UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GUILHERME VALADÃO DE BRITO SOARES

Práticas e ganhos na implantação e sustentabilidade de fluxo contínuo em
ambientes *Lean*: um estudo de caso

Orientador: Prof. Dr. Kleber Francisco Espôsto

SÃO CARLOS
2017

GUILHERME VALADÃO DE BRITO SOARES

Práticas e ganhos na implantação e sustentabilidade de fluxo contínuo em
ambientes *Lean*: um estudo de caso

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade
de São Paulo, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em Engenharia de
Produção.

Área de Concentração: Gestão de Operações

Orientador: Prof. Dr. Kleber Francisco Espôsto

SÃO CARLOS
2017

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

S676p Soares, Guilherme Valadão de Brito
Práticas e ganhos na implantação e sustentabilidade
de fluxo contínuo em ambientes Lean: um estudo de caso
/ Guilherme Valadão de Brito Soares; orientador Kleber
Francisco Espôsto. São Carlos, 2017.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção e Área de Concentração em
Processos e Gestão de Operações -- Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2017.

1. Fluxo contínuo. 2. Produção enxuta. 3. Célula de
produção. 4. Processo de costura. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Bacharel **GUILHERME VALADÃO DE BRITO SOARES**.

Título da dissertação: "Práticas e ganhos na implantação e sustentabilidade de fluxo contínuo em ambientes *Lean*: um estudo de caso."

Data da defesa: 13/02/2017.

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Dr. **Kleber Francisco Espôsto**
(Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovado

Prof. Dr. **Moacir Godinho Filho**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

Prof. Dr. **Alessandro Lucas da Silva**
(Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP)

Aprovado

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção:

Prof. Associado **Aldo Roberto Ometto**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Luís Fernando Costa Alberto**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais Nelson e Simone, meu irmão Lucas e à Antônia, sempre presente conosco, pelo suporte dado durante todo o curso do mestrado e pela compreensão durante os momentos de ausência. Tal suporte e compreensão foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Agradeço especialmente ao Professor Dr. Kleber Francisco Espôsto pelos ensinamentos adquiridos e apoio ao longo desta jornada.

Agradeço ao Professor Dr. Moacir Godinho Filho e ao Professor Dr. Alessandro Lucas da Silva pelas ricas sugestões dadas durante o processo de qualificação desta dissertação, tais sugestões foram um guia fundamental para a conclusão deste trabalho.

Agradeço toda a equipe da empresa no qual o projeto relatado no estudo de caso foi realizado pela recepção acolhedora e confiança demonstrada ao longo de todo o projeto. Muitas pessoas estiveram envolvidas, mas em especial gostaria de agradecer: Antônio Oliveira, Fábio Hilário, Elizangela de Oliveira, Maísa Monção, Douglas Garcia, Rafael Aparecido, Paulo Guiselini, Lucas Belonzi, Queila Rocha, Hueliton Aparecido, Jonas Souza, Flávia Melissa, Daniel Reis, Carlos Ribeiro, Alex Carlos, Régis Figueiredo e Márcio Bragil.

Agradeço também aos amigos de Lure Consultoria sem os quais não teria adquirido o conhecimento para desenvolver este trabalho: Celso Endres, Samuel Soares, Lucas Santos, Herbert Madeira, Carla Luiza, Gabriela Marques, Amanda Caecilie, José Geraldo Chaves, José Geraldo Chaves Filho, Gustavo Rasteiro, Rafael Saia e Ronaldo Guedes.

Agradeço ainda a todos os funcionários do Departamento de Engenharia de Produção da EESC-USP por toda a ajuda prestada desde o meu ingresso no mestrado.

*“Cada sonho que você deixa para trás, é um
pedaço do seu futuro que deixa de existir”.*

Steve Jobs

RESUMO

SOARES, G. V. B. *Práticas e ganhos na implantação e sustentabilidade de um Fluxo Contínuo em ambientes Lean: um estudo de caso*. Dissertação de Mestrado (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

As práticas e ferramentas de *Lean Production* já foram e vêm sendo implantadas em várias empresas dos mais diversos setores. Porém, muitas vezes tais implantações não atingem o resultado esperado. O que se observa é que o processo de implantação de práticas e ferramentas utilizadas em ambientes *Lean*, foca, em grande parte das vezes, na implantação de algumas ferramentas, tais como o sistema *kanban* ou 5S, deixando de lado a busca constante por um processo que funcione com estoque zero e sem defeitos. Tal cenário, mesmo sendo inatingível no curto ou médio prazo para grande parte das empresas é, porém, a essência do sistema de produção originado na Toyota. Esta pesquisa identifica que a implantação do fluxo contínuo é fundamental durante as implantações de práticas de *Lean Production* por embasar essa busca constante pela melhoria do fluxo de produção, visando sempre a remoção dos desperdícios presentes ao longo do fluxo. Por meio da realização de uma Revisão Bibliográfica exploratória são identificadas também as práticas e ferramentas que têm a sua implantação relatada com o objetivo de auxiliar a implantação ou dar sustentabilidade a um fluxo contínuo. Um estudo de caso relata a implantação de fluxo contínuo em um processo de costura com a utilização de células de produção, mostrando ainda quais outras práticas e ferramentas foram implantadas. O resultado encontrado foi que as práticas e ferramentas mais utilizadas para auxiliar a implantação e sustentabilidade de um fluxo contínuo são o *takt time*, balanceamento das operações, Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), *layout* celular, trabalho padronizado e sistemas puxados. Os principais ganhos identificados como resultado da implantação do fluxo contínuo e de práticas e ferramentas para auxiliá-lo em ambientes de *lean production* são a redução do *lead time* de produção, redução do *work in process*, aumento de produtividade, redução da área utilizada pela produção, redução do custo de produção e a redução do tempo gasto com atividades que não agregam valor ao produto. A principal dificuldade identificada para a implantação do fluxo contínuo foi a aceitação da equipe de produção, principalmente durante o início das operações após as implantações. O apoio dos Supervisores, Gerentes e Diretores das empresas se mostra fundamental para o sucesso de tal empreitada.

Palavras-chave: Fluxo contínuo, Produção enxuta, Célula de produção, Processo de costura

ABSTRACT

SOARES, G. V. B. *Practices and gains on the implementation and sustainability of a Continuous Flow in Lean environments: a case study*. Master's Thesis (MA) – School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2017.

The practices and tools of Lean Production were and are being implemented in many companies of the most diverse sectors. However, many times such implementations do not achieve the expected result. What is observed is that the implementation process of the practices and tools used in Lean environments in a great part of the time focus on the implementation of some tools such as kanban system or 5S, keeping aside the constant search for a process that works with zero stock and with no defects. Such scenario, even being unachievable in a short and medium term for great part of the companies is, however, the essence of the production system started at Toyota. This paper identifies that the implementation of continuous flow is fundamental during the implementation of Lean Production practices for supporting this constant search for improvement of the production flow, always aiming the removal of the waste present along the flow. Through a Literature Review, are also identified the practices and tools that have its implementation reported with the target of supporting the implementation or sustain a continuous flow. A case study reports the implementation of continuous flow in a stitching process through the use of production cells, showing also what other practices and tools were implemented. The result found was that the practices and tools most used to support the implementation and sustainability of a continuous flow are takt time, workload balancing, Value Stream Mapping (VSM), cellular layout, standardized work and pull system. The main gains identified as a result of the implementation of the continuous flow and practices and tools to support it in Lean Production environments are the reduction of the production lead time, reduction of work in process, increase of productivity, decrease of the area used by the production, reduction of production cost and reduction of the time spent with non-add value activities. The main difficulty identified for the implementation of a continuous flow was the acceptance of the production team, mainly during the beginning of the operations right after the implementation. The support of Supervisors, Managers and Directors of the companies reveals fundamental for the success of this endeavor.

Keywords: Continuous flow, Lean production, Production cell, Stitching process

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Linha de produção de Ford	32
Figura 2: Ilustração de fluxo contínuo.....	34
Figura 3: Benefícios da redução do nível de estoque	35
Figura 4: A Casa do Sistema Toyota de Produção	37
Figura 5: Ilustração de MFV	38
Figura 6: Exemplo de gráfico de balanceamento dos operadores	40
Figura 7: Exemplo de célula de produção	41
Figura 8: Exemplo de diagrama de espaguete	43
Figura 9: Impacto da falta de gestão visual	49
Figura 10: Etapas do Cinco S	51
Figura 11: Técnicas e ferramentas utilizadas	68
Figura 12: Resultados relatados após a implantação do fluxo contínuo.....	69
Figura 13: MFV da situação inicial encontrada na empresa	77
Figura 14: Lead time dos processos	79
Figura 15: Layout inicial e diagrama de espaguete	81
Figura 16: MFV da situação inicial com desperdícios e problemas.....	85
Figura 17: MFV futuro	91
Figura 18: Layout futuro e diagrama de espaguete	97
Figura 19: Balanceamento das operações de uma célula	99
Figura 20: TC das células e takt time do processo	100
Figura 21: Projeto da célula de costura	101
Figura 22: Ilustração de embalagem e cartão kanban.....	104
Figura 23: Produção por operador	121
Figura 24: Taxa de absenteísmo	122
Figura 25: Etapas da Revisão Bibliográfica	147

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação da pesquisa	25
Quadro 2: Classificação dos artigos	55
Quadro 3: Famílias de produtos	72
Quadro 4: Balanceamento das atividades no setor de prensas	114
Quadro 5: Práticas e ferramentas utilizadas no estudo de caso	128
Quadro 6: Práticas e ferramentas: revisão bibliográfica VS estudo de caso	129
Quadro 7: Resultados: revisão bibliográfica VS estudo de caso	131
Quadro 8: <i>Strings</i> de busca.....	148
Quadro 9: Quantidade de artigos por filtro.....	148

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EK – Evento *Kaizen*

FIFO – *First in First out*

JIT – *Just in time*

LPS – *Lean Production System*

LT – *Lead time*

MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor

MO – Mão de obra

NAV – Atividades que não agregam valor

PCP – Planejamento e Controle da Produção

STP – Sistema Toyota de Produção

TAV – Tempo de agregação de valor

TPM – *Total Productive Maintenance* / Manutenção Produtiva Total

TRF – Troca Rápida de Ferramentas

WIP – *Work in process*

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	21
1.1 Apresentação do trabalho	21
1.2 Objetivos.....	23
1.3 Relevância do tema e justificativa da pesquisa	23
1.4 Metodologia e classificação da pesquisa	24
1.5 Estrutura do trabalho	26
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO	29
2.1 Sistema Toyota de Produção / Produção Enxuta / <i>Lean Production</i>	29
2.2 Fluxo contínuo ou fluxo unitário de peças	32
2.3 Ferramentas e práticas aplicadas na Produção Enxuta	37
2.3.1 Mapeamento do fluxo de valor	38
2.3.2 <i>Takt time</i>	39
2.3.3 Balanceamento das operações	39
2.3.4 <i>Layout</i> celular	41
2.3.5 <i>Layout</i> linear ou por produto	42
2.3.6 Diagrama de espaguete	43
2.3.7 Trabalho padronizado	43
2.3.8 Sistemas puxados.....	44
2.3.9 <i>Heijunka</i>	45
2.3.10 <i>Jidoka</i>	46
2.3.11 <i>Poka-yoke</i>	46
2.3.12 Troca rápida de ferramentas	47
2.3.13 Manutenção produtiva total / Total productive maintenance (TPM)	48
2.3.14 Gestão visual	48
2.3.15 <i>Andon</i>	49
2.3.16 Cinco S	50
2.3.17 Evento <i>Kaizen</i>	51
2.3.18 <i>Gemba walking</i>	52
2.3.19 <i>Checklist</i>	53
CAPÍTULO 3 – FLUXO CONTÍNUO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	55
3.1 Classificação dos artigos	55
3.2 Revisão dos artigos contemplados.....	57
3.3 Análise quantitativa dos artigos revisados	67
3.4 Considerações finais sobre a Revisão Bibliográfica.....	69

CAPÍTULO 4 – ESTUDO DE CASO	71
4.1 Apresentação da empresa e metodologia da aplicação	71
4.2 Definição do escopo do projeto	72
4.3 Mapeamento e medição da situação atual da empresa.....	73
4.3.1 Identificação dos processos.....	73
4.3.2 MFV da situação atual	74
4.3.3 Desenho do diagrama de espaguete	80
4.4 Análise da situação atual e desenvolvimento da situação futura	83
4.4.1 Análise do MFV da situação atual	83
4.4.2 Análise do diagrama de espaguete e <i>layout</i>	87
4.4.3 Desenvolvimento do MFV futuro	89
4.4.4 Desenvolvimento do <i>layout</i> futuro.....	94
4.5 Implantação da situação futura	102
4.5.1 Implantação de sistema puxado para a reposição de acessórios cortados.....	102
4.5.2 Implantação da área de consolidação de <i>kits</i> de costura	106
4.5.3 Implantação de comunicação visual e <i>andon</i>	108
4.5.4 Implantação das células de costura	109
4.5.5 Implantação de balanceamento e trabalho padronizado	112
4.5.6 Implantação de quadros de gestão visual	115
4.6 Controle/Sustentabilidade da situação implantada	119
4.7 Apresentação e análise dos resultados	120
4.8 Dificuldades do projeto.....	123
4.9 Considerações finais sobre o estudo de caso	125
CAPÍTULO 5 – PRÁTICAS, FERRAMENTAS E SEUS GANHOS	129
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES.....	137
6.1 Conclusões em relação aos objetivos traçados	137
6.2 Conclusões em relação à questão de pesquisa	138
6.3 Limitações da pesquisa e pesquisas futuras	139
6.4 Considerações finais	140
REFERÊNCIAS	141
APÊNDICE A: DETALHAMENTO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	147

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do trabalho

Em ambientes de alta competitividade é extremamente importante para as empresas se tornarem mais eficientes, e um dos modos de alcançar este objetivo é implantando conceitos e ferramentas do Sistema Toyota de Produção (STP), conhecido também como Produção Enxuta, Sistema *Lean* de Produção, ou só mesmo, *Lean*. Taiichi Ohno, então engenheiro de produção da Toyota, é considerado por muitos o criador do STP.

O Sistema Toyota de Produção surgiu de uma necessidade (OHNO, 1997). Segundo esse autor, o estilo de produção de carros, comumente chamada de produção em massa, era um estilo americano de produzir, onde o objetivo era produzir uma maior quantidade de um menor tipo de carros, tendo ganhos por meio da escala de produção. Mas para os diretores da Toyota, no Japão tal modelo não funcionaria, já que após a Segunda Guerra Mundial o país vivia um cenário de reconstrução e o mercado não era tão grande quanto o americano (o que não geraria a escala suficiente), logo, a Toyota tinha que enfrentar o desafio de cortar custos, e ao mesmo tempo, produzir pequenas quantidades de muitos tipos de carros para se destacar no mercado.

Womack e Jones (2004) e Dennis (2008) definem o STP como um sistema onde o objetivo é fazer mais com menos recursos e ao mesmo tempo dar ao cliente o que ele deseja. Graban (2013) afirma que uma definição sucinta é que o sistema *lean* de produção pode melhorar a qualidade e o custo de uma empresa, sem exigir que as pessoas trabalhem mais.

Koenigsaecker (2011) define produção enxuta como sendo um simples processo de identificar e eliminar desperdícios. Ohno (1997) aponta a total eliminação de desperdícios como a base do STP. O objetivo principal do STP consiste na identificação e eliminação das perdas e na redução dos custos (SHINGO, 1996a).

Womack e Jones (2004), afirmam que desperdício é qualquer atividade humana que não agrega valor e para a eliminação destes desperdícios é necessário se ter uma mentalidade enxuta nas empresas. Womack e Jones (2004) sugerem 5 princípios a serem seguidos visando a implantação do sistema *lean* de produção nas empresas:

1. Especificar o que é valor do ponto de vista do cliente;
2. Identificar o fluxo de valor;
3. Criar fluxo contínuo ao longo do fluxo;

4. Implantar a produção puxada onde não for possível implantar o fluxo contínuo;
5. Visar sempre a perfeição.

Ainda para esses mesmos autores, todos nós temos que combater o pensamento considerado “departamentalizado”, onde setores separados produzem em lotes que serão transportados ao longo de todo o fluxo, porque as tarefas podem ser executadas de forma mais eficiente quando se trabalha continuamente em cada unidade.

Rother e Harris (2002) e Harris et al. (2004), afirmam que o fluxo contínuo é o objetivo principal da produção enxuta e que criar fluxo contínuo tem sido o alvo de inúmeros *kaizen*.

Para Shingo (1996b), Liker (2005) e Liker e Meier (2007), diversas empresas falham na implantação do sistema de produção enxuta por acharem que tal sistema é somente suas ferramentas, acabando muitas vezes implantando sistemas como o *kanban* ou *poka-yoke*, sem nem mesmo terem tentado implantar o fluxo contínuo ou sem terem o entendimento da filosofia do STP, como por exemplo, a constante busca pela produção com estoque zero.

O fluxo é central para um verdadeiro processo de melhoria contínua e para o desenvolvimento das pessoas (LIKER; MEIER, 2007). Liker e Meier (2007) afirmam que Taiichi Ohno nos ensinou que o fluxo unitário de peças, também chamado de fluxo contínuo, é o ideal. Para eles a manutenção de um fluxo contínuo de produção serve para trazer à tona qualquer problema que possa inibi-lo, forçando assim a correção dos problemas, o que resulta na redução de perdas.

Segundo Liker (2005), a implantação do fluxo contínuo tende a forçar a implantação de uma série de melhorias por meio de outras ferramentas e filosofias da produção enxuta. Portanto, diversas ferramentas utilizadas na implantação de um sistema enxuto de produção têm como principal objetivo dar sustentabilidade ao fluxo contínuo implantado.

Sekine (1991) aborda a importância do fluxo de uma peça para se ter realmente um sistema de produção puxado pelo cliente, e não no cenário oposto, onde tenta se vender o que foi produzido.

Uma lacuna identificada durante a pesquisa é a falta de relatos da implantação de fluxo contínuo pelas empresas e também das outras técnicas e ferramentas que sustentam este fluxo.

Diante do contexto apresentado, evidencia-se a seguinte questão de pesquisa: Quais as principais práticas e ferramentas utilizadas para a implantação e sustentação de fluxo contínuo em ambientes de *lean production* e quais são os resultados obtidos por meio da implantação

integrada destas práticas? Esse trabalho se direciona a busca por resposta(s) a essa questão, com o objetivo apresentado a seguir.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal identificar práticas e ferramentas para a implantação e sustentação de fluxo contínuo em ambientes de *lean production* e avaliar os ganhos dessa implantação. Para se atingir o objetivo principal, têm-se os seguintes objetivos específicos:

1. Identificar na literatura quais práticas e ferramentas são utilizadas para a implantação e sustentação de fluxo contínuo em ambientes de *lean production*;
2. Identificar na literatura quais são os resultados alcançados por meio da implantação de fluxo contínuo em ambientes de *lean production*;
3. Relatar a implantação de fluxo contínuo durante a implantação de práticas de *lean production*.

1.3 Relevância do tema e justificativa da pesquisa

Holweg (2007) afirma que após a publicação do livro “A máquina que mudou o mundo” em 1990 surgiu um grande interesse de diversas empresas de todo o mundo e de diversos setores em conhecer mais sobre *Lean*. Segundo o autor, desde a publicação do livro este interesse só aumentou, resultando em incontáveis implantações de suas práticas nos mais diversos setores.

Porém, Liker e Meier (2007), afirmam que muitas tentativas de implantação da produção enxuta são frustradas e que muitas pessoas afirmam que a produção enxuta não funciona em suas operações. Eles apontam como uma das causas desses insucessos a de que ao implantar este sistema não se deve apenas focar na implantação de algumas ferramentas de forma descuidada e isolada.

