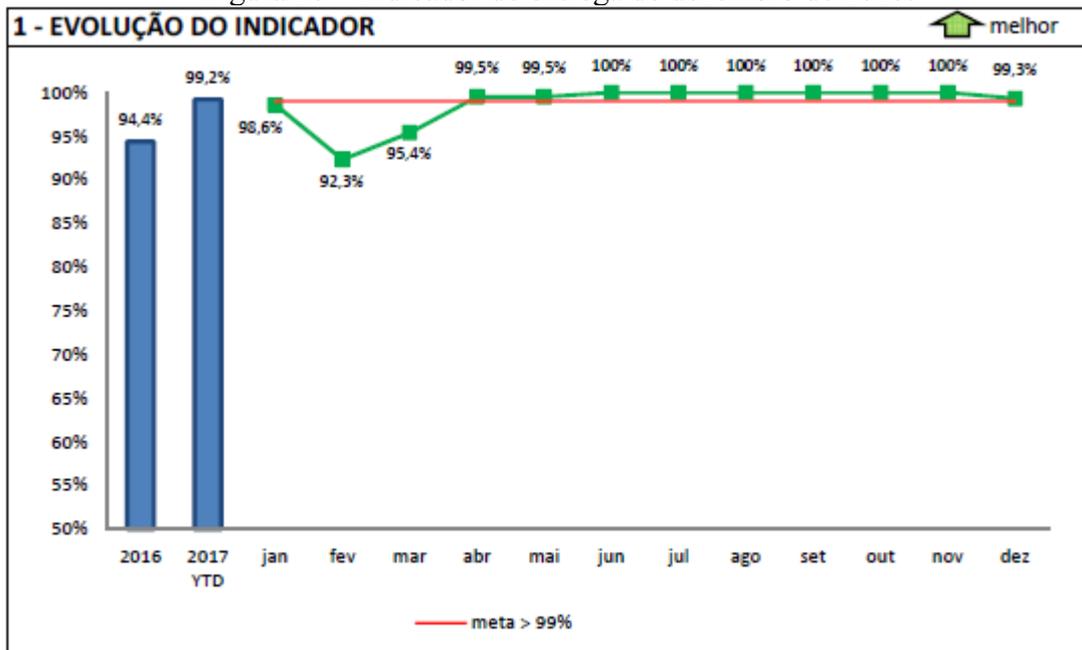
A fim de verificar que todas as revisões estão sendo realizadas conforme descritas em procedimento, é realizada a cada dois meses auditoria interna de *Kanban*, que verifica a eficácia da ferramenta *Kanban*. Em caso de não conformidade, são abertas ações em um sistema específico da empresa, que serve para tratar não conformidades.

5.2. RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO DO TAKT

O TAKT foi implantado na empresa com o objetivo de mostrar a produção qual seria sua meta a ser realizada por dia, levando em consideração seu tempo disponível e sua demanda. A partir dessa ferramenta foi possível detectar se cada processo da empresa estava no ritmo necessário.

A ferramenta foi implantada em janeiro de 2017 e após um ano da sua implantação, um melhor resultado na entrega ao cliente, foi detectado, como mostra a figura 20.

Figura 20 – Indicador de entrega de dezembro de 2017.



Fonte: Produção da própria autora.

Concluindo, com a demanda do cliente e o tempo disponível, a produção começou a produzir aquilo que realmente o cliente solicitava, evitando assim o desperdício da superprodução e atraso nas entregas. Revelando a real capacidade da produção e abrindo caminhos para novos clientes.

Com o nivelamento da produção, foi possível enxergar que conseguimos produzir o que o cliente solicita e termos paradas programadas para 5S, TPM e Kaizens.

Em entrevista junto a área de vendas, outro ponto de melhoria detectado com a implantação da ferramenta TAKT, foi uma ação de melhoria junto ao cliente, verificando a possibilidade dos pedidos requeridos ser mais harmonizados, ou seja, evitando assim picos e vales de demandas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse trabalho é identificar as boas práticas na implementação do *Lean Manufacturing (LM)* adotada por uma multinacional que produz peças para o setor aeronáutico, destacando suas dificuldades.

Conclui-se que o objetivo desse estudo foi apresentar os resultados alcançados na implantação da ferramenta *Kanban e TAKT* em uma indústria de produção e montagem de componentes, possibilitando maior controle dos recursos utilizados evitando estoques desnecessários, ou a falta dos mesmos, respeitando ainda o *Lead Time*, o que pode fortemente influenciar na produção e conseqüentemente nos resultados da empresa, foi atingido, pois mostrou que a filosofia *Lean* e todas as suas ferramentas, em destaque nesse artigo o *Kanban e TAKT*, trouxeram inúmeras melhorias para toda a organização, como a redução de estoque e desperdício, otimização do processo, aumento da produtividade e eficiência e foco em tudo que agrega valor ao seu produto final.