Spear e Bowen (1999) reforçam que a resposta de porque muitas empresas falham ao tentar implantar o STP é que muitos observadores, e mesmo pessoas que visitam as fábricas da Toyota para conhecer mais sobre o sistema, confundem as ferramentas e práticas com o sistema propriamente dito.

Rother (2010) afirma que o fluxo contínuo de uma peça só, ao menor custo possível, é uma das visões de longo prazo da Toyota, pioneira na aplicação do sistema que passou a ser conhecido como *Lean*.

Com base no contexto apresentado, autores como Sekine (1991), Shingo (1996b), Ohno (1997), Womack e Jones (2004) Liker (2005), Liker e Meier (2007) e Rother (2010) apontam a importância da implantação do fluxo contínuo para o sucesso de uma jornada lean nas empresas. Dessa forma, fica evidente a importância de pesquisas que apresentem relatos sobre a implantação do fluxo contínuo, identificando quais práticas são utilizadas para dar suporte a esta técnica e quais os seus respectivos resultados. Contudo, este trabalho verifica a literatura sobre o tema e contribui para um maior entendimento sobre a importância da implantação do fluxo contínuo, formas de implantá-lo e potenciais resultados alcançados com sua implantação.

1.4 Metodologia e classificação da pesquisa

Este tópico apresenta a classificação da pesquisa quanto à sua natureza, à abordagem do problema, ao seu objetivo e aos procedimentos técnicos utilizados.

Para Gil (2007), uma pesquisa ocorre por meio de um processo de inúmeras fases, iniciando com a adequada formulação do problema, até se alcançar uma satisfatória apresentação dos resultados encontrados. De acordo com Martins et al. (2014), a definição do método de pesquisa é uma das partes mais importantes de um projeto de pesquisa porque definirá os passos a serem executados na busca do objetivo geral da pesquisa. Oliveira Netto (2005), afirma que devemos entender a metodologia como procedimentos que auxiliam o atingimento dos objetivos definidos para uma pesquisa. Segundo Ganga (2012), diversos problemas de pesquisa na área de Gestão da Produção e Operações são complexos e necessitam ser abordados por diferentes métodos e abordagens de pesquisa.

Ganga (2012), afirma que uma pesquisa pode ser classificada quanto à natureza de seus resultados como básica ou aplicada. Este trabalho é classificado como uma pesquisa aplicada, que de acordo com Ganga (2012), consiste na procura de conhecimentos por meio da aplicação prática, visando a solução de problemas específicos.

Quanto à abordagem do problema, Ganga (2012) afirma que uma pesquisa pode ser classificada entre quantitativa e qualitativa. Esta pesquisa é o que Ganga (2012) classifica como uma pesquisa híbrida, sendo caracterizada tanto como quantitativa quanto qualitativa. Sendo quantitativa no sentido de descrever e caracterizar quantitativamente as publicações de um dado tema de pesquisa num determinado período de tempo (GANGA, 2012). A pesquisa é classificada ainda como qualitativa por visar a obtenção de informações segundo a visão do indivíduo, bem como de coletar evidências que possibilitem interpretar o ambiente em que o problema ocorre, conforme descreve Ganga (2012).

Segundo Gil (2007), é possível classificar as pesquisas quanto aos seus objetivos em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas. Este trabalho é classificado como uma pesquisa exploratória, que de acordo com Gil (2007), envolve levantamento bibliográfico, entrevista com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise dos exemplos que estimulam a compreensão, com o objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema pesquisado. Segundo Ganga (2012), a pesquisa exploratória é desenvolvida com o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre um problema pouco explorado.

Para Gil (2007), o aspecto mais importante durante o planejamento de uma pesquisa é a sua classificação quanto ao procedimento adotado para a coleta de dados. Para se classificar a pesquisa quanto aos procedimentos técnicos utilizados, Gil (2007) apresenta as seguintes categorias: pesquisa bibliográfica; pesquisa documental; pesquisa experimental; pesquisa *ex-post facto*; estudo de coorte; levantamento; estudo de campo; estudo de caso; pesquisa – ação; pesquisa participante.

Quanto aos procedimentos técnicos, esta pesquisa é classificada como: pesquisa bibliográfica, por ser baseada em material já publicado; pesquisa *ex-post facto*, por ser baseada em fatos já ocorridos; estudo de campo, por ser baseada em coletas de dados por meio de observação direta no local de pesquisa; estudo de caso, por consistir em um estudo profundo de poucos objetivos, permitindo o detalhamento do conhecimento adquirido; pesquisa participante, por haver envolvimento do pesquisador com os membros da situação investigada.

O Quadro 1 mostra a classificação da pesquisa de acordo com os critérios detalhados.

Quadro 1: Classificação da pesquisa

Natureza da pesquisa	Aplicada
Abordagem do problema	Quantitativa e qualitativa
Objetivo da pesquisa	Exploratória
Procedimentos técnicos	Bibliográfica; <i>ex-post facto</i> ; estudo de campo; estudo de caso; pesquisa participante

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

A seguir estão descritas as etapas realizadas nesta pesquisa:

1. Embasamento teórico: nesta etapa é realizada uma pesquisa bibliográfica, feita em livros e artigos, com o objetivo de formar um embasamento teórico para a execução do trabalho;

2. Após a execução da pesquisa para o referencial teórico do trabalho, é planejado uma Revisão Bibliográfica definindo inicialmente o objetivo desta etapa, para então definir as bases de dados de artigos a serem consultadas e os termos a serem utilizados para a pesquisa;
3. Com o resultado inicial da consulta das bases de dados pronta é então feita a decisão de quais serão os critérios a serem considerados para definir quais serão os artigos relevantes para o atingimento do objetivo da Revisão Bibliográfica;
4. Com os parâmetros da Revisão Bibliográfica definidos é feita sua execução, que é finalizada com a análise dos artigos considerados relevantes para o trabalho. Nesta etapa são feitas análises quantitativas e qualitativas dos artigos;
5. Um estudo de caso é então realizado. O caso relatado teve a duração de 10 meses e teve a participação direta do autor deste trabalho;
6. Após a finalização do estudo de caso, é feita então uma análise comparando as práticas, ferramentas e resultados relatados na Revisão Bibliográfica com as práticas, ferramentas e resultados relatados no estudo de caso;
7. Por fim é feita a conclusão deste trabalho onde são resgatados seus objetivos e a questão de pesquisa. São discutidas também as limitações desta pesquisa e feitas sugestões para trabalhos futuros. Finalmente, nesta etapa ainda são desenvolvidas as considerações finais do trabalho.

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado da seguinte maneira:

- Capítulo 1: introdução sobre o trabalho, trazendo ainda seus objetivos, a relevância do tema e a metodologia e classificação desta pesquisa;
- Capítulo 2: referencial teórico sobre o tema de pesquisa;
- Capítulo 3: revisão bibliográfica realizada em três bases de dados focando o tema de pesquisa;
- Capítulo 4: estudo de caso sobre o tema apresentado neste trabalho;
- Capítulo 5: análise sobre o conteúdo gerado durante o trabalho;

- Capítulo 6: conclusões sobre esta pesquisa em relação aos seus objetivos, à questão de pesquisa, limitações do trabalho, suas recomendações e por fim as considerações finais.

CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico usado como base para este trabalho, mostrando conceitos da Produção Enxuta, de fluxo contínuo e de algumas ferramentas e práticas aplicadas na Produção Enxuta que são usadas como forma de viabilizar a implantação e sustentação de um fluxo contínuo.

2.1 Sistema Toyota de Produção / Produção Enxuta / *Lean Production*

Para Martins e Laugeni (2005), a Toyota é a referência internacional em Produção Enxuta, já que criou o seu próprio sistema de produção, o Sistema Toyota de Produção (STP), que levou a empresa a alcançar resultados muito superiores aos conseguidos pelas montadoras concorrentes em um mesmo período.

Martins e Laugeni (2005) afirmam que tal sistema de produção passou a ser conhecido como *Lean Production System* (LPS), após a publicação do livro “A máquina que mudou o mundo” escrito por Womack, Jones e Roos. Desde então, o LPS passou a ser comumente chamado no Brasil de Produção Enxuta.

Segundo Womack, Jones e Ross (2004), no final da década de 1930 a Toyota iniciou a produção de caminhões para fins militares após incentivo do governo japonês. A produção destes caminhões foi encerrada devido às consequências da Segunda Guerra Mundial. Após a guerra, porém, a Toyota quis ingressar no mercado automotivo de carros e caminhões comerciais, e se deparou com alguns obstáculos:

- Mercado doméstico limitado e ao mesmo tempo demandava uma alta variedade de veículos;
- Novas leis trabalhistas impostas pela ocupação norte-americana;
- Economia do Japão devastada após a guerra;
- Alto competitividade no mercado internacional.

Womack, Jones e Ross (2004) relatam que diante de tais dificuldades, o governo japonês propôs a fusão de doze empresas japonesas que tinham a intenção de atuar no ramo automotivo, para formar duas grandes empresas, que desta maneira, poderiam ter a uma escala de produção elevada, o que até então era um requisito fundamental para se ter competitividade a nível internacional.

O plano do governo japonês acabou não vingando devido a não concordância de todas as empresas. O principal engenheiro de produção da Toyota, Taiichi Ohno, logo

percebeu que empregar as armas de Detroit – e seus métodos – não servia à sua estratégia (WOMACK; JONES; ROSS, 2004).

Estas dificuldades segundo Womack, Jones e Ross (2004), se encontravam no fato de que o mercado japonês era muito menor do que o americano, mas com a mesma alta variedade. Os níveis de produtividade japoneses, para complicar, eram nove vezes menores do que o dos americanos em seu cenário industrial e, os bancos, que poderiam auxiliar o investimento em recursos, se recusavam a disponibilizar crédito às indústrias japonesas em um mercado dominado por montadoras estrangeiras.

Segundo Ohno (1997) certas restrições no mercado automotivo japonês pós - Segunda Guerra Mundial exigiam a produção de pequenas quantidades de muitos modelos de carros sob baixa demanda. Tal cenário seria fundamental para avaliar a capacidade dos fabricantes japoneses de venceram concorrentes maiores e que produziam carros por meio da produção e vendas em massa, modelos já estabelecidos nos mercados da Europa e dos Estados Unidos.

Standard e Davis (1999) afirmam que em 1950 a Toyota havia produzido até então em torno de 2700 carros em toda a sua história, quantidade que era menor do que a produção total da Ford em um único turno.

Para Womack, Jones e Ross (2004), Taiichi Ohno sabia que a produção artesanal também não funcionaria se a Toyota quisesse vender carros no mercado de massa, portanto, seria necessário encontrar um novo enfoque, uma nova maneira de produzir.

Ohno (1997) afirma que o STP foi inicialmente desenvolvido logo após a Segunda Guerra Mundial e que seu conceito inicial foi baseado na completa eliminação dos desperdícios.

Slack et al. (2002) e Marchwinsky e Shook (2005) definem desperdício como qualquer atividade que consome recursos, mas não cria valor para o cliente.

Hines e Taylor (2006) dividem as atividades realizadas em um processo em três categorias. As atividades que na visão do cliente tornam os produtos mais valiosos, são chamadas de Atividades que Agregam Valor. As atividades que não tornam os produtos mais valiosos e não são necessárias para o funcionamento do processo, são consideradas Atividades que Não Agregam Valor. Por fim, as atividades que não tornam os produtos mais valiosos na visão do cliente, mas são imprescindíveis para o bom funcionamento do processo, são chamadas de Atividades que Não Agregam Valor Necessárias.

Para Rother (2010), as atividades que não agregam valor, mas que são necessárias, devem ser continuamente melhoradas de uma maneira que mova o fluxo de valor em direção ao estado ideal de fluxo unitário de peças.

Shingo (1996a) e Ohno (1997) dividem os desperdícios, ou seja, as atividades que não agregam valor, em sete categorias, as quais são explicadas por Liker e Meier (2007), que afirmam que a Toyota foi a responsável por identificar e categorizar tais desperdícios.

- Superprodução: produzir itens mais cedo ou em maiores quantidades do que a necessidade do cliente, sejam eles internos ou externos;
- Espera: atrasos de processamento ou ficar esperando pela próxima etapa do processo;
- Transporte: movimentação desnecessária de trabalho em processo;
- “Superprocessamento” ou processamento incorreto: realização de atividades desnecessárias ou feita de maneira ineficiente;
- Excesso de estoque: excesso de matéria-prima, estoque em processo ou produto acabado;
- Deslocamento desnecessário: movimento desnecessário de funcionários durante os processos;
- Defeitos: produção ou correção de peças defeituosas.

Segundo Ohno (1997), a eliminação completa destes desperdícios pode aumentar a eficiência da operação em uma margem elevada, e para ele o ideal é quando consegue-se produzir com nenhum desperdício, elevando a porcentagem de trabalho à 100 %.

Liker e Meier (2007) relatam uma descrição de Taiichi Ohno feita em 1988 sobre o que ele estava tentando fazer na Toyota. Segue as palavras de Ohno segundo os autores: “Tudo o que estamos fazendo é olhar para a linha de tempo desde o momento em que o cliente nos faz um pedido até o ponto quando coletamos o pagamento. E estamos reduzindo essa linha de tempo, removendo as perdas sem valor agregado”.

Diversos autores, dentre os quais, Sekine (1991), Shingo (1996b), Ohno (1997), Womack e Jones (2004) Liker (2005), Liker e Meier (2007) e Rother (2010), veem o fluxo contínuo e sua implantação como primordial para o sucesso de uma implantação de práticas *Lean* em empresas. Este tema, central no desenvolvimento desse trabalho, será abordado em maior detalhe no tópico a seguir e de forma abrangente e completa por meio de uma revisão bibliográfica no Capítulo 3.

2.2 Fluxo contínuo ou fluxo unitário de peças

Sekine (1991) apresenta Henry Ford como o fundador do fluxo unitário de produção. Segundo o autor, para Ford haviam duas formas de produzir carros, uma era manter os carros parados enquanto os operadores se moviam e a outra seria manter os operadores parados enquanto os carros avançariam pelo fluxo de produção. Inicialmente Ford optou por montar os carros da primeira maneira, já que os carros eram grandes e pesados demais para serem movidos constantemente. Porém, ao observar a produção um dia com o objetivo de eliminar desperdícios, Ford percebeu que haviam desperdícios dos operadores ao executarem movimentos dispersos, ao procurar e comparar objetos e ao passar objetos um para o outro.

Segundo Rother (2010), para atender as demandas crescentes pelo Modelo N em 1906, os engenheiros da Ford resolveram organizar as máquinas para a fabricação do motor e das peças baseados na sequência dos processos, e não mais agrupando-as por tipo de máquinas como era a prática comum.

A Figura 1 apresenta uma ilustração da visão de Ford sobre as possibilidades dos sistemas de produção possíveis em sua época.

Figura 1: Linha de produção de Ford

Fonte: Sekine, 1991.

Sekine (1991) afirma que percebendo isso, Ford fez um experimento testando puxar os carros por uma corda ao longo do fluxo de produção, deixando assim os operadores parados nos seus pontos de trabalho, já com os objetos e equipamentos que seriam necessários

para montar a parte inerente a cada operador. O autor relata ainda que o experimento diminuiu o tempo de montagem do carro de 13 horas para 5 horas e 50 minutos, e que após três meses este tempo caiu para 2 horas e 38 minutos, já que os operadores da linha foram ficando especialistas em suas atividades.

De acordo com Rother (2010), a busca pelo fluxo contínuo foi ficando adormecida com o passar dos anos após o fim da era do modelo T da Ford e novas formas de gerenciamento que foram surgindo, até que a Toyota tomou as rédeas desta busca nos anos de 1950.

Rother (2010) afirma que a Toyota decidiu trabalhar continuamente na direção de algo similar à visão de Ford, ou seja, um fluxo conectado e sincronizado com tempo de execução sempre menor.

Para Rother e Harris (2002), o que caracteriza o fluxo contínuo em um processo produtivo é que os produtos fluam continuamente pelos processos, sem interrupções, desde a matéria-prima ao produto acabado. Rother (2010) afirma que em seu ideal um fluxo enxuto significa que as peças de um processo fluem continuamente de um processo com valor agregado diretamente para a próxima etapa de valor agregado até chegar ao cliente, sem qualquer tempo de espera ou processamentos em lotes. Para Mukhopadhyay e Nandi (2000) em um fluxo contínuo os componentes devem fluir uma peça por vez, de acordo com a sequência do processo e em um *layout* linear ou celular.

De acordo com Ohno (1997), fluxo contínuo significa que o valor é agregado ao produto em cada processo enquanto flui ao longo de cada atividade. Para ele, o feito básico do STP é o estabelecimento de um fluxo contínuo.

Segundo Rother (2010) a Toyota reconheceu que uma fonte importante de eficiência e baixo custo seria permitir que as peças fluíssem ininterruptamente de um processo a outro com a menor perda possível entre eles, e não a alta mecanização dos processos.

A Figura 2 apresenta uma ilustração do funcionamento de um processamento por meio de fluxo contínuo.

Figura 2: Ilustração de fluxo contínuo
Fonte: Rother e Shook, 2003.

Liker e Meier (2007) definem o fluxo contínuo como um modo de produzir onde os produtos se movem continuamente, durante os processos com um tempo mínimo de espera entre cada processo e a menor distância de deslocamento possível, tornando assim, o processo mais eficiente.

Segundo Feld (2000), no fluxo unitário de peças os componentes que compõem o produto são passados para o processo seguinte somente um por vez, respeitando a prioridade *first in first out* (FIFO), que significa que as peças serão processadas na ordem em que elas chegam aos processos. Para o autor, uma vantagem já visível com a operação funcionando em fluxo contínuo é que o *lead time* do processo passa a ser somente os tempos de processos nos quais os componentes têm que passar, não tendo mais tempos de espera dos componentes entre cada processo.

Outra vantagem do funcionamento de um processo por meio do fluxo contínuo apontado por Feld (2000) é a rápida detecção de um problema de qualidade com o produto, pois o produto que chega ao processo posterior acabou de ser processado pelo processo anterior, que consegue fazer o reparo necessário ou substituir o componente defeituoso já no momento da detecção.

Como já citado, Rother (2010) afirma que o fluxo contínuo de uma peça só, ao menor custo possível, é uma das visões de longo prazo da Toyota.

Segundo Liker e Meier (2007), Ohno aprendeu que o fluxo contínuo é frágil mas percebeu as vantagens que teria com o seu uso. Para os autores, a criação de um fluxo contínuo serve para trazer os problemas à tona, o que conseqüentemente, força a correção de tais problemas para a manutenção deste fluxo.

Os estoques são eliminados através do tratamento e da superação das condições ocultas que causam essas perdas (SHINGO, 1996a).

A Figura 3 apresenta alguns dos problemas possíveis de serem visualizados com a redução dos estoques em um fluxo de produção.

Figura 3: Benefícios da redução do nível de estoque

Fonte: Slack et al., (2002).

Desde que as pedras, assim como os problemas, fiquem cobertas pela água, como o estoque, é fácil navegar. Mas se o nível da água baixar, o navio poderá ser rapidamente destruído e chocar-se com as pedras. Na maioria dos sistemas produtivos, existem pedras enormes logo abaixo da superfície, por isso, naturalmente, mantemos um estoque suficiente para ocultar os problemas. (LIKER; MEIER, 2007).

Liker e Meier (2007) afirmam que muitas empresas veem que esta “fragilidade” na produção, podendo até acarretar em paradas, é inaceitável, enquanto a Toyota observa esta questão como uma oportunidade de identificar pontos de melhoria nos seus processos, atacá-los e assim fortalecer o sistema como um todo. Para os autores, se você não enfrenta os problemas não pode melhorar os processos.

Para Rother (2010), na filosofia de melhoria contínua da Toyota, o esforço de se produzir em um fluxo unitário de peças é preferível por revelar os obstáculos e onde devem ser concentrados os esforços de melhoria. Para o autor, o fluxo contínuo não representa somente uma situação ideal, mas também um meio de se chegar lá.