O estudo do KANBAN contemplou apenas uma célula da empresa, que foi o setor de montagem mecânica das peças, o que pode ser replicado, em estudos futuros, a outros setores da empresa para verificar e confrontar com os resultados apresentados nesse estudo.

Na consecução da pesquisa foi possível delimitar que o *Kanban*, é importante para o processo de melhoria da organização, fortalecendo a necessidade de melhoria contínua em todos os seus processos, e que o ganho em produtividade é evidente dentro da aplicação de ferramentas de suporte e que refletem nos resultados da organização. E o *Takt Time* é importante para dar ritmo a produção, estabelecendo uma meta para a produção diária de acordo com seu tempo disponível e a demanda solicitada pelo cliente, evitando assim a superprodução e o aumento de estoques.

Considerando o escopo do trabalho e diante da consecução dos objetivos específicos, é atingido o objetivo principal do presente trabalho que é investigar se, por meio da utilização de práticas e ferramentas enxutas, a LM é aplicável em indústrias aeronáuticas.

Para trabalhos futuros, outros tipos de ferramentas do LM podem ser aprofundados na empresa, pois como ela está no meio da implantação, muitos trabalhos ainda futuros serão propostos pela empresa.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. C. et al. Effective Tools to Learn Lean Thinking and Gather Together Academic and Practice Communities. In: INTERNATIONAL MECHANICAL ENGINEERING CONGRESS AND EXPOSITION, 5., 2017, Florida. **Anais**. Florida: ASME, 2017. p. 3-9.

ALMEIDA FILHO, J. F.; LOBOSCO, A. A filosofia Lean Manufacturing aplicada ao transporte de cargas aéreas: um estudo na empresa Tam Cargo. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 4., 2015, São Paulo. **Anais**. São Paulo: IV SINGE, 2015. p. 1-16.

ARAMUNI, J. P. C. **Análise da adoção do Lean Manufacturing na gestão de projetos de tecnologia da informação: estudo de caso em uma multinacional desse segmento**. 2015. 166f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Informação). Universidade FUMEC, Belo Horizonte, 2015.

BASTOS, B. C. **Aplicação de Lean Manufacturing em uma linha de produção de uma empresa do setor automotivo**. 2012. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2012.

BROWN, A.; AMUNDSON, J.; BADURDEEN, F. Sustainable value stream mapping (Sus-VSM) in different manufacturing system configurations: application case studies. **Journal of Cleaner Production**, Lexington, v. 85, p.164-179, dec. 2014.

CALHADO, P. M. et al. Implantação do método de troca rápida de ferramentas no setor de usinagem em uma indústria de autopeças. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: XXXV ENEGEP, 2015. p. 1-17.

CAMARGO, G. M.; SPIANDORELLO, F. de M.; HOFFMANN, W. A. M. Estudo dos processos de transferência de tecnologia no setor aeronáutico brasileiro. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 13, n. 28, 2017, p. 152-170.

CARVALHO, J. P. da C. **Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas Lean num sistema produtivo**. 2015. 169f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Escola Engenharia Universidade do Minho, Guimarães, 2015.

CORAZZA, E. J. Otimização do tempo de setup no setor de usinagem, em uma empresa de processamento de alumínio de Joinville/SC- Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36, 2016, João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: XXXVI ENEGEP, 2016. p. 1-15.

ESTEVES, W. L. da S. A Aplicação do Lean Manufacturing nas Indústrias. Im: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 10, 2014, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: X CNEG, 2014 p. 1-12.

FIGUEIREDO, D. L. de. Lean TI: desenvolver processos de tecnologia da informação para evitar desperdícios na entrega de valor ao cliente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 7., 2017, Ponta Grossa. **Anais**. Paraná: APREPRO, 2017.

p. 1- 9

FILHO, E. D.; MARTINS, N. O.; HERRERA, V. É. Análise do Sistema Toyota em uma indústria de embalagens plásticas da região de Marília-SP. **Revista Gestão Industrial**, v. 13, n. 1, 2017, p. 1-23.

FONSECA, T. B. da. **Proposta para redução de tempo de setup em uma linha de produção de tabletes de chocolate no sul do Brasil**. 2017. 78p. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

HOEFT, S. **Histórias do meu Sensei**: duas décadas de aprendizado implementando os princípios do sistema Toyota de Produção. Porto Alegre: Bookman, 2013. 180 p.

JASTI, N. V. K.; KODALI, R. Lean production: literature review and trends. **International Journal of Production Research**, London, v. 53, n. 3, p. 867-885 , jul. 2015

JYLHÄ, T.; JUNNILA, S. The state of value creation in the real-estate sector—lessons from lean thinking. **Property Management**, v. 32, n. 1, p. 28-47, 2014.

KACH, S. C. et al. Implementação do Método Kanban em Célula de Montagem dos Componentes Plásticos para Linha de Implementos Agrícolas. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 11., 2014, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: XI SEGeT, 2014. p. 1-16.