Liker (2005) aponta sete benefícios consequentes da implantação de um fluxo contínuo:

- Acrescenta qualidade: cada operador é responsável por passar somente peças com qualidade para o próximo processo. Quando peças com defeitos são passadas adiante, o problema é rapidamente identificado e corrigido;
- Cria flexibilidade: quando o tempo de produzir um produto passa a ser muito curto e há pouco estoque no processo, a empresa tem mais tempo para mudar a programação e produzir o que o cliente deseja;

- Cria maior produtividade: em uma célula de fluxo unitário de peças há muito pouca atividade sem agregação de valor, rapidamente percebe-se quem está ocupado e quem possui tempo ocioso;
- Libera espaço: com a redução dos estoques e o posicionamento das máquinas mais pertos umas das outras, utiliza-se menos espaço;
- Aumenta a segurança: a adoção de lotes menores de produção exige uma menor necessidade de deslocamento de materiais, com uma menor utilização de empilhadeiras, por exemplo, que é um potencial ponto de risco nos processos;
- Estimula o moral: as pessoas passam a produzir mais atividades que agregam valor, e veem os resultados de seus trabalhos de forma mais fácil;
- Reduz o custo do estoque: libera o capital da empresa para outros investimentos pois não é necessário a manutenção de altos estoques na fábrica e diminui a obsolescência do estoque.

Para Dennis (2008) há pelo menos quatro benefícios ao implantar o fluxo contínuo em um processo produtivo:

- Maior facilidade de comunicação entre os operadores devido à proximidade de seus postos de trabalho;
- Há uma resposta instantânea sobre a qualidade do produto passado ao próximo processo;
- Menores *lead times* e custos de operações;
- Devido à proximidade dos processos, com o tempo os operadores passam a conhecer as demais atividades, melhorando a qualidade e tornando o local de trabalho mais humano.

Para Womack e Jones (2004, p. 43)

“Quando começamos a pensar em formas de alinhar todas essas etapas necessárias à realização do trabalho em um fluxo estável e contínuo, sem movimentos inúteis, sem interrupções, sem lotes e sem filas, tudo se transforma: a forma como trabalhamos em conjunto, os tipos de ferramentas elaboradas para auxiliar o trabalho, as organizações criadas para facilitar o fluxo, os tipos de profissionais procurados, a natureza das empresas (inclusive prestadores de serviços sem fim lucrativos) e suas ligações com outras empresas e a sociedade”.

2.3 Ferramentas e práticas aplicadas na Produção Enxuta

Com base no contexto apresentado até então, este tópico aborda as principais práticas e ferramentas do STP com base na bibliografia encontrada. Tais práticas e ferramentas são abordadas principalmente por, de acordo com a bibliografia encontrada, e conforme relatado em suas explicações, serem consideradas importantes para a sustentação de um fluxo contínuo eficiente.

Para Liker (2005), a “Casa do STP” tornou-se um dos principais símbolos deste sistema de produção, apresentando os principais fundamentos que o compõem.

A Figura 4 ilustra a Casa do Sistema Toyota de Produção.

Figura 4: A Casa do Sistema Toyota de Produção

Fonte: Adaptado de Liker, 2005.

Segundo Liker (2005), cada elemento da casa é crítico e influencia um ao outro. O autor afirma que JIT significa remover os excessos dos processos geralmente usados para amortecer o impacto de problemas que possam ocorrer. O fluxo contínuo foca em produzir uma peça por vez em função do *takt* time do processo. A redução dos excessos por meio do JIT e da aplicação do fluxo contínuo, resultam na imediata identificação dos problemas que ocorrem ao longo do processo, reforçando a “autonomação” de suas atividades.

Liker (2005) afirma que a estabilidade, que compõe o alicerce da casa, se faz necessária na medida em que o processo passa a operar sem excessos, o que, ironicamente, resulta em uma instabilidade imediata, na medida em que quando os problemas ocorrem o processo é interrompido devido a não existência de estoques. Este efeito passa a criar um senso de urgência para a resolução de problemas. A construção e aplicação dos propósitos e conceitos da mentalidade enxuta nas empresas têm sido feita por meio da aplicação de

diversas práticas, técnicas e ferramentas. As seções a seguir apresentam brevemente cada uma delas.

2.3.1 Mapeamento do fluxo de valor

Rother e Shook (2003) definem o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) como uma ferramenta que auxilia a enxergar todo um fluxo de produção, mostrando todos os processos e também as informações necessárias para a execução destes processos. Os autores afirmam que para elaborar um MFV é necessário seguir a trilha da produção, desde o pedido por parte do consumidor até se chegar ao fornecimento de matéria prima pelo fornecedor.

O mapeamento do fluxo de valor é o simples processo de observação direta dos fluxos de informação e de materiais conforme eles ocorrem, resumindo-os visualmente e vislumbrando um estado futuro com um melhor desempenho (JONES; WOMACK, 2004).

A Figura 5 traz uma ilustração de um MFV.

Figura 5: Ilustração de MFV

Fonte: Rother e Shook, 2003.

Rother e Shook (2003) explicam que os processos são representados pelas caixas com os nomes de cada processo, conectados com setas pontilhadas que mostram a sequência das operações. Os triângulos entre os processos representam os estoques. As setas da parte superior representam o fluxo de informação. Abaixo dos processos há uma linha mostrando o *lead time* de cada processo e também o tempo em que os estoques ficarão parados até serem processados pelo processo seguinte.

Rother e Shook (2003) propõem sete procedimentos para o desenvolvimento de um MFV projetado para ser a situação futura de uma empresa, considerado este o MFV ideal de acordo com as condições do processo. Um dos procedimentos é para que se desenvolva um fluxo contínuo onde for possível no processo, com cada item sendo passado imediatamente de um processo para o processo seguinte.

2.3.2 *Takt time*

De acordo com Liker (2005) *takt* é uma palavra alemã que significa ritmo ou compasso e *time* de origem inglesa que significa tempo. O autor define o *takt time* como o ritmo em que um determinado fluxo deve produzir, este ritmo dita a velocidade com que o fluxo contínuo deve funcionar.

A primeira recomendação de Rother e Shook (2003) para a elaboração de um MFV projetado para ser a situação futura de uma empresa é para que um determinado fluxo produza de acordo com o seu *takt time*, o qual eles definem com a seguinte equação:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ de\ trabalho\ disponível}{Demanda\ do\ cliente}$$

Para Dennis (2008) o *takt time* mostra qual deve ser a frequência da produção para que se consiga atender a demanda, além de permitir que o processo seja acompanhado de forma mais eficiente, pois se um processo que foi desenvolvido para conseguir produzir de acordo com o *takt time*, estiver produzindo com uma frequência maior ou menor, este processo deve estar tendo algum problema e precisa de alguma melhoria.

Liker (2005) afirma que o tempo de produção de um fluxo tem que ser aderente ao *takt time*, já que caso este fluxo não consiga atingir a frequência definida pelo *takt time*, não estará atendendo a demanda do cliente.

Rother e Harris (2002) alertam para que caso o tempo de ciclo seja muito menor ao *takt time*, aumenta-se as chances de gerar excesso de produção e de estar utilizando recursos a mais do que o necessário.

Na Toyota, a quantidade de produção é igual à demanda de mercado ou pedidos reais. Em outras palavras, o número necessário é o número vendido (OHNO, 1997).

2.3.3 Balanceamento das operações

O balanceamento das operações é uma ferramenta que ajuda na criação de fluxo contínuo em um processo com múltiplas etapas e múltiplos operadores, distribuindo os

elementos de trabalho do operador em relação ao tempo *takt* (MARCHWINSKY; SHOOK, 2005).

Para Rother e Shook (2003) o balanceamento das operações entre os operadores serve para dividir o conteúdo total de trabalho entre os operadores de forma a atender o *takt time*.

A Figura 6 apresenta um gráfico que auxilia a visualizar o balanceamento das operações entre os operadores.

Figura 6: Exemplo de gráfico de balanceamento dos operadores
Fonte: Rother e Shook, 2003.

Rother e Shook (2003) afirmam que a barra vertical representa os tempos de cada operação desempenhada por cada operador e sua análise em relação ao *takt time* permite avaliar se é possível distribuir as atividades de maneiras diferentes com o objetivo de otimizar a utilização da mão-de-obra.

De acordo com Marchwinsky e Shook (2005), a elaboração do gráfico ajuda na tarefa fundamental de redistribuir os elementos de trabalho entre os operadores, o que é essencial para se chegar a quantidade de operadores ideal para se ter as operações sendo realizadas de forma mais aderente possível ao *takt time*.

Shingo (1996a) afirma que o balanceamento da produção tem como objetivo estabelecer que um processo produza a mesma quantidade do processo precedente.

2.3.4 Layout celular

Tompkins et al. (2013) afirma que projetos de *layout* devem respeitar as exigências dos processos, de forma que equipamentos, materiais e pessoas possam se mover em fluxo contínuo respeitando a sequência lógica planejada.

Rother e Harris (2002) e Dennis (2008) definem uma célula de produção como um *layout* no qual as máquinas de produção estão posicionadas lado a lado com as etapas de processamento acontecendo imediatamente uma após a outra, de modo que as peças se movam em um fluxo contínuo, havendo um mínimo de estoque entre as máquinas, e idealmente uma peça é processada por vez.

Para Tompkins et al. (2013) as células de manufatura podem ser formadas de diversas maneiras, com a mais comum sendo por meio do agrupamento de máquinas. Segundo os autores, a utilização do *layout* celular se tornou popular no fim do século XX e tal técnica é associada normalmente aos conceitos e técnicas da produção enxuta.

Para Slack et al. (2002) o *layout* celular é o qual os recursos transformados são pré-selecionados para movimentar-se por uma célula, que é local onde todos os recursos transformadores necessários estarão presentes.

A Figura 7 mostra a ilustração de uma célula de produção.

Figura 7: Exemplo de célula de produção
Fonte: Sekine, 1991.

Sekine (1991) afirma que este exemplo de célula apresenta uma alta flexibilidade podendo suportar um aumento de demanda somente acrescentando mais um funcionário para operar uma parte da linha ou, no cenário oposto com a redução da demanda, pode-se deixar somente um funcionário operando os processos da célula. Neste cenário, acrescenta o autor, as máquinas estão posicionadas de forma bem próximas para reduzir ao máximo a movimentação dos operadores.

Corrêa e Giancesi (1993) citam seis vantagens provenientes da utilização de um *layout* celular em um processo produtivo:

- Menos estoques de produtos em processo;
- Menores custos de movimentação de materiais;
- Menores *lead times* de produção;
- Planejamento da produção mais simplificado;
- Gestão visual das operações;
- Menos trocas de ferramentas (menores tempos de preparação).

Para Benjaafar, Heragu e Irani (2002) o *layout* celular simplifica o fluxo de produção e reduz a movimentação de materiais ao longo do processo. Chen e Heragu (1999) apontam como benefícios da utilização de um *layout* celular a redução do custo com movimentação de materiais, redução do tempo de setup, redução do work in process (WIP), aumento na qualidade do produto e crescimento na satisfação dos operadores.

2.3.5 Layout linear ou por produto

De acordo com Neumann e Scalice (2015), o *layout* por produto, também denominado de *layout* em linha, se caracteriza por dispor as máquinas ou operações em forma de linha, respeitando sempre a sequência de operações dos produtos.

Segundo Hasan, Sarkis e Shankar (2012), o *layout* linear é usado em fluxos de produção de produtos com um alto volume de produção e baixa variedade. Fisicamente são organizados de acordo com a sequência do processo. Para os autores, no *layout* linear padrão não há compartilhamento dos recursos de produção entre as linhas.

Hasan, Sarkis e Shankar (2012) afirmam também que o *layout* linear possui pouco *work in process* (WIP), reduz a movimentação de materiais ao longo do fluxo, é caracterizado por requerer pouca especialidade dos operadores e ocupa pouco espaço devido à baixa quantidade de WIP. Outra característica destacada é que uma quebra em alguma máquina presente na linha de produção em um *layout* linear provavelmente resultará em uma parada completa do fluxo.

Para D'Angelo, Gastaldi e Levialdi (2000) um *layout* linear permite uma redução do tamanho do lote de produção, reduzindo assim o (WIP).

Tompkins et al. (2013) apresentam sete vantagens provenientes do uso do *layout* por produto:

- Linhas de fluxo mais suaves, simples, lógicas e diretas;

- Menores estoques de material em processo;
- Curto tempo de produção total por unidade;
- Menor necessidade de manuseio de materiais;
- Necessidade de menos qualificação de mão-de-obra;
- Possibilita um controle mais simples da produção;
- Permite a utilização de equipamentos especializados.

2.3.6 Diagrama de espaguete

Diagrama do caminho percorrido por um produto na medida em que ele é movimentado ao longo de um fluxo de valor. É assim chamado, pois, na produção em massa, a rota dos produtos comumente se parece com um prato de espaguete (MARCHWINSKY; SHOOK, 2005).

A Figura 8 mostra um exemplo da aplicação de um diagrama de espaguete.

Figura 8: Exemplo de diagrama de espaguete

Fonte: Marchwinsky e Shook, 2005.

Liker (2005) e Graban (2013) consideram o diagrama de espaguete uma importante ferramenta que torna possível a identificação de oportunidades de melhorias no fluxo dos processos, mostrando recursos que deveriam ter seus lugares alterados em busca do fluxo considerado ideal.

2.3.7 Trabalho padronizado

Spear e Bowen (1999) afirmam que o STP é composto por quatro regras que compõem o seu DNA, necessárias para que o sistema produtivo funcione de forma correta. Uma das regras abordada pelos autores é a padronização do trabalho executado pelas pessoas. Os autores afirmam que com a padronização do trabalho, mostrando detalhadamente cada

etapa dos processos, os responsáveis por executá-las e o tempo correto de processamento, é possível identificar se o fluxo produtivo está funcionando de forma ideal, ou se é necessário a realização de algum ajuste para que este processo funcione de uma maneira que não comprometa o fluxo.

Segundo Ohno (1997), para que o fluxo contínuo não seja prejudicado, o trabalho deve ter o seu tempo de ciclo padronizado, ou seja, a frequência com que cada processo libera uma peça para o processo seguinte, a sequência do trabalho e, se houver necessidade da manutenção de um estoque de segurança, deve-se padronizar o tamanho deste inventário.

Para Liker (2005) a padronização do trabalho é a base para a melhoria contínua do processo, uma vez que todos os operadores que exercem uma função sabendo exatamente como o trabalho deve ser feito, estarão aptos e engajados a analisar como é o procedimento correto atual e se o padrão atual pode ser melhorado.

Liker (2005) também afirma que além de servir como garantia para o correto funcionamento do fluxo, a padronização das atividades também permite que melhorias implantadas por um operador no processo, que eventualmente venha a se tornar o novo padrão, tornam-se mais fáceis de serem disseminadas e facilita o treinamento dos operadores.

Dennis (2008) define, a padronização das atividades como o melhor método do momento, uma leve pausa em busca da melhoria contínua, alertando que a melhoria do padrão é tão importante quanto a existência da sua forma atual.

2.3.8 Sistemas puxados

Puxar, em termos simples, significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou um serviço sem que o cliente de um processo posterior o solicite (WOMACK; JONES, 2004).

O terceiro princípio proposto por Rother e Shook (2003) para se planejar o fluxo ideal de um processo, é a utilização de estoques somente em locais onde o fluxo contínuo não for possível de ser implantado em curto prazo por determinado motivo, dos quais três são citados:

- Tempos de processamento entre os processos são muito diferentes;
- Processos são distantes e situados em prédios ou endereços diferentes;
- Falta de confiabilidade para que um processo possa integrar um fluxo contínuo.

De acordo com Smalley (2004), apesar de o ideal ser um sistema que funcione sem a necessidade de estoque, um estoque dimensionado e posicionado de forma correta é uma

ferramenta poderosa para proteger o fluxo contra oscilações de demanda externa, ou mesmo contra instabilidades em alguns processos internos.

Liker e Meier (2007) afirmam que os chamados sistemas puxados servem para manter o fluxo em funcionamento, ligando a parte do processo que funciona por meio de um fluxo contínuo, com processos anteriores que não operam desta maneira. Para os autores, a principal característica de um sistema puxado é o dimensionamento e a padronização da quantidade de peças que podem ser produzidas pelo processo anterior, evitando assim, que este processo produza algum item em excesso, diferente do que ocorre no sistema empurrado, onde os processos produzem o máximo possível, independente da necessidade do processo posterior ou da demanda externa.

Smalley (2004) afirma que por mais que o estoque seja considerado um dos desperdícios da produção enxuta, não ter estoques suficiente de materiais pode causar ainda mais perda em todo o fluxo por meio de esperas, transporte em excesso ou mesmo horas extras.

Segundo Liker e Meier (2007) o *kanban* é uma das ferramentas usadas para permitir que o fluxo seja puxado ao invés de empurrado. Para os autores, o *kanban* é um método de comunicação entre processos, podendo ser um cartão, um espaço vazio, um carro, ou qualquer outro método de sinalização que mostre que o processo cliente precisará de mais produtos.

Para Ohno (1997), o *kanban* é uma forma simples e direta de comunicação entre os processos.

O *kanban* é uma ferramenta para nos ajudar a encolher o estoque no decorrer do tempo e nos aproximarmos cada vez mais do fluxo de uma peça só (ROTHER, 2010).

2.3.9 Heijunka

Liker (2005) e Marchwinsky e Shook (2005) definem *Heijunka* como sendo o nivelamento da produção em volume e em *mix* de produtos.

Liker (2005) afirma que o nivelamento da produção permite tornar possível ser produzida uma mesma quantidade e combinação de produtos a cada dia, deixando a produção protegida das variações de demanda.

Para Dennis (2008) é por meio do nivelamento da produção que o STP tenta reduzir a falta de regularidade e flutuações na carga de trabalho.

Liker (2005) cita as seguintes vantagens oriundas de uma produção nivelada:

- Flexibilidade para fabricar o que o cliente deseja quando ele deseja;

- Redução do risco de não vender os produtos;
- Uso balanceado de mão-de-obra e de máquinas;
- Demanda uniformizada para os processos e para os fornecedores da planta.

2.3.10 Jidoka

Para Marchwinsky e Shook (2005) o *jidoka*, também conhecido por “autonomação”, consiste em dar condições às máquinas do processo de operarem sem a necessidade de um acompanhamento constante de um operador, sendo possível a própria máquina distinguir peças boas de peças ruins. Isto permite a um mesmo operador acompanhar o funcionamento de diversas máquinas.

Dennis (2008) afirma que *jidoka* se refere aos trabalhadores e máquinas inteligentes, identificando erros e decidindo por ações de forma rápida.

Para Liker (2005), *jidoka* é permitir a detecção de defeitos quando estes ocorrem durante a produção e também, automaticamente, parar a produção para que alguém possa resolver o problema. Desta maneira, segundo Liker (2005), o defeito nunca é passado adiante, causando um menor impacto pois, a detecção dos defeitos antes que estes sejam passados adiante é muito mais eficaz e onera menos do que a inspeção e conserto em processos posteriores.

2.3.11 Poka-yoke

Marchwinsky e Shook (2005) afirmam que o *poka-yoke* ou, dispositivo à prova de erros, serve para evitar a ocorrência de erros durante a execução das atividades, tais como escolhas pela peça errada, montagem incorreta de uma peça etc.

Poka-yoke significa a utilização de dispositivos simples e de baixo custo para ajudar os operadores a evitar erros durante o trabalho, provocadas por peças erradas, esquecimento de peças, instalação de peças invertidas etc. (MARCHWINSKY; SHOOK, 2005).

Segundo Dennis (2008), *poka-yokes* reduzem a sobrecarga mental do operador eliminando a necessidade constante de verificar erros comuns que possam resultar em peças defeituosas. Para o autor, a implantação de *poka-yokes* consiste em implantar dispositivos simples, de baixo custo e que sejam capazes de evitar a ocorrência de situações anormais que possam resultar em defeitos.

Para Narusawa e Shook (2009), devido ao não excesso de estoques recorrentes das aplicações do JIT, fluxo contínuo e sistemas puxados, que idealmente operam sem excessos, é

primordial que o processo ocorra com “zero defeito”. Os autores afirmam que nos sistemas puxados não há margem para a ocorrência de produção de peças defeituosas.

2.3.12 Troca rápida de ferramentas

Shingo (1996a) separa as operações em um processo produtivo em dois tipos:

- *Setups*: preparação de uma operação principal, como remover uma matriz, trocar ferramentas etc.;
- Principais: executar o trabalho realmente necessário como por exemplo, usinar, cortar etc.

A adoção da troca rápida de ferramentas (TRF) é a maneira mais eficaz de melhorar o *setup* (SHINGO, 1996a).

Shingo (2000) separa os tipos de *setup* em dois:

- *Setup* interno: operação de *setup* que só pode ser realizada quando a máquina estiver parada;
- *Setup* externo: operações de *setup* que devem ser realizadas enquanto a máquina está realizando uma operação principal.

Para Shingo (1996a), o princípio fundamental da melhoria de *setup* é realizar a conversão de um *setup* interno em um *setup* externo.

Para Ohno (1997), a Toyota tenta produzir quantidades diferentes de tipos variados de carros, para conseguir atender a demanda de forma eficiente. Tal procedimento, segundo o autor, implica que os processos têm que estar aptos a produzir o que o processo anterior produz, e o tipo de produto pode variar bastante, o que acaba por aumentar a quantidade de *setups* realizadas pelos processos.

Segundo Ohno (1997), no STP as mudanças de matriz são feitas de formas rápidas e sempre são aperfeiçoadas, permitindo ao sistema ter a flexibilidade desejada.

De acordo com Shingo (1996a), a adoção de princípios da TRF é importante para dar flexibilidade ao fluxo de produção e assim ser possível conseguir sustentar o fluxo contínuo implantado, sem a necessidade da manutenção de elevadas quantidades de estoque para suprir os processos enquanto alguma máquina estiver realizando o seu processo de *setup*.

A produção contra pedido, ou sob encomenda, e sem estoque exige, incondicionalmente, reduções no tempo de *setup* (SHINGO, 1996a).

2.3.13 Manutenção produtiva total / Total productive maintenance (TPM)

Marchwinsky e Shook (2005) definem a Manutenção Produtiva Total (TPM) como uma série de técnicas usadas para garantir que todas as máquinas que compõem um fluxo de produção estejam sempre aptas a realizar suas tarefas. O TPM é dirigido para o melhoramento dos equipamentos (IMAI, 1992).

Para Dennis (2008), o TPM é uma importante ferramenta que fornece estabilidade e eficácia às máquinas.

Marchwinsky e Shook (2005) e Dennis (2008) afirmam que a abordagem do TPM é focada em que todos os operadores estejam envolvidos com a estabilidade dos equipamentos, e não somente o setor de manutenção.

Dennis (2008), afirma que o TPM divide as atividades de manutenção que serão executadas pelos operadores das máquinas, que são chamadas de manutenção básica, como por exemplo a limpeza do equipamento, e as atividades que serão executadas pela equipe de manutenção. Com isso, segundo o autor, têm-se um maior envolvimento de toda a equipe na conservação dos equipamentos, e a equipe de manutenção fica com mais tempo disponível para realizar manutenções preventivas, vistorias, treinamentos e também focar na melhoria dos equipamentos.

De acordo com Liker (2005), um alto grau de estabilidade é necessário para que um fluxo não seja interrompido, e com a implantação do TPM, todos os operadores aprendem a limpar, inspecionar e a realizar as atividades básicas para manter os equipamentos em bom estado, diminuindo os problemas com as máquinas e elevando o seu tempo disponível para produção.

2.3.14 Gestão visual

Colocação em local fácil de ver todas as ferramentas, peças, atividades de produção e indicadores de desempenho do sistema, de modo que a situação real possa ser entendida rapidamente por todos os envolvidos (MARCHWINSKY; SHOOK, 2005).

De acordo com Shingo (1996a), os controles visuais são recursos que auxiliam a evidenciar os problemas que ocorrem em determinado fluxo. Para o autor, no STP os problemas necessitam ser comunicados imediatamente de forma visual a todos, com o objetivo de tal problema ser resolvido da maneira mais rápida possível, permitindo que o fluxo volte a funcionar novamente.

Dennis (2007) afirma que os quadros de análise da produção ajudam na construção de uma “consciência dos problemas”. Para o autor, a verificação de hora em hora realizada em tais quadros torna os pontos críticos do processo óbvio para todos.

A Figura 9 apresenta o impacto que pode causar a falta de uma gestão visual em um fluxo de produção.

Figura 9: Impacto da falta de gestão visual
Fonte: Liker e Meier, 2007.

A Figura demonstra que a razão primária para o controle visual é a definição do estado “normal” desejado (padrão) e, a seguir, o reconhecimento rápido de qualquer desvio do padrão (LIKER; MEIER, 2007).

Para Womack (1996) quadros visíveis a todos dão forma a um dos fundamentos da Produção Enxuta de que se todos os funcionários podem ver a situação atual do trabalho realizado em uma atividade eles estarão aptos a tomar eventuais medidas necessárias.

Nas linhas de produção em que se usa o STP, o controle visual, ou gerenciamento pela visão, é obrigatório (OHNO, 1997).

2.3.15 Andon

Marchwinsky e Shook (2005) definem o *andon* como sendo uma ferramenta que auxilia o gerenciamento das operações de forma visual, mostrando o estado de cada operação e chamando a atenção quando algo anormal ocorre.

Para Shingo (1996a) o *andon* é um controle visual que transmite informações importantes, sinalizando a necessidade de alguma ação imediata por parte dos supervisores. O autor afirma que quando um determinado processo do fluxo aciona um *andon*, a missão dos

responsáveis passa a ser a de resolver o problema da forma mais rápida e definitiva, para que este fluxo volte a operar.

Ohno (1997) afirma que o *andon* é uma luz indicadora de problemas pendurada acima dos processos, sendo possível acionar luzes nas cores verde, amarela e vermelha. A luz verde acesa indica que as operações estão funcionando normalmente. Os operadores acendem a luz amarela quando é necessário realizar algum ajuste e precisa de auxílio, e a luz vermelha quando é necessário que o fluxo de produção seja parado para a correção de um problema.

2.3.16 Cinco S

Para Imai (1992) o Cinco S é parte da administração visual, sendo os cartazes que remetem ao programa sendo frequentemente fixados nos locais de trabalho.

Imai (1992) afirma que o Cinco S representa as iniciais de cinco palavras japonesas que começam com “S”:

- *Seiri*: significa eliminar o desnecessário. Nesta etapa elimina-se tudo considerado desnecessário do local de trabalho, podendo ser ferramentas, estoques, produtos com defeito etc.;
- *Seiton*: significa colocar em ordem. Nesta segunda etapa, coloca-se em ordem todos os itens que permaneceram no local de trabalho;
- *Seiso*: significa limpeza. Neste momento, após a definição dos locais dos itens necessários às atividades, é feita uma limpeza no local de trabalho;
- *Seiketsu*: significa asseio. Após a limpeza, é importante tornar a limpeza um hábito, evitando que o local de trabalho volte a acumular sujeiras e itens desnecessários que atrapalham o desenvolvimento das atividades;
- *Shitsuke*: significa disciplina. Esta última etapa prega que é necessário que se siga as normas do local de trabalho, sustentando as mudanças realizadas nos quatro S's anteriores.

Para Shingo (2000), o Cinco S é parte integrante no processo de melhorias para aumentar a produtividade.

De acordo com Liker e Meier (2007), o Cinco S auxilia a eliminar a desordem no local de trabalho, removendo as perdas com a procura de ferramentas e materiais. Para os autores, o Cinco S desenvolve hábitos de trabalho padronizados que são cruciais em fases posteriores de um processo de implantação de um sistema enxuto.

A Figura 10 apresenta a visão de Liker e Meier (2007) das etapas realizadas durante o Cinco S.

Figura 10: Etapas do Cinco S
Fonte: Liker e Meier, 2007.

Atolar-se no Cinco S pode ser um padrão de escape - escapar do trabalho árduo de pensar sobre um modo de criar o fluxo e resolver as reais causas dos problemas que inibem o fluxo (LIKER; MEIER, 2007).

2.3.17 Evento *Kaizen*

A essência do *Kaizen* é simples e direta: *Kaizen* significa melhoramento. Mais ainda, *Kaizen* significa melhoramento contínuo, envolvendo todos, inclusive gerentes e operários (IMAI, 1992).

Koenigsaecker (2011) afirma que os Eventos *Kaizen* (EK) são o mecanismo principal para a implantação de melhorias no fluxo de valor. Segundo o autor, por meio do EK é possível se redesenhar e, principalmente, implantar uma melhoria em um determinado processo.

Segundo Farris et al. (2009), o Evento *Kaizen* é um projeto de melhoria focado e estruturado que utiliza um time multifuncional dedicado ao atingimento de metas pré-estabelecidas em um determinado local planejado.

Para Koenigsaecker (2011) o EK tem como formato ideal a duração de uma semana, por ser uma quantidade de dias suficiente para proporcionar uma amostra significativa de um fluxo de valor e também para permitir as alterações de fluxo necessárias. De acordo com o

autor, as equipes participantes destes eventos são compostas normalmente por 6 a 8 pessoas que ficam focadas em tempo integral na melhoria da parte básica de um fluxo de valor.

De acordo com Liker e Meier (2007) o EK é uma abordagem de melhoria de processos como estratégia enxuta. Para os autores, a estrutura do EK é composta pelas seguintes etapas:

- Preparação antecipada: de duas a quatro semanas de antecedência abordando itens como a definição do escopo do problema, definição da equipe que participará do EK, coleta de dados da situação atual, decisão de quais ferramentas enxutas serão utilizadas e realização dos arranjos logísticos para o evento;
- Realização do EK: duração de cinco dias, com o primeiro dia sendo destinado a dar uma visão geral do sistema enxuto e ensinar sobre as ferramentas que serão aplicadas na semana. No segundo dia deve-se concluir a coleta de dados da situação atual e desenvolver ideias para a melhoria. No terceiro dia inicia-se a implantação planejada, realizando atividades como movimentação de máquinas, por exemplo. No quarto dia avalia-se o processo implantado e faz-se novas melhorias caso sejam necessárias. No último dia do EK, realiza-se uma apresentação para a administração da empresa e celebra-se o fim da semana com a equipe participante;
- Acompanhamento do seminário: período destinado a realização das atividades que não puderam ser concluídas durante o EK. Na semana do EK é elaborado um plano de ação com as atividades pendentes que serão realizadas após a semana do evento.

Um exemplo comum da realização de um evento *kaizen* é a criação de uma célula de fluxo contínuo em uma semana. Para fazer isso, uma equipe *kaizen* analisa, implanta, testa e padroniza uma nova célula (MARCHWINSKY; SHOOK, 2005).

2.3.18 Gemba walking

Segundo Marchwinsky e Shook (2005), *Gemba* em japonês significa “local real” que, segundo os autores, normalmente é utilizado no contexto em que se quer fazer referência ao chão de fábrica ou em outros locais em que eventualmente ocorrem atividades que criam valor. Os autores afirmam ainda que o *Gemba Walking* serve para enfatizar que melhorias só ocorrem quando há uma observação direta das reais condições dos locais onde os processos são realizados.

Dennis (2007) apresenta o *Gemba Walking* como uma forma de identificar como está a condição atual dos processos. Para o autor o *Gemba Walking* serve como uma checagem frequente dos processos.

Womack (2011) e Dombrowski e Mielke (2014) citam o *Gemba Walking* como um dos princípios do *lean leadership*. Para Dombrowski e Mielke (2014), o *Gemba Walking* se caracteriza por embasar tomadas de decisões que, com a utilização do *Gemba Walking*, passam a ser tomadas baseadas em fatos. Os autores ainda afirmam que por meio do *Gemba Walking* os gerentes podem desenvolver suas equipes de forma contínua, não necessitando de outras atividades como exemplo ou materiais de treinamento.

Para Womack (2011) a não realização do *Gemba Walking* é uma das causas de alguns Gerentes não identificarem a importância de se completar cada processo de forma correta na primeira tentativa para assegurar o fluxo contínuo. O autor ainda afirma que o *Gemba Walking* é fundamental para engajar os funcionários em suas atividades.

2.3.19 Checklist

Segundo Araújo e Rentes (2006), os *checklists* de verificação servem para auxiliar auditorias a serem realizadas como forma de prevenir retrocessos e manter as melhorias implantadas.

Para Chaves Filho (2010) o *checklist* é um documento onde consta uma série de itens em formato de perguntas com o objetivo de analisar a conformidade de tais itens em relação as atividades desempenhadas pelo processo no momento de sua aplicação. O autor cita ainda a importância de se expor os resultados destes *checklists* para permitir que os operadores saibam como está sua performance em relação à o que havia sido planejado e desta maneira, saibam em quais pontos são necessárias melhorias.

CAPÍTULO 3 – FLUXO CONTÍNUO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica de 28 artigos sobre Fluxo Contínuo aplicado em *lean production* com o objetivo de identificar práticas e ferramentas utilizadas para a implantação e sustentabilidade de um fluxo contínuo e os resultados alcançados por meio desta prática.

A aplicação da revisão bibliográfica foi realizada nas bases de dados Engineering Village, Scopus e Web of Science. Os termos utilizados para a pesquisa foram *lean*; *continuous flow*; *one piece flow*; *line balancing*; *flow line*; *cell manufacturing*; *flow shop*; *flow production*; *manufacturing flow*. A pesquisa abrangeu artigos publicados de 2010 até 2016 para alcançar pesquisas que relatariam um cenário mais atual na área pesquisada. O Apêndice A apresenta o detalhamento dos passos da Revisão Bibliográfica.

3.1 Classificação dos artigos

Para auxiliar a análise dos artigos encontrados e a avaliação de seus resultados, todos os artigos foram classificados em duas categorias:

- Práticas e ferramenta utilizadas: identificar quais práticas e ferramentas foram relatadas como sendo utilizadas para a implantação e sustentação de um fluxo contínuo;
- Resultados relatados: identificar quais os resultados relatados com a implantação do fluxo contínuo e de práticas e ferramentas utilizadas para a sua sustentação.

O Quadro 2 apresenta a classificação dos artigos encontrados na pesquisa realizada nas bases de dados citadas.

Quadro 2: Classificação dos artigos

Autores	Práticas e Ferramentas	Resultados
Adnan, Arbaai e Ismail, 2016	<i>Takt time</i> ; balanceamento; evento <i>kaizen</i>	Redução de MO; redução de área; aumento de produtividade
Avikal et al., 2013	<i>Layout</i> celular	Redução de MO; aumento de flexibilidade
Caggiano, Marzano e Teti, 2016	<i>Takt time</i> ; MFV, balanceamento, <i>layout</i> celular	Redução de MO; redução de custo; aumento de produtividade

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Quadro 2: Classificação dos artigos (continuação)

Autores	Práticas e Ferramentas	Resultados
Chowdary e George, 2011	MFV; 5S; <i>layout</i> celular	Redução de NAV; redução do LT; redução de MO; redução de WIP; redução de área; redução de retrabalho
Duanmu e Taaffe, 2012	<i>Takt time</i>	Redução de WIP; redução do LT
Durmusoglu e Satoglu, 2011	MFV; <i>layout</i> celular	Redução do LT
Garza-Reyes et al., 2012	MFV; <i>takt time</i> ; balanceamento; <i>job rotation</i>	Redução de MO; redução de WIP; redução do tempo de espera
Haider e Mirza, 2015	<i>Layout</i> celular	Redução do LT; redução de WIP; redução de área; aumento de produtividade; redução de custo; redução do tempo de espera
Halim et al., 2013	MFV; balanceamento; trabalho padronizado; <i>layout</i> celular; TRF	Redução do LT; redução de MO; redução de custo; aumento de produtividade
Heuer et al., 2011	Balanceamento	Redução do LT; redução de área
Hoe, Muthusamy e Hari Krishnan, 2010	Somente fluxo contínuo	Redução de custo
Karim, Tuan e Kays, 2016	Balanceamento; trabalho padronizado; <i>layout</i> linear	Redução de NAV; redução do LT, redução de área, benefícios ergonômicos
Kolic, Fafandjel e Zamarin, 2012	<i>Takt time</i> ; trabalho padronizado; <i>heijunka</i>	Aumento de produtividade; redução do LT; redução de área
Kruger, 2012	<i>Takt time</i> ; sistemas puxados; <i>layout</i> celular; <i>heijunka</i> ; evento <i>kaizen</i>	Redução do LT; redução de MO; redução de WIP; redução do tempo de espera
Lam et al., 2015	<i>Takt time</i> ; balanceamento; <i>layout</i> celular	Redução de NAV; redução de MO; Aumento de produtividade
Li et al., 2012	MFV; sistemas puxados	Redução de WIP; redução do LT
Metternich, Bechtloff e Seifermann, 2013	<i>Takt time</i> ; balanceamento; célula <i>chaku chaku</i>	Redução do LT; redução de MO; redução de WIP; aumento de produtividade; aumento de flexibilidade
Nahmens e Mullens, 2011	MFV; Trabalho padronizado; balanceamento das operações; evento <i>kaizen</i>	Aumento de produtividade; redução do LT; redução de NAV
Nallusamy, 2016	<i>Takt time</i> ; MFV; trabalho padronizado	Redução de NAV; redução de MO; aumento de produtividade

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Quadro 2: Classificação dos artigos (continuação)

Autores	Práticas e Ferramentas	Resultados
Obeidat, Pei e Al-aomar, 2012	<i>Takt time</i> ; MFV; balanceamento; <i>layout</i> celular	Redução do LT; redução de custo
Rodríguez-Méndez et al., 2015	Balanceamento; sistemas puxados; <i>layout</i> linear; TRF	Redução de MO; redução de WIP; redução de área; redução de custo
Saihong et al., 2016	5S; TPM	Redução do tempo de espera; aumento de produtividade; redução de transporte; redução da movimentação
Serrato, 2016	<i>Takt time</i> ; MFV; balanceamento; sistemas puxados; gestão visual	Redução do LT; redução do WIP; redução de custo
Shewchuk e Guo, 2012	Trabalho padronizado	Redução de WIP; benefícios ergonômicos
Tshibangu e Berlinski, 2012	MFV; <i>layout</i> celular; diagrama de espaguete	Redução do LT; redução de MO; redução de área; aumento de produtividade; redução de transporte
Westin, Chronéer e Segerstedt, 2013	MFV; <i>takt time</i> ; trabalho padronizado; balanceamento das operações; sistemas puxados	Redução de WIP; redução do tempo de espera; redução de área; redução do LT; redução da variabilidade
Yang e Lu, 2011	MFV; <i>takt time</i> ; sistemas puxados	Redução de custo; redução de WIP; redução do LT
Yassine et al., 2014	<i>Takt time</i> ; balanceamento	Redução do LT; redução de MO; aumento de produtividade

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

3.2 Revisão dos artigos contemplados

Neste tópico serão analisados individualmente cada artigo encontrado após a aplicação de todos os passos da Revisão Bibliográfica contidos no Apêndice A e brevemente introduzidos no Quadro 2.