KOGAWA, T. A. R. **Implementação da metodologia Lean Manufacturing em sua linha de produção por meio de certificação interna**. 2015. 69p. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Materiais) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

KUMAR, A.; MITRA, S. A Review on Lean Manufacturing Implementation Tools. **Journal of Industrial Engineering and Advances**, v. 2, n. 2, 2017, p. 1-27.

KUMAR BR, R.; SHARMA, M. K.; AGARWAL, A. An experimental investigation of lean management in aviation: Avoiding unforced errors for better supply chain. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 26, n. 2, 2015, p. 231-260.

LIKER, J. K.; CONVIS, G. L. **O modelo Toyota de liderança lean**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 296p.

LIKER, J. K. ; MEIER, D. **O modelo Toyota**. São Paulo: Bookman, 2007. 320p.

LINDGREN, M. R. H. de O. et al. Lean Engineering: um estudo de caso de redução de problemas na troca de informações no desenvolvimento de produtos. **Latin American Journal of Business Management**, Taubaté v.7, n. 2, 2016, p 144-147.

LOPES, T. O.; FROTA, C. D. Aplicação dos conceitos do Lean Manufacturing para melhoria do processo de produção em uma empresa de eletrodomésticos: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais**. Ceará: XXXV ENGEPE, 2015. p. 1-17.

MARTINS et al. O impacto da crise econômica mundial no setor industrial da microrregião de São João del Rei/MG. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 11., 2014, Minas Gerais. **Anais**. Minas Gerais: XI SEGeT, 2014. p. 1-16.

MOURA, L. C. **Os papéis do estado em políticas de inovação: uma análise do caso da Embraer na indústria aeroespacial brasileira**. 2017. 94f. Trabalho de Graduação (Graduação em Ciências Econômicas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 150p.

OLIVEIRA, O. J. (Org.). **Gestão da qualidade: tópicos avançados**. São Paulo: Cengage Learning, 2004. 243p.

OLIVEIRA, P. L. de O. **Análise dos sete desperdícios da produção em um abatedouro de aves**. 2016. 69f. Relatório Científico (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

PAIVA, N. T.; BERGIANTE, N. C. R. Aplicação de conceitos enxutos na manufatura: a realidade brasileira. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 36., 2016, João Pessoa. **Anais**. Paraíba: XXXVI ENGEPE, 2016. p. 1-16.

PELEGRINI, L. A. de A.; NASCIMENTO, C. O. **Redução do tempo de setup no processo de classificação de sementes**. 2016. 22p. Dissertação (Graduado em Engenharia de Produção) Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2016.

PINTO JUNIOR, M.J.A. A utilização das Ferramentas “Lean Manufacturing” como complemento do “Design for Environment” para Redução do Impacto Ambiental. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 5., 2015, São Paulo. **Anais**. São Paulo, 2015. p 1-10.

PONTES, J. M. A.; FIGUEIREDO, O. C. Proposta de implantação da filosofia Lean Manufacturing em uma confecção de pequeno porte através do Mapeamento do Fluxo de Valor. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 12., 2016, Florianópolis. **Anais**. Santos Catarina, 2016. p. 1-14.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. ed Rio Grande do Sul: FEEVALE, 2013. 277p.

REIS, M. F. et al. Aplicação do Lean em serviços: estudo de caso em uma distribuidora de energia elétrica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37., 2017, Joinville. **Anais**. Santa Catarina: XXXVII ENEGEP, 2017. 1-14.

RODRIGUES, G. J. et al. Diagnóstico e aplicação de Lean Manufacturing em um Centro de Distribuição e Logística (CDL). In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 5., 2014, Ponta Grossa. **Anais**. Paraná: ConBRepro, 2014. p.1-12.

ROHANI, J. M.; ZAHRAEE, S. M. Production line analysis via value stream mapping: A lean manufacturing process of color industry. **Procedia Manufacturing**, v. 2, feb. 2015, p.6-10.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda**. Lean Enterprise Institute, 2003. 102p.

SETH, D.; SETH, N.; DHARIWAL, P.. Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study. **Production Planning & Control**, London, v. 28, n. 5, mar. 2017, p. 398-419.

SOARES JUNIOR, E. R. **Proposta de Instrumento de Medição e Avaliação do Programa Lean em Empresa do Segmento Químico: segundo abordagem do MDE, Base Lesat e Baldrige**. 2016, 127f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

VENKATARAMAN, K. et al. Application of value stream mapping for reduction of cycle time in a machining process. **Procedia Materials Science**, v. 6, dec. 2014, p. 1187-1196.

VLACHOS, I. Applying lean thinking in the food supply chains: a case study. **Production Planning & Control**, London, v. 26, n. 16, jun. 2015, p. 1351-1367.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, 2002, p.192-219.

WOMACK, JAMES P.; JONES, DANIEL T. **A máquina que mudou o mundo**. Gulf Professional Publishing, 2004. 342p.