Adnan, Arbaai e Ismail (2016), têm como objetivo a implantação de fluxo contínuo em um processo de montagem de macacos automotivos visando a redução do tempo de ciclo de produção deste processo. Primeiramente os autores identificam o *takt time* do processo para então propor um novo balanceamento das operações visando a aplicação do fluxo contínuo. As implementações sugeridas pelos autores foram implementadas por meio de um Evento *Kaizen* e os resultados alcançados foram uma melhoria de 24% de produtividade

devido à redução do tempo de ciclo do processo, redução na quantidade de mão de obra necessária e redução da área ocupada pelo processo.

Avikal et al. (2013), realiza a implantação de um fluxo contínuo por meio de uma célula de produção e compara os resultados alcançados por meio desta célula com a performance da situação inicial da empresa analisada. Para esta análise, é implantado primeiramente somente uma célula de produção, para que possa ser feita a comparação da performance das duas situações. Os autores relatam que caso todas as estações de trabalho restantes fossem também convertidas em células de produção, menos estações seriam necessárias para se alcançar o mesmo nível de produção. Eles afirmam que a célula operando em fluxo contínuo apresentaria uma produção maior dos operadores com menos estações de trabalhos. É também relatado pelos autores uma maior flexibilidade de produção nas estações de trabalho operando em fluxo contínuo.

Caggiano, Marzano e Teti (2016) testam em um estudo de caso alternativas para a melhoria dos resultados em um processo de montagem de pequenas aeronaves. Durante o estudo de caso são relatadas algumas propostas testadas para a melhoria do fluxo. Na situação inicial, mapeada por meio de um VSM, os processos eram posicionados distantes um do outro, e os componentes produzidos em cada processo eram então juntados no processo de montagem final. Junto com o mapeamento dos processos também foi calculado o seu *takt time*. Inicialmente os autores testam a aproximação dos processos no chão de fábrica, e relatam uma pequena melhoria dos resultados, mas que, segundo os autores, ainda eram insatisfatórios. Na etapa seguinte é feito um balanceamento das operações do processo e se têm novamente uma melhoria nos resultados. Por fim, para lidar com uma ineficiência ainda considerada alta pelos autores, são implantadas células de montagem para a aplicação de um fluxo contínuo neste processo. Os resultados relatados, quando comparando o cenário com as células de montagem com a situação inicial, são uma redução da quantidade de mão de obra necessária, aumento de produtividade e redução do custo de produção.

Chowdary e George (2011), relatam um estudo de caso em uma produtora de produtos farmacêuticos. Dentre os objetivos dos autores está a implantação de células de manufatura para o atingimento do fluxo contínuo. Inicialmente foi feito um MFV da situação atual da família de produtos analisada mostrando o fluxo de produção, onde foram categorizadas as atividades que agregavam e as que não agregavam valor. No estágio seguinte foi elaborado um MFV da situação futura considerando a utilização de diversas ferramentas, dentre as quais destaca-se a implantação de células de manufatura. Os resultados relatados com as implementações realizadas foram: redução de 60% no tempo de execução das

atividades que não agregam valor (NAV), redução de 48% do *lead time* (LT) de produção, redução de 50% na necessidade de mão-de-obra (MO), redução de 83 % da quantidade de estoques intermediários ou *work in process* (WIP), redução de 45% da área utilizada para a produção e redução de 39% em retrabalhos.

Duanmu e Taaffe (2012) analisaram por meio de simulação como poderiam tornar um fluxo de produção mais eficiente, principalmente, diminuindo o *lead time* e baixando a quantidade de estoques intermediários visando alcançar o fluxo contínuo. Para saber o ritmo necessário para este fluxo, foi inicialmente calculado o *takt time* do processo. Testando alguns cenários, os autores concluem que alterando a quantidade de estoques intermediários e operando um fluxo contínuo com o *takt time* adequado, uma diminuição entre 10 e 15% do *lead time* é possível.

Durmusoglu e Satoglu (2011) têm como objetivo apresentar um *roadmap* para o desenvolvimento de *layouts* de sistemas híbridos de produção, funcionando parte com *layout* funcional e parte com *layout* celular. Segundo os autores, este acaba por ser o cenário mais comum em ambientes de manufatura. Os autores, por meio de um projeto axiomático, que busca soluções sintetizadas, analisaram o fluxo de produção de uma produtora de peças automotivas e simularam algumas alternativas para tornar o fluxo de produção mais eficiente. Dentre as simulações, foi comparado a performance de um *layout* parte celular, com 3 células, e parte funcional produzindo primeiramente em um lote de 50 peças, e então foi testado a aplicação de um fluxo contínuo na produção deste mesmo ambiente. Os resultados mostrados por meio de simulação atingem a diminuição de até 56% do *lead time* de um dos componentes comparado à situação atual mapeada por meio de um MFV.

Garza-Reyes et al. (2012) apresentam a busca pela implantação de um fluxo contínuo no processo de construção de *park homes*, casas construídas em fábricas e que não são fixadas ao solo. Na busca por atingir o fluxo contínuo o autor primeiro mapeou o processo atual para então ser feito um estudo de tempos. Em seguida foram comparados os tempos atuais das operações com o *takt time* do processo, identificando que algumas operações não conseguiam atingir o *takt time* necessário para o atendimento da demanda. Os autores analisaram o balanceamento atual das operações para identificar o tempo de espera dos operadores, chamado pelos autores de perdas de balanceamento. Os tempos de espera dos operadores variavam de 6,74% a 64,49%, indicando WIP em algumas operações e ociosidade em outras. Na tentativa de se alcançar o fluxo contínuo foi então simulado com o auxílio do *software* Process Model 5.0, sete propostas de balanceamento das operações. Foi analisado pelos autores o resultado dos dados da melhor proposta atingida nas simulações com a situação

atual da empresa. Foi observado que seria possível reduzir as perdas de balanceamento entre 1,82% e 36,32% entre as diversas operações e também a quantidade de operadores necessários em praticamente todas as operações. Como foi identificado que algumas perdas de balanceamento ainda ocorreriam no cenário simulado, foi proposto para a empresa a aplicação do *job rotation*, com os operadores do chão de fábrica sendo realocados de acordo com a necessidade de cada processo, o que permitiria o atingimento de um fluxo contínuo em cenários diversos. Em busca do fluxo contínuo, a empresa decidiu por implantar estas ações. Os resultados seriam acompanhados pelos autores, mas não foram relatados neste artigo.

Haider e Mirza (2015) analisam a aplicação dos princípios e práticas da produção enxuta em um ambiente de produção *job shop*. Por meio de simulação, os autores testaram um cenário onde foi desenhado células de produção operando em fluxo contínuo, com o objetivo de analisar os potenciais resultados em comparação com a situação atual da empresa de manufatura estudada. Comparando os dois cenários, seria possível diminuir a quantidade de WIP de 22, 85 para 10 ao longo do processo. Os autores também afirmam que seria possível a diminuição da área utilizada para a produção por meio da redução dos estoques intermediários, o que requereria uma menor área para a acomodação destes, e também por meio do redesenho do *layout*, transformando o *layout* atual em um *layout* celular, que diminuiria a área ocupada pelas estações de trabalho. É relatado ainda a possível diminuição dos custos de produção por ser possível produzir mais produtos em um mesmo tempo comparando à situação atual, permitindo principalmente a diminuição dos custos fixos relativos a cada produto.

Halim et al. (2013) apresentam um estudo de caso onde são relatadas implantações de técnicas de *lean production* em um fluxo de produção de limpadores de ar para automóveis. O objetivo do artigo é analisar como uma empresa pode se beneficiar da utilização de técnicas como fluxo contínuo, TRF e padronização do trabalho. Primeiramente, o fluxo de produção inicial, considerado um fluxo empurrado pelos autores, foi mapeado por meio de um MFV. Após a análise da situação inicial, um MFV futuro com fluxo contínuo é proposto. Além da implantação de células de produção, é ainda relatado pelos autores a implantação da TRF, balanceamento de operações e padronização do trabalho. Os resultados apresentados após as implantações são a redução do LT total de produção, aumento de produtividade, redução da mão de obra necessária e redução de custos.

Heuer et al. (2011), relatam um estudo de caso no qual o objetivo é realizar a transição de um processamento em lote para o fluxo contínuo. O processo em questão é o de aquecimento de alguns componentes. Os autores afirmam que na situação inicial este processo

funcionava à parte da linha de produção e se caracterizava pelo acúmulo de estoques e processamento em lotes. Utilizando máquinas menores, que conseguiriam processar as peças uma por vez, e por meio do balanceamento de operações, foi desenvolvida e implantada uma célula de produção. Segundo os autores, os resultados alcançados por meio da implantação do fluxo contínuo foram a redução do LT e redução da área necessária.

Hoe, Muthusamy e Harikrishnan (2010) aplicam em um estudo de caso uma simulação por meio do *software* PRO-MODEL no qual eles buscam testar a hipótese de que uma produção em fluxo contínuo é mais eficiente do que a produção em massa. Para conseguir realizar esta análise os autores coletaram informações quanto ao tempo de ciclo das operações de uma empresa e o custo de produção de uma unidade por operação. Após análises de alguns cenários os autores concluem que a produção por meio de fluxo contínuo tem um menor custo por unidade além de apresentar um custo mais estável, uma vez que, segundo os autores, o custo no cenário de produção em massa varia de acordo com o tamanho do lote.

Karim, Tuan e Kays (2016) aplicam algumas práticas de *lean production* com o objetivo de tornar mais eficiente o fluxo de produção de uma produtora de janelas para carros. Os autores relatam a melhoria do fluxo de produção por meio da alteração do *layout* funcional existente para um *layout* linear, onde as peças poderiam fluir de forma contínua. Para atingir este objetivo, os autores relatam ainda a utilização das técnicas de balanceamento das operações e padronização do trabalho. Segundo os autores, após as implantações, o processo passou a atender o *takt time* requerido, o tempo gasto com atividades que não agregam valor ao processo foi reduzido, o LT de produção foi reduzido, a área necessária para produção foi reduzida e melhorias ergonômicas para os operadores também foi atingida.

Kolic, Fafandjel e Zamarin (2012) apresentam um estudo de caso mostrando a implementação de fluxo contínuo em um processo de montagem de painéis em um estaleiro. Com o objetivo de tornar o processo de montagem de painéis mais eficiente os autores relatam a implementação do fluxo contínuo ressaltando a importância da padronização das atividades dos operadores. Entre os resultados relatados estão uma diminuição de 60% da quantidade de horas/homem por peça, menor *lead time* e menor necessidade de área para a produção.

Kruger (2012) relata a implantação de fluxo contínuo por meio da utilização de células de produção em um fluxo de produção de fechaduras. Segundo o autor, o processo de montagem de fechaduras é conectado com a demanda do cliente por meio de um sistema *kanban*, que absorve a variação da demanda. Para se obter o fluxo contínuo foi feita a implantação de células de produção em todo o setor de produção de fechaduras, onde cada

funcionário passou a compor uma célula. O autor afirma que a alteração do sistema híbrido em linha para o sistema celular foi feita durante um Evento *Kaizen* com duração de cinco dias. Para a implantação das células de produção o *takt time* do processo foi calculado. Após a implantação das células, a programação da produção passou a utilizar o *heijunka* para nivelar a produção das células. Os resultados relatados são a eliminação do tempo de espera dos operadores, redução da quantidade necessária de mão de obra, redução do LT de produção e redução do WIP.

Lam et al. (2015) analisam por meio de um estudo de caso a melhoria obtida após a aplicação de fluxo contínuo no processo de montagem de equipamentos eletrônicos. Após a análise da situação atual, onde os autores identificaram um alto tempo de espera por parte de alguns operadores resultando em um alto tempo gasto em atividades que não agregam valor ao produto, os autores analisaram o atual *takt time* da empresa estudada e propuseram um melhor balanceamento das atividades realizadas pelos operadores que comporiam células de produção. Os resultados relatados foram a redução da mão de obra necessária para o atendimento ao *takt time* e um aumento de produtividade por operador. Após as implantações iniciais os autores afirmam que seria necessário a padronização das operações. Por fim os autores relatam que outras ferramentas *lean* tais como, 5S, *Kaizen* e TPM deveriam ser consideradas para o suporte de um ambiente *lean* na empresa em questão.

Li et al. (2012) têm como objetivo propor e testar, por meio de um estudo de caso, um procedimento para auxiliar o desenvolvimento de fluxos contínuos. O procedimento proposto auxilia a formação de fluxo contínuo em ambientes com vários fluxos de produção, encontrando o caminho crítico deste processo, o qual deve então ser analisado por meio de um MFV visando a redução de desperdícios. O principal ganho, segundo os autores, é a facilidade em encontrar o fluxo a ser trabalhado por meio da visualização do caminho crítico. Dentre os resultados relatados no artigo estão a redução do WIP e do LT.

Metternich, Bechtloff e Seifermann (2013) analisam a viabilidade da aplicação de fluxo contínuo em um fluxo onde o processamento dos componentes é executado por máquinas, com o auxílio de operadores somente para o carregamento, descarregamento e transporte dos componentes para o próximo processo. Segundo os autores, é consolidada a viabilidade da utilização de fluxo contínuo principalmente em processos de montagem, mas há menos evidências sobre a viabilidade de sua utilização em processos executados por máquinas. Os autores têm como objetivo com a implantação do fluxo contínuo se ter o completo processamento de componentes individuais e também a redução da quantidade necessária de operadores. Com a aproximação das máquinas, que passaram a compor células

chaku chaku que, segundo os autores, são células onde os operadores são responsáveis somente pelo carregamento, descarregamento e transporte dos componentes, a produção passou a ser mais flexível. Os autores afirmam que por meio de células *chaku chaku*, quando se tem alterações de demanda é possível ajustar a quantidade de máquinas ou operadores presentes em uma célula para alterar sua capacidade de produção. Foi relatado um aumento de produtividade do processo onde a mão de obra necessária para se atender o *takt time* do processo passou a ser menor e também uma redução do LT e do WIP.

Nahmens e Mullens (2011) apresentam um estudo de caso de uma construtora civil que estava migrando o processo de construção de paredes do local da obra para uma fábrica com o objetivo de pré-fabricar itens de concreto. Como o resultado almejado não estava sendo satisfatório e os custos estavam aumentando, a empresa decidiu por aplicar práticas e ferramentas da produção enxuta. O trabalho realizado pelos autores iniciou-se por meio da elaboração de um MFV da situação atual do processo de fabricação dos painéis e em seguida foram classificadas as atividades que agregavam valor e as que foram consideradas como sendo desperdício. O foco principal dos autores foi a implementação de um fluxo contínuo por meio da padronização das atividades executadas pelos operários, abordando também o balanceamento entre as atividades. As implantações foram executadas durante um Evento *Kaizen* com duração de 3 dias com o objetivo de testar as sugestões feitas. Os resultados relatados foram um aumento de 47% de produtividade, redução de 25% do LT e diminuição de 47% para 29% do tempo de execução de atividades que não agregam valor executadas pelos operários.

Nallusamy (2016) relata a implantação de fluxo contínuo por meio do balanceamento de um processo de produção de caixas de marchas. O trabalho é iniciado com o mapeamento da situação inicial, ilustrada por meio de um MFV, e da definição do *takt time* do processo. O autor em seguida separa as atividades que não agregam valor das que agregam valor ao processo, com o objetivo de diminuir o tempo gasto com atividades NAV. Após este mapeamento é proposto um novo padrão de trabalho a ser implantado, no qual as atividades realizadas pelos operadores e as máquinas dos processos estão balanceadas. Com a situação proposta implantada, foi possível que um operador passasse a operar duas máquinas simultaneamente, contando ainda com uma redução de 17% do tempo gasto com atividades NAV e com um aumento da quantidade de peças produzidas diariamente.

Obeidat, Pei e Al-aomar (2012) analisam a aplicação de técnicas de *lean production* por meio de um estudo de caso em um processo de costura. Foi feito inicialmente um MFV da situação inicial da empresa onde foi possível identificar a ocorrência de desperdícios, tais

como defeitos, estoque, superprodução, transporte e tempo de espera, juntamente com a análise do *takt time* de produção. Outros problemas identificados pelos autores foram operações não balanceadas e *layout* ineficiente. Para alcançar o fluxo contínuo os autores propuseram por meio de um MFV da situação futura um novo balanceamento das operações entre os operadores que passariam a compor células de costura. Após a implantação de fluxo contínuo por meio de células de costura os autores relataram uma redução de 43% no *lead time* de produção e 96% de redução de custos resultantes dos cinco desperdícios identificados na situação inicial.

Rodríguez-Méndez et al. (2015) têm o objetivo de implantar fluxo contínuo em um processo de estamparia de componentes metálicos. Este processo de estamparia fica em uma parte separada em relação ao processo de montagem, que é o processo seguinte. Os autores relatam a existência de um estoque onde é armazenado a produção provinda da estamparia do qual os componentes somente serão enviados ao processo de montagem quando este acusa a necessidade de mais componentes. O processo de montagem é conectado com o processo de estamparia por meio de um sistema *kanban*. Com a utilização da Troca Rápida de Ferramentas, por meio do desenvolvimento de um “time de *pit-stop*” responsável pelas trocas do processo de estamparia, do balanceamento das operações executadas na estamparia e do *redesign* do *layout*, que passou a ser um *layout* linear, os autores relatam uma diminuição da necessidade de mão de obra no processo, redução da área necessária para estoque entre o processo de estamparia e a montagem, redução de estoque, resultando na diminuição da quantidade de cartões *kanban* necessários para conectar os dois processos e redução do custo de operação.

Saihong et al. (2016) apresentam um estudo de caso em um processo de montagem de uma empresa onde, na situação inicial, tinham – se processos afastados, movimentações realizadas em lotes e área insuficiente para manter o estoque entre os processos. O objetivo dos autores foi a implantação do TPM, para aumentar o aproveitamento do maquinário do processo, e do fluxo contínuo, em substituição ao processamento em lote, para a redução de transporte desnecessário, da movimentação de funcionários e do WIP. Após análises iniciais, foi feita a utilização do TPM, do 5S e do fluxo contínuo no processo de montagem. Segundo os autores, o fluxo contínuo foi implantado por meio da aproximação dos processos e os resultados relatados com esta implantação foram a redução do desperdício de transporte, redução do tempo de espera, redução da movimentação dos funcionários e aumento de produtividade.

Serrato (2016) relata um estudo de caso em três empresas do ramo de confecção e que também produzem tecidos. Segundo o autor, o objetivo do trabalho é a implantação de um fluxo contínuo no processo de confecção, o qual estaria conectado com o setor de produção de tecidos por meio de um sistema puxado. Desta maneira, o fluxo contínuo do processo de confecção teria um menor risco de ser interrompido por uma falta de tecidos vindos do processo anterior, já que o setor de produção de tecidos é apresentado como o setor de restrição de capacidade. O processo inicial foi mapeado por meio de um MFV onde foi identificado também o *takt time* do processo. Após esta etapa os processos onde o fluxo contínuo seria implantado tiveram suas capacidades balanceadas. Posteriormente foi implantado ainda uma gestão visual para o acompanhamento constante do desempenho dos processos. Os resultados relatados com as implantações foram a redução do LT, redução do WIP e a redução do custo de produção.

Shewchuk e Guo (2012) tratam do processo de fabricação de painéis pré-fabricados para a utilização em obras de construção civil. De acordo com os autores, atualmente se dá um grande foco em se estocar e transportar os painéis de maneira eficiente, mas pouca atenção é dada às montagens dos painéis no seu local de uso. Os autores propõem uma abordagem *lean* para o processo de pré-fabricação e montagem de painéis onde painéis seriam descarregados e montados em fluxo contínuo resultando em um menor esforço para a execução das atividades. É proposto um algoritmo visando a melhoria do processo e por fim são feitas simulações para mostrar possíveis resultados. Dentre os resultados relatados são destacados a diminuição da movimentação de painéis, resultado de uma menor quantidade de painéis em operação, visando operar em fluxo contínuo, e também os benefícios ergonômicos já que, de acordo com os autores, o processo se torna mais simples, mais seguro e necessita de um menor esforço por parte dos operários.

Tshibangu e Berlinski (2012), mostram por meio de um estudo de caso a implantação de fluxo contínuo em uma produtora de peça plásticas para aspiradores de pó. O desafio apresentado inicialmente pelos autores é que o processo ocupa três pisos diferentes da fábrica o que, segundo os autores, resultava em uma dificuldade para a empresa em operar de maneira eficiente devido ao tempo gasto com a movimentação dos componentes. A situação inicial foi mapeada por meio de um MFV, com a identificação dos desperdícios presentes no fluxo, para então ser feita a proposta de um MFV futuro. Sob o desenho do *layout* inicial foi feito um diagrama de espaguete para a identificação de redundâncias no fluxo do processo. Após algumas propostas de *layout* serem elaboradas, foram implantadas células de produção. Os autores relatam que com a alteração do *layout* foi possível vagar um dos três andares

anteriormente ocupados pela produção, resultando na redução da área necessária para a produção. Devido à aproximação das máquinas, um operador passou a ser capaz de operar duas máquinas simultaneamente, o que não ocorria antes porque as máquinas ficavam situadas em pisos diferentes. São citadas ainda melhorias de produtividade, redução de transporte e redução do LT de produção.

Westin, Chronéer e Segerstedt (2013) descrevem um estudo de caso relatando um projeto de melhoria em uma empresa produtora de equipamentos eletrônicos. O objetivo do trabalho foi, por meio da implantação do fluxo contínuo em uma parte do processo, reduzir o LT, reduzir variabilidades do processo, reduzir estoques, consumir menos recursos e diminuir os custos de produção. O projeto de melhoria foi iniciado com a elaboração de um MFV retratando a situação inicial do processo, onde menos de 10% das atividades realmente agregavam valor ao produto segundo os autores. O MFV da situação atual foi analisado e diversos desperdícios são relatados pelos autores como superprodução, estoques e espera. Entre as sugestões feitas pelos autores para a situação futura estão utilização das técnicas de padronização das atividades, balanceamento das operações, implantação do sistema puxado, e a implantação de fluxo contínuo no processo de montagem. Para sumarizar estas sugestões os autores propuseram um MFV da situação futura almejada. Os autores afirmam que algumas melhorias necessárias para se alcançar a situação futura foram realizadas ao longo de alguns anos e dentre os resultados relatados estão a redução de estoques, redução do *lead time*, redução da área necessária para a produção, redução do tempo de espera no processo de montagem e a redução da variabilidade ao longo do processo.

Yang e Lu (2011) iniciam um estudo de caso elaborando o MFV da situação atual em uma manufatura. Partindo da situação atual desenhada os autores fazem simulações com o objetivo de testar possíveis melhorias, para após estas simulações ser possível desenhar um MFV da situação futura considerado ideal. O objetivo dos autores é a implementação de fluxo contínuo. Durante as simulações os autores testam a criação de fluxo contínuo em algumas partes do processo e em pontos considerados como inviáveis a criação de fluxo contínuo, são simulados o funcionamento de sistemas puxados. Após as simulações é desenhado um MFV da situação futura almejada, onde os autores estimam uma redução de 57% na quantidade de estoques ao longo do processo e de 49,7% no *lead time*.

Yassine et al. (2014) visam aplicar princípios *lean* em um projeto de construção. Segundo os autores, para alcançar este objetivo, o primeiro passo a ser dado é a implantação de fluxo contínuo. Para a implantação do fluxo contínuo os autores primeiro identificam o *takt time* do projeto. O projeto em questão é a instalação de uma rede de tubulação de esgoto. Na

situação inicial haviam equipes de operadores focadas em cada operação para a instalação da tubulação. Segundo os autores, eles identificaram o *takt time* do projeto para evitar atrasos, e então realizaram um balanceamento das operações realizadas pelos operadores para que o fluxo contínuo passasse a ser possível. Desta maneira, se passou a ter uma única equipe que se movia de forma conjunta de uma zona a outra realizando as mesmas tarefas, sem interrupções entre processos. Os resultados relatados foram a redução da necessidade de mão de obra, aumento de produtividade por operador, redução de aproximadamente 50% do LT.

3.3 Análise quantitativa dos artigos revisados

Para explorar as informações contidas em cada artigo, será feita neste tópico uma análise quantitativa de cada categoria destacada no tópico 3.1, onde foram feitas as classificações dos artigos.

Importante ressaltar que todos os artigos presentes nesta revisão relataram a implantação e busca pelo fluxo contínuo. Somente um artigo (Hoe, Muthusamy e Harikrishnan, 2010) relatou exclusivamente a utilização do fluxo contínuo e não de outras técnicas e ferramentas em conjunto.

A Figura 11 apresenta a quantidade de vezes em que cada técnica e ferramenta da produção enxuta foi citada pelos artigos como sendo implantadas, ou sugerindo sua implantação. Estas técnicas e ferramentas foram sempre citadas em um contexto em que se buscava a implantação de fluxo contínuo em algum sistema.

Tais técnicas e ferramentas que constam foram somente as citadas de forma direta e clara pelos autores, não sendo feita nenhuma suposição de utilização de determinada técnica ou prática.

Figura 11: Técnicas e ferramentas utilizadas

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016

É possível identificar por meio da análise da Figura 11 que 50% dos artigos contidos na Revisão Bibliográfica relataram a utilização do *takt time* e do balanceamento das operações como técnicas utilizadas para o alcance do fluxo contínuo. O MFV, citado em 46% dos artigos e a utilização do *layout* celular, citado em 39% dos artigos, também merecem destaque.

Na Figura 12 é possível visualizar os resultados relatados nos artigos após a implantação do fluxo contínuo e das técnicas e ferramentas utilizadas para a sua sustentabilidade, sejam resultados alcançados por meio de implantações ou por meio de simulações. Os resultados que constam foram somente os resultados citados de forma direta e clara pelos autores, não sendo feita nenhuma suposição, como por exemplo, em casos em que foram relatados redução de WIP, atribuir de forma automática a redução de custos ou do LT.

Figura 12: Resultados relatados após a implantação do fluxo contínuo

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016

O resultado relatado com a maior frequência é a redução do LT de produção, citada em 64% dos artigos analisados. A redução da MO necessária para a produção, citada em 46% dos artigos, a redução do WIP e o aumento de produtividade, citados em 43% dos artigos analisados, também são relevantes.

3.4 Considerações finais sobre a Revisão Bibliográfica

Este capítulo apresentou como objetivo a identificação de práticas e ferramentas utilizadas para a implantação e sustentabilidade de um fluxo contínuo e os resultados alcançados por meio desta prática. Esta revisão contribuiu para uma melhor análise de como é implantada a prática de fluxo contínuo nas empresas e quais outras práticas e ferramentas de *lean production* são também implantadas para dar suporte a este fluxo.

Apesar de, conforme mostrado no Capítulo 1, Sekine (1991), Shingo (1996b), Ohno (1997), Womack e Jones (2004) Liker (2005), Liker e Meier (2007) e Rother (2010) ressaltarem a importância da aplicação de fluxo contínuo para se alcançar o sucesso na implantação de princípios da produção enxuta nas empresas, por meio da Revisão Bibliográfica foi possível identificar que o tema da pesquisa, fluxo contínuo implantado em um cenário de aplicação de princípios da produção enxuta, não é amplamente discutido, refletindo inclusive na quantidade de artigos encontrados após a aplicação de todos os filtros propostos para a Revisão Bibliográfica.

Li et al. (2012) afirmam que apesar de fluxo contínuo ser aplicado amplamente em todo o mundo, o número de pesquisas tratando da criação de fluxo contínuo é muito pequeno.

Miltenburg (2001) observa como lacuna estudos mostrando exatamente como um fluxo contínuo é implantado, de forma real, comparando diferentes experiências entre empresas. O encontro de apenas 28 artigos nas bases de dados consultadas relatando especificamente o tema evidencia essas constatações.

Apesar de não ser um tema amplamente discutido, as implantações relatadas de fluxo contínuo, auxiliadas por outras ferramentas e práticas da produção enxuta, apresentam resultados significativos como foi possível observar no tópico 3.3, onde foi feita uma análise quantitativa dos artigos encontrados por meio da Revisão Bibliográfica. Os principais resultados relatados pelos autores são a redução do *lead time* em seus processos, redução da mão de obra necessária para a produção, redução de estoques intermediários ao longo do processo, aumento de produtividade e redução da área utilizada pela produção. Estes resultados seriam relevantes para a maioria das empresas, que normalmente disputam mercado em um cenário de competição acirrada.

Importante citar que a redução da MO necessária para a produção é vista em um contexto positivo pelo fato de liberar uma parte dos operadores para executarem outras ações. Rother e Harris (2002) destacam que quando uma melhoria elimina a necessidade de uma pessoa em algum processo, algumas empresas selecionam os operadores mais experientes do fluxo e o recolocam em novas funções. Segundo os autores, uma opção é realocar os melhores operadores para um time responsável por aplicar melhorias. Womack (1996) afirma que em situações em que ocorrem diminuição da MO necessária para a produção atual a empresa pode ir em busca de novos mercados, já que terá uma capacidade extra no processo.

Uma lacuna possível de ser identificada com a análise dos resultados da Revisão Bibliográfica é a falta de relatos, mesmo em pesquisas feitas por meio de estudos de casos, de como foi feita a implantação de fluxo contínuo pelas empresas e também das outras técnicas e ferramentas que sustentam este fluxo. Não é possível, por meio das pesquisas publicadas, identificar as dificuldades encontradas ao longo deste processo. Uma evidência desta lacuna é que a ferramenta Evento *Kaizen*, apresentada no Capítulo 2 como sendo uma ferramenta utilizada para implantar as melhorias planejadas, é citada em somente três dos artigos encontrados.

CAPÍTULO 4 – ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta um estudo de caso com o objetivo de apresentar alguns métodos, ferramentas e práticas da Produção Enxuta utilizadas com o foco na implantação e sustentação de um fluxo contínuo.

O estudo de caso apresentado a seguir foi fruto de um trabalho de consultoria no qual o autor deste trabalho participou. Este trabalho durou 10 meses e teve participação de 3 consultores, incluindo o autor, e de uma equipe da empresa em questão, formando assim, a equipe do projeto de melhoria. Importante informar que todos da equipe participaram das etapas descritas no estudo de caso, alguns durante todas as etapas, caso do autor desta pesquisa, e outros somente em algumas etapas.

4.1 Apresentação da empresa e metodologia da aplicação

A empresa em questão é uma produtora de *big bags* de médio porte, produtos usados principalmente para o transporte de grãos. A empresa está situada no interior do estado de São Paulo e sua produção é transportada para diversos estados do Brasil.

A apresentação deste estudo de caso está dividida de acordo com as etapas percorridas durante o projeto, que seguiu as etapas do DMAIC.

Schroeder et al. (2008) afirmam que o DMAIC serve para se projetar novas rotinas por meio da análise e alteração de rotinas atuais.

McAdam e Lafferty (2004) afirmam que apesar de originalmente o DMAIC ser descrito como um método de redução de variação em processos, suas práticas são aplicadas como uma técnica para resolução de problemas e melhorias.

Segundo Rodrigues (2006) o Ciclo DMAIC é normalmente utilizado como direcionador para a aplicação da metodologia Seis Sigma. O autor apresenta os cinco estágios do DMAIC:

- Definir: definir os processos críticos e os objetivos diante do negócio e das expectativas e necessidades do cliente;
- Medir: medir o desempenho do processo e identificar os problemas e a intensidade dos mesmos;
- Analisar: analisar o desempenho e as causas dos problemas;
- Implantar: melhorar o processo eliminando os problemas, reduzindo custos e agregando valores para os clientes;
- Controlar: controlar o desempenho do processo.

4.2 Definição do escopo do projeto

No primeiro encontro da equipe de consultoria com a equipe da empresa, foi informado pela equipe da empresa quais eram as expectativas com o projeto de melhoria, chegando assim ao alinhamento dos objetivos do projeto.

Os principais objetivos traçados para o projeto foram:

- Aumento de produtividade;
- Redução do custo de transformação do produto;
- Redução do absenteísmo;
- Redução do ciclo financeiro.

Dois indicadores principais foram acompanhados mensalmente pela equipe do projeto: quantidade de *big bags* produzidos por operador e também a taxa de absenteísmo dos operadores por considerada alta pela empresa. Tais indicadores estão em sintonia com os objetivos principais traçados pela equipe do projeto e seus números serão apresentados na seção de resultados do estudo de caso. Para a redução do ciclo financeiro a meta seria a redução do *lead time* de produção, podendo a empresa faturar o produto produzido de forma mais rápida, em um menor ciclo entre a utilização da matéria-prima e a venda do produto final.

Para um maior entendimento da situação inicial da empresa e para embasar futuras implantações, os produtos produzidos nos 12 meses anteriores ao início do projeto foram divididos em famílias de produtos baseado na similaridade de seus processos conforme recomendado por Rother e Shook (2003).

O Quadro 3 apresenta as famílias de produtos definidas e também a porcentagem representada por cada família em relação à produção total dos últimos 12 meses pré-projeto.

Quadro 3: Famílias de produtos

Tipo de <i>big bag</i>	Participação na produção dos últimos 12 meses
Com impressão, sem <i>liner</i> e com limpeza	48%
Sem impressão, sem <i>liner</i> e sem limpeza	35%
Sem impressão, sem <i>liner</i> e com limpeza	13%
Sem impressão, com <i>liner</i> e com limpeza	4%
TOTAL	100%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

A definição das famílias de produtos serviu para direcionar a próxima etapa do projeto de medição da situação inicial da empresa.

4.3 Mapeamento e medição da situação atual da empresa

4.3.1 Identificação dos processos

A medição da situação atual da empresa foi iniciada pelo mapeamento de seus processos. Nesta atividade visou-se ter um maior entendimento dos processos produtivos realizados para assim ser possível também desenhar o Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) atual da empresa. As matérias-primas são principalmente compostas por tecidos e linhas para costura.

Abaixo são apresentados os processos produtivos e suas respectivas descrições:

- Cortar tecido: neste processo é feito o corte do tecido que será usado para se fazer o *big bag*. Estes cortes são feitos com máquinas de corte acompanhadas por pelo menos um operador que executa as configurações da máquina e organiza os pedaços cortados. Ao todo a empresa conta com 6 máquinas de corte de tecidos, cada máquina executa o corte de uma parte diferente do *big bag*. Geralmente estes tecidos são fornecidos pelos fornecedores em bobinas;
- Cortar acessórios: corta-se também o que a empresa chama de “acessórios”, que podem ser as alças e os cadarços utilizados na confecção dos *big bags*. Na empresa há 2 máquinas para o corte das alças que funcionam de forma automática, somente com acompanhamento de um operador, e uma máquina de cortar cadarço que funciona com o auxílio do mesmo operador;
- Imprimir logomarca: após serem cortados, os *big bags* têm os seus “corpos” impressos com a logomarca do cliente. Estas impressões no corpo do tecido são feitas por duas impressoras. Em alguns *big bags* não são requeridas as impressões;
- Costurar acessórios: algumas partes de tecidos cortados, requerem tipos diferentes de costura antes de serem anexadas à parte principal do *big bag*, estas costuras são chamadas de costura de acessórios;
- Casar tampões: neste processo os tampões superiores e inferiores do *big bag* são manualmente dobrados à algum eventual acessório que os compõem para facilitar a execução da costura;

- Costurar insumo: as partes inferiores e superiores do *big bag* são feitas neste processo, sendo as “tampas” costuradas juntas aos acessórios;
- Costurar fechamento inferior: neste momento o tampão inferior do *big bag* é costurado ao seu corpo;
- Costurar alças: neste processo é feita a costura das alças do *big bag*, sendo 4 alças, uma de cada lado;
- Colar *liner*: com o tampão inferior e as alças costuradas, o *big bag* segue para a colagem do *liner*. O *liner* é um tecido plástico que é colado na parte interior do *big bag* para conter eventuais vazamentos de produto e protegê-lo contra a umidade. Esta atividade é feita dependendo do requisito do cliente e também do tamanho do grão a ser transportado;
- Costurar fechamento superior: neste processo o tampão superior é costurado junto ao corpo do *big bag*, que neste momento já está com a alça, tampão inferior e *liner*;
- Limpar: a limpeza interna do *big bag* é feita por uma máquina que aspira a parte interna. Esta atividade é feita com o auxílio de dois operadores que posicionam o *big bag* na máquina e é feita principalmente para *big bags* que serão usados para o transporte de alimentos;
- Dobrar: após o *big bag* ter suas costuras e eventualmente sua limpeza interna finalizada, ele é dobrado manualmente;
- Prensar: o *big bag* dobrado é então prensado para ser armazenado em lotes de *pallets* ou fardos, dependendo do requisito do cliente.

4.3.2 MFV da situação atual

Com os processos entendidos foi possível se fazer o MFV da situação atual da empresa naquele momento. A Figura 13 apresenta o MFV da situação inicial encontrada na empresa. Este MFV da situação atual representa uma “foto” da situação no momento em que este mapeamento foi feito.

O MFV mostra em sua parte superior o fluxo de informação necessário para a produção dos produtos ocorrer. Os passos percorridos para que a informação flua do cliente até a prensagem do produto são:

1. Pedidos: os representantes comerciais da empresa enviam as solicitações de compra de seus clientes de forma eletrônica;

2. Pedidos confirmados: após a confirmação do pedido por parte do cliente, o setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) recebe as informações do pedido em questão, como requerimentos do cliente em relação ao produto, ao prazo de entrega dentre outras informações que eventualmente possam ser necessárias;
3. Planejamento da produção: após planejar a data de processamento do pedido, o PCP envia esta informação para o setor de compras, para que seja garantido que haverá matéria – prima para a produção do produto;
4. Compra da matéria – prima: baseado no planejamento da produção enviado pelo PCP, o setor de compras efetua a compra das matérias – primas necessárias;
5. Programação diária + reprogramações e priorizações: o PCP envia diariamente a programação da produção para os encarregados pela produção, que são os encarregados do setor de corte e o do setor de costura. Constantemente estes encarregados comunicam a todos os operadores o que deve ser produzido e altera o produto que está sendo produzido caso seja necessário. Os óculos que constam nesta etapa é um símbolo de desenho de MFV que significa “vá ver”, ou seja, para executar esta etapa, os encarregados têm que estar acompanhando a produção a todo o instante;
6. Priorizações: baseado na programação feita pelo PCP, o encarregado do setor de corte constantemente comunica aos operadores quais são os produtos prioritários a serem produzidos e, baseado no tecido que está sendo cortado, repassa esta informação ao encarregado do setor de costura.

Figura 13: MFV da situação inicial encontrada na empresa
Fonte: Elaborada pelo autor, 2015.

O estoque (representado pelo triângulo) de matéria – prima no momento em que o mapeamento foi feito era suficiente para 23 dias de produção. O estoque entre os processos, desde o processo de cortar o tecido até o processo de prensar, foi estimado em 2,7 dias de produção com base em informações do sistema da empresa. Não foi possível alocar este estoque exatamente em suas posições em relação ao processo porque tal informação não constava no sistema da empresa e o volume do estoque contido no chão de fábrica inviabilizou esta contagem. Como o foco seria a eliminação de todo este estoque por meio do fluxo contínuo, somente a informação do estoque total no setor de costura, mesmo sem ser possível localizá-lo precisamente no chão de fábrica, seria suficiente para efeito de avaliação e comparação com a situação futura planejada.

As setas tracejadas que conectam os processos representam o fluxo de produção empurrado, que ocorre quando um determinado processo produz componentes independentemente da necessidade do processo seguinte.

Na caixa de resumo do MFV é possível notar que o *lead time* (LT) de produção era de 38,2, ou seja, para um produto percorrer todas as etapas do MFV, eram necessários 38, 2 dias. O tempo de agregação de valor (TAV), que representa a somatória do LT dos processos do caminho crítico, era de 451,5 segundos.

A Figura 14 apresenta o *lead time* de cada processo.

Figura 14: *Lead time* dos processos

Fonte: Elaborada pelo autor, 2015.

Com a análise dos tempos é possível perceber a diferença de *lead time* entre os processos, o que causa o desbalanceamento das operações que por sua vez resulta na

formação de estoques elevados. A análise destes tempos se fará útil durante a análise do desenvolvimento do layout futuro com o foco na implantação de fluxo contínuo.

4.3.3 Desenho do diagrama de espaguete

Uma das etapas do mapeamento da situação inicial da empresa consistiu em se entender como o material flui no chão de fábrica entre um processo e outro durante a produção.

A Figura 15 apresenta o *layout* da situação inicial da empresa e também o diagrama de espaguete mostrando o fluxo percorrido pelos materiais.

Na Figura 15 percebemos que o *layout* inicial da empresa pode ser caracterizado como um *layout* funcional, onde máquinas que executam o mesmo processo são posicionadas próximas umas às outras.

A análise do diagrama de espaguete nos mostra o caminho percorrido por cada peça para que esta chegue ao processo em que será processada. Cada linha representa um item diferente do *big bag*. A somatória da distância de todas estas linhas, ou seja, as distâncias percorridas pelos materiais necessários para se produzir um *big bag* eram de 1.215 metros.

Importante também observar que o material era sempre movido por pessoas, sem haver nenhum dispositivo automático de transporte. Portanto, em todo este transporte de 1.215 metros de materiais há de ser considerada ainda a movimentação das pessoas que os transportam.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2015

4.4 Análise da situação atual e desenvolvimento da situação futura

Após o mapeamento da então situação atual da empresa, foram feitas análises destas informações que serviram como base para o desenvolvimento da situação futura almejada.

As análises feitas serão apresentadas divididas de acordo com os itens mapeados na etapa anterior. Posteriormente às análises, estão apresentadas o desenvolvimento da situação futura a ser implantada.

4.4.1 Análise do MFV da situação atual

Após o desenho do MFV da situação inicial da empresa, foi feita uma dinâmica entre a equipe do projeto com o objetivo de apontar eventuais ocorrências de desperdícios e outros problemas durante as etapas do MFV. A Figura 16 apresenta os desperdícios e problemas identificados pela equipe do projeto em cada etapa do MFV da situação inicial.

Na Figura 16 ícones ilustrativos similares a “explosões”, conhecidas como *kaizen burst*, representam os desperdícios e problemas identificados no fluxo mapeado sendo, portanto, as oportunidades de melhorias deste fluxo.

Os desperdícios e problemas apontados pela equipe do projeto foram:

- Superprodução no setor de corte: excesso de produção de alguns itens, resultando em um acúmulo de estoque;
- Estoque sem controle de retirada: os acessórios cortados eram retirados pelos costureiros sem nenhuma forma de controle, o que dificultava a correta gestão deste estoque;
- Reprogramação: as reprogramações da produção ocorridas ao longo do dia dificultavam o gerenciamento dos setores de corte e costura, dificultando também a gestão do material que tinha sua produção interrompida e gerando a necessidade de mais *setups* de máquinas;
- Devido à dificuldade em abastecer corretamente todos os processos e seus operadores, muitos operadores acabavam tendo que abandonar os seus postos de trabalho para buscar materiais necessários para a produção;
- Superprodução no setor de costura: como os processos de costura eram independentes, funcionavam independente da necessidade de outro, acabava por se ter um excesso de produção, resultado em um alto estoque entre os operadores do setor de costura;

- Espera pela programação: diariamente durante o início do turno de produção, havia-se uma espera pela programação, pois os encarregados tinham que comunicar cada operador o que este deveria produzir. Esta situação era uma consequência da superprodução, que causava um excesso de estoque, pois como havia muito material disponível a ser produzido os operadores precisavam da informação do encarregado para saber qual deles era necessário produzir em cada momento;
- Movimentação de material: devido à superprodução resultada em um excesso de estoque, era necessária constantemente a movimentação de materiais, seja de um processo para outro ou mesmo para reorganizar a área de produção;
- Necessidade de controlar estoques: O excesso de material levava também a uma necessidade de se controlar este material;
- Movimentação de material para a prensa: a movimentação de materiais acabados e dobrados para a prensa também era constante e confusa devido ao excesso de materiais não acabados no chão de fábrica;
- Acúmulo de produtos: as prensas não acompanhavam o ritmo de produção dos outros processos, o que gerava um acúmulo de produtos a serem prensados;
- Falta de gestão visual: como não havia informações sobre a produção de forma acessível a todos, tal informação ficava concentrada nos encarregados, levando a constante necessidade de comunicação entre os encarregados e operadores, o que resultava em esperas;
- Necessidade de contar estoques: para realizar a programação da produção de forma segura, o PCP constantemente contava os estoques entre os processos para se ter conhecimento da situação atual.

4.4.2 Análise do diagrama de espaguete e *layout*

O *layout* da empresa, caracterizado como funcional, resultava em uma dificuldade em se controlar o fluxo de produção. Esta dificuldade era consequência da necessidade de grandes movimentações dos materiais entre um processo e outro, deixando o fluxo de produção difícil de ser gerenciado, o que resultava em um estoque elevado, servindo como uma margem de segurança para os processos na tentativa de garantir que os operadores não ficassem sem material para produzir.

O fato de os processos funcionarem de forma independente, como “ilhas”, com cada operador produzindo o máximo que podia independentemente da necessidade do processo posterior, gerava uma dificuldade de se planejar a produção. Pois nesta situação, antes que se desse início a produção, cada operador deveria receber a informação dos encarregados de qual produto era para produzir. Além do fato de os operadores trabalharem de forma independente em relação aos outros processos, este fluxo de informação individual também era necessário devido à grande quantidade de estoque em processo existente, cabendo ao encarregado, que recebia a informação do PCP, informar aos operadores qual seria o produto a ser produzido naquele momento frente aos tantos outros em espera.

Esta elevada quantidade de estoques entre os processos resultava na necessidade de gerenciá-lo, ou seja, eram necessários operadores para se fazer a conferências dos estoques existentes e também a movimentação dos mesmos.

O abastecimento dos processos na situação atual também representava uma dificuldade. Como os operadores operavam de forma independente, cada operador era abastecido individualmente. Além da necessidade de grandes movimentações de pessoas e transporte de materiais, conforme dito anteriormente, havia também uma dificuldade em sincronizar a quantidade de matérias em operação, ou seja, garantir que os operadores estavam produzindo uma quantidade de componentes que seriam suficientes para resultar na quantidade esperada de *big bags*.

Na produção havia uma área específica para materiais em espera. Esta área continha diversos componentes que estavam à espera das outras partes para se completar o *big bag*. Estas peças eram chamadas de “sobras” e constantemente era necessário que estas sobras fossem contadas para então ser requerido que as peças em falta para se completar o produto fossem produzidas, os chamados “complementos”. A produção destes complementos era frequente e para isso era necessário interromper a programação de alguns processos para se produzir a quantidade de peças em falta para se completar as sobras.

A difícil gestão destas peças em sobras resultava em um acúmulo de produtos incompletos. No momento da análise da situação atual não foi possível identificar a quantidade de componentes existente nesta área devido à elevada quantidade de componentes existentes, sendo encontrado inclusive produtos que haviam sido retirados da produção há seis meses.

Outra dificuldade resultante do *layout* atual era a falta de flexibilidade da programação da produção. Como o *lead time* de produção era elevado devido ao excesso de estoque em produção, era bastante difícil para o PCP reprogramar a produção quando surgia

algum imprevisto ou uma nova necessidade pois era necessário remover as peças em operação, para abastecer os processos com as novas peças necessárias. Quando havia esta necessidade, as peças que tinham a sua produção interrompida acabavam sendo colocadas na área de produtos em espera.

O abastecimento de material entre o setor de corte e impressão do tecido e o setor de costura também apresentava dificuldade em ser sincronizado devido à necessidade de abastecer de forma independente cada operador da costura. Por vezes esta dificuldade resultava em uma espera no setor de costura por materiais vindos do setor de corte. Para minimizar o impacto dessas esperas, era mantido um estoque elevado entre um setor e outro.

A identificação de problemas durante o processo como, por exemplo, um operador parar de produzir devido à quebra de máquina, não gerava um senso de urgência em resolver o problema pois devido à grande quantidade de estoque entre os processos e o fato de os operadores trabalharem de forma independente, o problema com um único operador acabava por não impactar os demais. A eficiência nos processos, porém, era perdida e esta falha era amenizada com a existência os estoques.

4.4.3 Desenvolvimento do MFV futuro

Com base na análise feita sobre o MFV da situação atual foi desenhado um MFV da situação futura almejada.

A Figura 17 apresenta o MFV proposto para a situação futura.

No MFV futuro é possível perceber a redução do nível planejado de estoque de matéria-prima e também de produto acabado. Como o foco deste trabalho é discutir fatores relacionados à produção, detalhes de tais medidas feitas para reduzir o estoque de matéria-prima e de produto acabado não serão descritos, focando-se somente na redução do estoque em processo.

Percebe-se também que o TAV permanece o mesmo em relação a situação inicial. Isto ocorre porque o foco não é alterar a maneira como os operadores executam os processos, mas sim ganhar eficiência entre os processos, removendo as esperas ao longo da produção causadas por desperdícios como superprodução e estoque em excesso, por exemplo.

Figura 17: MFV futuro
Fonte: Elaborada pelo autor, 2015.

Os números de 1 a 6 representam as principais melhorias a serem implantadas:

1. Sistemas puxados: entre o corte de acessórios e a costura de acessórios seria implantado um quadro *kanban* para evitar a ocorrência de superprodução, controlar o fluxo de materiais entre os dois processos e também diminuir a necessidade de programar a produção do processo de corte de acessórios. O *kit* de costura citado mais à frente também funcionaria como um sistema puxado entre as células e os processos anteriores;
2. *Kits* de costura: Entre o setor de corte e costura de acessórios e o setor de costura seria implantado uma área de consolidação dos *kits* de costura. Estes *kits* serviriam para facilitar o abastecimento das células de costura, abastecendo todos os processos da célula com a quantidade de materiais para produzir o mesmo tanto de produtos;
3. Comunicação visual e *andon*: sob as células de costuras seriam instaladas luzes de sinalização que alertariam para a necessidade de algumas ações;
4. Célula de costura: a implantação de células de costura permitiria o funcionamento de um fluxo contínuo por meio da aproximação de processos subsequentes, não tendo a necessidade de transporte de materiais entre os processos e evitando o acúmulo de estoque entre os processos;
5. Balanceamento e trabalho padronizado: para a formação da célula de costura seria feito um balanceamento na quantidade de operadores, com base no tempo dos processos, para que o material pudesse fluir por meio de um fluxo contínuo. No setor de prensa seria realizado um balanceamento das atividades entre os operadores e seria definido um padrão de trabalho para a correta divisão entre as atividades necessárias.
6. Gestão visual: para facilitar o compartilhamento de informações entre os operadores e seus gestores, evitar a espera de informações por parte dos operadores e facilitar o controle dos processos, seriam implantados quadros de gestão visual.

Tais medidas serão discutidas mais à frente ao serem relatadas as implantações realizadas.

O fluxo de informação seria também simplificado devido à forma como os materiais fluiriam ao longo do processo. Com o corte de acessórios e a costura de acessórios sendo conectados por meio de um sistema puxado, não seria necessário que estes processos fossem programados pelo PCP. O processo de costura de acessórios costuraria as partes necessárias

para compor os *kits* de costura, e o corte de acessórios reporia os materiais quando fosse detectada a necessidade por meio de um quadro *kanban*.

Com a redução estimada do estoque em processo devido à maior facilidade de se gerir a produção e a não necessidade de movimentação de materiais no setor de costura, os operadores da impressão iriam imprimir os produtos cortados por meio da lógica FIFO, sem a necessidade de programação. Após a costura de acessórios e impressão os itens iriam para a área de formação de *kits* de costura.

Para as células de costura seriam sempre fornecidos uma quantidade de material para ser possível produzir 100 *big bags*. Portanto, assim que a célula de costura acusasse, por meio de uma comunicação visual, que precisaria de mais material, os abastecedores levariam o *kit* de materiais formado na área de *kits* e os levariam às células de costura, sem a necessidade de programação por parte do PCP ou acompanhamento por parte dos encarregados pela produção.

Com uma quantidade de produtos limitadas fluindo pelo setor de produção, os processos seguintes de limpeza e prensa respeitariam a lógica FIFO, sem a necessidade de terem suas produções programadas pelo PCP.

O fluxo de informação necessário, portanto, seria somente a programação da produção do setor de corte de tecidos por parte do PCP. Deste processo em diante os processos respeitariam a lógica FIFO, pois se teria menos material sendo movido entre os processos, não tendo a necessidade de ser informada qualquer tipo de priorização por algum produto. Caso fosse necessário reprogramar a produção caberia aos operadores somente alterar os *kits* presentes nas células de costura, já que a quantidade de itens em processo na célula seria baixa.

4.4.4 Desenvolvimento do *layout* futuro

A análise do MFV atual e suas oportunidades de melhorias também serviram como embasamento para o desenvolvimento do *layout* futuro.

A Figura 18 apresenta o desenho do *layout* futuro e o seu diagrama de espaguete.

Foram feitas 20 propostas de *layout* futuro. As propostas foram avaliadas quanto à distância percorrida ao longo do fluxo de produção, pela sua facilidade de expansão, pela área ocupada pelo setor de produção e pela avaliação da equipe quanto ao nível de dificuldade de implantação.

A principal alteração do projeto do *layout* futuro em relação ao *layout* inicial foi a alteração do *layout* funcional para um *layout* celular no setor de costura. Todas as máquinas

de corte seguiriam à esquerda, sendo esta a primeira etapa do processo. As costuras de acessórios não fariam parte das células de costura porque o seu tempo de operação era bastante menor em relação aos outros processos da célula, o que criaria um desbalanceamento e resultaria na formação de estoque dentro das células, e também porque a quantidade de acessórios e o tipo de suas costuras variavam bastante dependendo da solicitação técnica de cada cliente. Por isso, optou-se por deixar as máquinas de costura de acessório serem um recurso compartilhado entre todas as células, uma vez que apesar de sua produção depender da demanda do cliente, este processo possuía capacidade para atender aos processos seguintes.

Neste *layout* celular os processos seriam posicionados de acordo com a sequência das operações para se produzir o *big bag*. Desta forma, praticamente não se teria mais a necessidade de transporte de materiais no setor de costura, com um operador empurrando o material para o operador seguinte devido à proximidade entre estes.

O projeto do *layout* futuro também visou deixar o fluxo de materiais mais simples, tendo um caminho mais compreensível sendo, portanto, mais fácil de gerir. Desta forma o fluxo de materiais seria basicamente da esquerda para a direita, com a produção das células sendo transportadas sempre no corredor central. Assim, seria mais fácil identificar os materiais no ambiente de produção.

Na situação anterior, a doca de expedição estava obstruída por estoque em processo e algumas máquinas também estavam colocadas bem próximas ao seu acesso, dificultando assim o seu uso. No projeto do *layout* futuro planejou-se a utilização da doca de expedição, com uma área de *picking* à sua frente, para que a próxima carga a ser expedida pudesse ser separada e organizada com antecedência, ganhando mais agilidade no processo de expedição.

Figura 18: *Layout* futuro e diagrama de espaguete
 Fonte: Elaborada pelo autor, 2015.

O diagrama de espaguete ilustrado na Figura 18 apresenta o fluxo do material de forma simplificada para se entender o fluxo futuro planejado. A distância percorrida pelos materiais, sendo a somatória das distâncias percorridas pelas partes, assim como foi calculada a distância na situação inicial, passaria de 1.215 metros para 645 metros, alcançando uma redução de 47%.

O desenvolvimento das células de costura passou primeiro por uma análise do balanceamento das operações.

A Figura 19 apresenta o balanceamento das operações dos processos que passariam a compor as células de costura. O balanceamento ilustrado é referente à uma célula de costura.

Figura 19: Balanceamento das operações de uma célula

Fonte: Elaborada pelo autor, 2015.

Nesta figura estão representados os tempos de ciclo das operações que comporiam as células de costura. A alça seria o único processo a ter mais de um operador, tendo dois operadores por célula, sendo, portanto, o seu TC igual a 68,2 segundos (tempo da operação: 136,4 segundos dividido por 2, que seria a quantidade de operadores). Por terem somente um operador, os demais processos teriam o seu TC igual ao *lead time* do processo.

A decisão por tais processos para compor as células de costura foi feita devido à proximidade dos seus tempos de ciclo, por serem processos subsequentes, por não terem *setups* elevados, e por não ter nenhum fator que os restringia de estarem posicionados uns próximos ao outro. Os outros processos, por terem um *lead time* mais baixo, seriam recursos compartilhados, ou seja, executariam processos para mais de uma célula de costura.

O TC da célula de costura seria ditado por seu processo gargalo, ou seja, o processo de costura das alças ditaria o ritmo de produção da célula de costura.

Ao ser feita a análise para a decisão por quais processos compor a célula, foi analisado também qual seria a produtividade destas células. Tal análise foi importante para decidir que dois operadores executando a costura das alças seria suficiente para atender à demanda da empresa por mais que o seu TC fosse elevado em relação aos outros processos. Com 12 células sendo implantadas, e com o TC das células sendo de 68,2 segundos, seria possível produzir aproximadamente 50 *big bags* por hora em cada célula. Com 12 células de costuras sendo implantadas, as células teriam capacidade para produzir o equivalente à 600 *big bags* por hora.

Como é possível identificar na Figura 17 que mostra o MFV da Situação Futura, o *takt time* do processo é de 10,3 segundos por *big bag*. Com o TC de cada célula sendo de 68,2 segundos, seriam necessárias 6,2 células para se atender ao *takt time* do processo (TC: 68,2s dividido pelo *takt time* do processo: 10,3s). A empresa teria, portanto, uma capacidade instalada de 12 células que, de acordo com as projeções comerciais da empresa, seria suficiente para atender um crescimento de demanda previsto para o médio prazo, mas após a implantação, iniciaria as operações com a utilização de somente 7 células, suficientes para se atender ao *takt time* atual.

A Figura 20 apresenta o balanceamento das operações das células referente à capacidade que seria utilizada inicialmente para se atender ao *takt time* atual, à capacidade instalada e também o *takt time* atual do processo.

Figura 20: TC das células e *takt time* do processo

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Com os processos que comporiam a célula de costura definidos e o balanceamento considerado satisfatório para as necessidades da empresa executado, foi necessário detalhar como a célula de costura seria montada.

A Figura 21 apresenta o projeto da célula de costura.

Figura 21: Projeto da célula de costura

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Conforme é possível observar na Figura 21, o processo das células de costura se iniciariam com o casamento dos tampões. Tais tampões seriam colocados na mesa do costureiro que faria as costuras dos insumos nos tampões. Após a costura dos insumos, o costureiro empurraria os tampões para o costureiro do fechamento inferior. Com o fechamento inferior realizado, o costureiro empurraria o material para os dois costureiros responsáveis pela costura das alças do *big bag*.

Após a costura das alças, haveria um operador responsável por verificar as costuras realizadas na célula até então para, caso houvesse a necessidade de refazer ou consertar alguma costura, esta seria refeita antes da colocação do *liner* do *big bag* e do seu fechamento superior.

Há uma separação física após as costuras das alças, pois, em alguns *big bags* é necessário a colocação do *liner* em seu interior. O suporte de colocação do *liner* seria compartilhado entre duas células. Tal tipo de *big bag* representou 4% da demanda de *big bags*

no ano anterior ao da realização do projeto conforme apresentado na decisão das famílias de produtos.

Após a costura das alças, ou a eventual colocação do *liner*, o material seria então passado para o costureiro responsável pelo fechamento superior do *big bag*. A dobragem dos *big bags* seria feita por um operador que utilizaria a mesma mesa utilizada pelo costureiro do fechamento superior como apoio, encerrando as operações na célula de costura.

Com a decisão pela melhor proposta de *layout* futuro feita, um pequeno teste de análise da viabilidade de um *layout* celular no processo de costura foi feito. Três máquinas que executavam processos subsequentes foram aproximadas de forma simples, não respeitando exatamente ao projeto do *layout* futuro. Foi observado por cerca de 1 hora os costureiros realizando a sua parte do processo e então transmitindo a parte costurada diretamente ao costureiro responsável pelo processo seguinte.

Após o fim do teste foi avaliado que o *layout* celular seria viável para este processo. Após esta análise, as máquinas foram retornadas às suas posições iniciais.

4.5 Implantação da situação futura

Esta seção detalhará a execução das implantações de cada melhoria planejada e discutida na seção anterior. Também serão discutidos os benefícios apresentados após a implantação de cada melhoria em relação a situação inicial.

4.5.1 Implantação de sistema puxado para a reposição de acessórios cortados

Conforme explicado acima, a definição de quais processos comporiam as células de costura envolveu também o tempo de operação dos processos. Pelo fato de o processo de corte de acessórios e também o de costura de acessórios terem os seus tempos de operação bastante inferior ao tempo das operações das outras costuras, não seria necessário que estes processos fizessem parte das células, pois a capacidade destes processos é bastante superior a capacidade de produção de uma célula de costura.

Portanto, não seria viável, e nem necessário, se ter máquinas de corte e costura de acessórios dedicadas especificamente para uma célula de costura sendo que a capacidade das máquinas atuais atenderia toda a necessidade das 12 células de costura.

Como estes processos não fariam parte de células e, portanto, não seriam conectados via fluxo contínuo, surgiu a necessidade de se ter um estoque entre tais processos. Para que este estoque fosse controlado e dimensionado na quantidade necessária foi implantado um sistema puxado que passou a conectar tais processos.

Ao ser iniciado o dimensionamento para a implantação do sistema puxado foi feita também uma padronização de algumas variedades de acessórios para que esta parte do fluxo se tornasse mais fácil de ser gerenciada.

Os materiais cortados no processo de corte de acessórios são as alças e os cadarços do *big bag*. As alças possuíam 13 tipos de matérias-primas combinando para 38 tipos de alça, variando principalmente no seu comprimento e a “área útil” da alça, a parte que ficaria acima do limite superior do *big bag* sendo usada para o seu manuseio. Os cadarços possuíam 4 tipos de matérias-primas sendo possível se ter 20 diferentes de tipos de cadarço.

Para a implantação, foi analisado o motivo de se ter uma grande variação de acessórios e se tais variações seriam impostas pelos clientes. Foi informado pela empresa que a quantidade de combinações possíveis dos acessórios, que apesar de ter poucos tipos de matérias-primas variavam bastante no comprimento a ser cortado, foi crescendo ao longo do tempo com o pedido por parte de clientes por um tamanho diferente de acessório e a aceitação por parte da empresa, sem nem mesmo tentar propor ao cliente a aceitação por um tamanho de cadarço ou alça já existente e próximo ao solicitado.

Com a conscientização da empresa de que seria mais fácil gerir uma variação menor de tipos de componentes, foi feito um trabalho para identificar quais seriam os tamanhos de acessórios realmente primordiais para os clientes, e aqueles que poderiam ser adequados para algum outro tamanho aproximado.

Ao final da análise decidiu-se manter 32 das 38 variações de alças. O comprimento das alças dos *big bags* dependia bastante de como o *big bag* seria utilizado pelo cliente e principalmente do tipo de maquinário que cada cliente possui para manusear os *big bags* pelas alças, tornando mais difícil a padronização de alguns tamanhos, não sendo possível, portanto, eliminar muitas variedades de produtos. Porém, 5 tipos de alça representavam cerca de 80% da demanda.

Para os cadarços foram mantidos 8 dos 20 tipos de variações existentes anteriormente. Com o cadarço foi possível implantar uma padronização maior por este não ser um elemento determinante para a utilização do *big bag*. 4 dos 20 tipos de cadarços representavam cerca de 80% da demanda.

Foi decidido que os 5 principais tipos de alça e os 4 tipos de cadarços mais frequentes na produção teriam sua produção controlada por meio de um quadro *kanban*. Este quadro cobriria, portanto, cerca de 80% da demanda por acessórios cortados. Os outros 20%, sendo considerados exceções e com baixa frequência de produção, seriam produzidos mediante a emissão de ordens de produção por parte do PCP.

As alças seriam armazenadas em “gaiolas” de 1 m² e os cadarços em caixas plásticas de 0,35 por 0,50 centímetros. Ambas as embalagens já eram utilizadas pela empresa para o armazenamento de tais produtos. Estas embalagens serviriam como um limite para a quantidade a ser produzida. Portanto, os costureiros do processo de costura de acessórios continuariam a ser abastecidos por acessórios presentes nas embalagens. Porém após a implantação do sistema puxado, a lógica FIFO passou a ser considerada, sempre com os costureiros sendo abastecidos com produtos de determinada embalagem até esta ser finalizada.

Cada embalagem passou a representar 1 cartão do quadro *kanban*, portanto, após a finalização da embalagem, o cartão presente nesta caixa seria colocado no quadro *kanban* alertando o operador do corte de acessórios sobre a finalização de uma embalagem de produtos. O operador do corte de acessórios passou a só cortar acessórios quando via a necessidade por meio do quadro *kanban* e a cortar somente a quantidade necessária e possível de ser armazenada nas embalagens.

A Figura 22 traz a imagem de uma embalagem de cadarços e o seu respectivo cartão *kanban*.

Figura 22: Ilustração de embalagem e cartão *kanban*

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

O cartão *kanban* traz a informação da identificação do tipo de cadarço, onde tal produto é produzido, o seu local e embalagem de armazenagem, e também o comprimento do cadarço.

Tal sistema daria sustentação ao fluxo contínuo que ocorreria nas células de costura pois, diferentemente do que ocorre no sistema empurrado, com o sistema puxado são baixas as chances de que as células ficassem sem material para operar pois se torna mais fácil para

identificar a necessidade de se produzir acessórios do tipo requerido e no momento necessário.

A implantação do sistema puxado nesta parte do processo foi realizada por meio de um Evento *Kaizen* com duração de 3 dias que contou com as seguintes atividades:

1. No primeiro dia foi realizado a abertura do Evento *Kaizen* para explicar quais atividades seriam realizadas durante os 3 dias de implantações. A abertura do EK contou com a participação do Gerente Geral da Fábrica, dos supervisores da produção, da equipe de consultoria, e também dos operadores que haviam sido escolhidos para comporem a equipe do EK. Tais operadores receberam coletes para que todos soubessem que nos próximos dias eles estariam executando, exclusivamente, as mudanças planejadas e não estariam à disposição para executar os processos operacionais. No primeiro dia também foi iniciada a organização do quadro *kanban* e a confecção dos cartões *kanban*;
2. No segundo dia foi feita a instalação do quadro *kanban* e seus respectivos cartões. O estoque de acessórios cortados, que anteriormente ao evento já havia sido reduzido para facilitar sua organização, também foi organizado e posicionado nas suas respectivas embalagens;
3. No terceiro e último dia foram realizados treinamentos com os operadores e supervisores dos processos impactados pela mudança. Após o fim dos treinamentos foi feito um evento de encerramento do EK para celebrar as mudanças realizadas e agradecer os esforços feitos por toda a equipe do EK.

As seguintes vantagens foram observadas com o funcionamento do sistema puxado:

- Maior controle sobre os acessórios cortados;
- Fácil visibilidade da necessidade de componentes do próximo processo por meio do quadro *kanban*;
- Maior controle e velocidade de resposta no processo devido à baixa necessidade de programação por parte do PCP;
- Operador do corte de acessórios se tornou autônomo na maior parte do processo, com baixa necessidade de receber informações por parte do PCP;
- Devido ao limite de embalagens e cartões *kanban* passou a se ter a produção da quantidade necessária de acessórios cortados sem gerar superprodução.

4.5.2 Implantação da área de consolidação de *kits* de costura

Com o planejamento do funcionamento das células de costura, seria necessário também que fosse melhorado a forma de abastecimento de materiais para as células para evitar que estas parassem de operar devido à falta de material nos processos ou mesmo somente em um dos processos, o que poderia causar a interrupção do processo de toda a célula.

Como as células contariam com o casamento de tampões e quatro processos de costura, diversos componentes seriam necessários para a operação das células. Para o casamento dos tampões seria necessário abastecer os tampões superiores e inferiores do *big bag* e os acessórios que compõem cada tampão. O fechamento inferior teria que ser abastecido com o corpo do *big bag* para costurar o tampão inferior a esta parte e os operadores da costura das alças teriam que ter as alças em mão para costurá-las no *big bag*.

Seria de extrema importância que todos os processos fossem abastecidos de forma sincronizada e com uma quantidade de componentes que fosse possível produzir a mesma quantidade de produtos. Este fator reduziria o risco de alguns processos terem os componentes necessários para costurar o *big bag* e um dos processos não ter o componente necessário. Por exemplo, caso todos os processos tivessem os seus respectivos componentes, mas no processo de fechamento inferior o operador ficasse sem o tampão inferior *big bag*, todos os processos posteriores a este processo parariam, incluindo o próprio processo de fechamento inferior, contribuindo para uma perda de eficiência da célula pois os seus recursos estariam disponíveis, mas não teriam como operar até que o tampão inferior do *big bag* voltasse a ser fornecido ao processo de fechamento inferior e o produto pudesse fluir novamente.

Para atacar esse potencial problema foi implantado uma área de consolidação dos *kits* de costura. Todos os materiais cortados, os acessórios, tampões e corpos dos *big bags*, e também os materiais vindos da costura de acessórios e do processo de impressão, seriam levados a esta área. Os operadores desta área passaram a ser responsáveis por organizar os componentes em *kits* que seriam transportados para as células por meio de *pallets*.

O processo de abastecimento que anteriormente era feito de forma separada para cada costureiro passou a ser feito, portanto, por *kits* para toda a célula de costura. Os *kits* de costura passaram a ser compostos por componentes suficiente para a produção de 100 *big bags*. Com cada célula tendo a capacidade de produzir em torno de 50 *big bags* por hora, cada *kit* seria o suficiente para a produção de 2 horas nas células de costura.

A área de *kits* de costura passou também a servir como um sistema puxado, conectando as células de costura com os processos anteriores de costura de acessórios, corte e impressão. Os operadores da área de *kit* e os supervisores conseguiam observar a necessidade por materiais cortados e acessórios costurados somente indo a área de *kit* e vendo o nível de estoque de tais materiais, avaliando a necessidade do que processar nos processos anteriores com base na quantidade presente na área de consolidação dos componentes e também com base na quantidade de *kits* já formados, tendo uma visão de quanto tempo os materiais já consolidados em *kits* durariam nas células de costura para avaliar se alguma ação seria necessária, como uma reprogramação ou priorização na área de corte, por exemplo, antes que um eventual problema afetasse as células de costura.

Esta área de consolidação daria sustentação ao fluxo contínuo presente nas células de costura garantindo que os componentes seriam abastecidos no momento requerido e na quantidade adequada, com menor risco de o fluxo ser interrompido devido à falta de componentes, não sincronização entre o fluxo contínuo e os processos anteriores e também devido ao abastecimento da quantidade incorreta de componentes em cada processo das células.

A implantação da área de consolidação dos *kits* de costura foi feita juntamente com o *andon* e as células de costura durante o mesmo Evento *Kaizen* que será detalhado ao ser relatada a implantação das células de costura.

As vantagens observadas após a implantação da área de consolidação dos *kits* de costura foram:

- Menor frequência de transporte de materiais para as costuras;
- Os abastecedores das células de costura passaram a ser autônomos, pois abasteciam as células de costura com os *kits* que já estavam completos quando as células acusavam a necessidade de receber mais componentes;
- Maior controle do estoque de materiais cortados e acessórios costurados;
- Maior facilidade de gerenciamento por parte dos supervisores que passaram a planejar a programação dos processos de corte tendo como base também a quantidade de componentes presentes na área de consolidação de *kits*;
- Resposta mais ágil à necessidade de reprogramação do processo de corte, identificada por meio da quantidade de componentes presentes na área de consolidação de *kits*;

- Maior sincronização entre as células de costura e os processos anteriores, sendo possível identificar se haverá falta de componentes para as células de costura com antecedência podendo executar ações antes que o problema ocorra.

4.5.3 Implantação de comunicação visual e *andon*

Para se ter uma comunicação entre a célula de costura e os processos anteriores e supervisores e tomadas de ações mais ágeis, foram implantadas luzes de comunicação visual. Sob cada célula de costura foi instalada uma placa com a numeração da célula e também 3 luzes junto a esta placa.

Foram instaladas três luzes, uma na cor verde, uma na cor amarela e uma na cor vermelha. Para o funcionamento no ambiente da empresa algumas adaptações foram feitas no significado das luzes em relação aos significados tradicionais relatados no Capítulo 2:

- Luz verde: seria acionada pelos operadores das células quando os componentes fornecidos estivessem acabando. Esta luz seria acompanhada pelos operadores da área de consolidação de *kits* de costura. Sempre que a luz verde de determinada célula fosse acesa, os abastecedores levariam um *kit* de costura à célula;
- Luz amarela: no ambiente operacional da empresa haviam supervisores responsáveis por inspecionar a qualidade dos *big bags* produzidos. Tais supervisores ficavam andando pelo chão de fábrica fazendo inspeções aleatórias. Sempre que os operadores de determinada célula estivessem em dúvida se a qualidade do *big bag* produzido estava de acordo com a qualidade requerida, estes acenderiam a luz amarela e os supervisores iriam às células para aprovar o produto ou solicitar o retrabalho caso fosse necessário;
- Luz vermelha: esta luz seria acionada sempre que determinada célula não estivesse produzindo devido à algum problema que poderia ser devido à quebra de alguma máquina em algum dos processos ou então devido à algum problema com o abastecimento de componentes. Esta luz seria acompanhada pelos supervisores de produção que teriam que oferecer o suporte à célula e tomar ações da forma mais rápida possível.

Anteriormente, com o *layout* funcional, e diversos operadores para se dar suporte, havia-se uma dificuldade para identificar a necessidade de ações e se dar o suporte necessário para cada operador de forma individual. Com isso perdia-se eficiência devido ao tempo necessário até que se fosse identificado a necessidade de se tomar alguma ação devido à algum eventual problema, ou mesmo quando determinado operador ficasse sem componentes necessários para produzir.

A comunicação visual daria suporte para que o fluxo contínuo não fosse interrompido, caso da luz verde, que sinalizaria a necessidade de abastecimento antes que a célula parasse devido à falta de componentes. Ou, caso o fluxo contínuo das células fosse interrompido, o *andon*, representado pela luz vermelha, alertaria de forma rápida a necessidade da tomada de alguma ação, permitindo ao fluxo voltar a fluir de forma mais rápida.

As seguintes vantagens foram observadas após a implantação da comunicação visual e *andon*:

- Mais fácil para os supervisores identificarem os problemas quando estes ocorrem;
- Tomada de ação mais rápida, liberando o fluxo para fluir novamente de forma mais rápida quando um problema é identificado;
- Menor perda de eficiência quando um problema ocorre devido às ações tomadas de forma mais rápida.

A implantação da comunicação visual e *andon* foi feita juntamente com a área de consolidação de kits de costura e das células de costura.

4.5.4 Implantação das células de costura

Para se permitir que os componentes fluíssem por meio de um fluxo contínuo de materiais durante os processos de costura, foram implantadas 12 células de costura.

Por envolver mudança de *layout* e necessidade de alteração de algumas instalações elétricas, a implantação das células de costura foi feita por meio de um Evento *Kaizen* que teve a duração de 8 dias e foi executada durante um período de recesso na produção que ocorre todos os anos na empresa.

Antes do recesso e da realização do EK foram realizadas apresentações para todos os funcionários da empresa apresentando-os o novo *layout* e explicando os potenciais benefícios em relação à situação inicial.

As atividades realizadas durante o EK, que além das células de costura serviu também para implantar a área de consolidação de *kits* de costura e da comunicação visual e *andon*, foram as seguintes:

1. Após a abertura do EK realizada no primeiro dia, foi iniciada a desinstalação elétrica das máquinas, atividade que durou todo o dia;
2. No segundo dia foi iniciada a movimentação das máquinas de costura para o lado de fora do galpão, pois desta maneira seria mais fácil para reposicioná-las;
3. Ao final do terceiro dia todas as máquinas haviam sido movidas para o lado de fora do galpão. Uma limpeza também foi executada no galpão;
4. No quarto dia foi iniciado o reposicionamento das máquinas no balcão, colocando-as em seus respectivos locais de acordo com o *layout* projetado;
5. No quinto dia foi finalizado o reposicionamento das máquinas de costura. Neste mesmo dia foi possível iniciar as instalações elétricas das máquinas e também a demarcação das áreas do novo *layout* com fitas de demarcação, como por exemplo, dos corredores e da área de consolidação dos *kits* de costura;
6. No sexto dia continuou-se as instalações elétricas das máquinas, e foi finalizada a demarcação de todas as áreas;
7. No sétimo dia foram finalizadas as instalações elétricas das máquinas e também foram instaladas as luzes de comunicação visual e *andon* sob cada célula. Neste mesmo dia também foi finalizada a organização da área de consolidação dos *kits* de costura;
8. No último dia do EK foram convidados alguns funcionários escolhidos pelos supervisores para que fosse possível realizar testes no processo da célula de costura. Após a sessão de testes foi feito o encerramento do EK para celebrar as mudanças e os esforços realizados e também para receber o *feedback* dos funcionários sobre o funcionamento das células.

O teste realizado pelos funcionários no último dia do EK se mostrou satisfatório, inclusive com os funcionários dando um *feedback* positivo para o novo *layout*. Esta atividade se mostrou uma atividade chave para o funcionamento do novo *layout* pois os funcionários convocados pelos supervisores eram considerados funcionários experientes e com capacidade de exercerem influência para a aceitação da situação implantada.

O fato de alguns funcionários também já saberem como as células e o fluxo dos materiais funcionaria dentro das células facilitou para os outros operadores entenderem o funcionamento do *layout* celular. Com o reinício da produção, os demais operadores assistiram durante alguns minutos os operadores que participaram dos testes das células trabalhando para ficar claro como seria o funcionamento das células de costura e tirar todas as dúvidas.

Ao iniciar a produção com as células de costura, a nova forma de bonificação proposta bonificando o *big bag* dobrado ao final das células ao invés de somente suas partes, já estava em vigor. Com isso notou-se uma preocupação dos funcionários em finalizar os componentes sendo processados da forma mais rápida possível. Os operadores das células também passaram a evitar a produção de partes que eventualmente não seriam possíveis de serem finalizadas devido a algum eventual problema.

As vantagens observadas com o funcionamento do novo *layout* foram:

- Fluxo contínuo nos processos de costura;
- Aumento de produtividade por costureiro (tal item será discutido ao serem relatados os resultados do estudo de caso);
- Redução do *lead time* do processo de costura pois o material fluía sem interrupções;
- Redução de estoques intermediários;
- Redução com a perda de transporte de materiais pois os produtos em processo eram transmitidos diretamente de um operador ao próximo, sem a necessidade de alguém transportá-lo;
- Maior flexibilidade do processo devido a uma maior facilidade para, caso fosse necessário, reprogramar o processo, pois se teria menos material sendo processado;
- Gerenciamento mais fácil do processo de costura, sendo possível identificar os problemas e as oportunidades de melhoria de forma mais rápida devido à uma eventual interrupção do fluxo;
- Fluxo mais simples devido à separação de corredores para abastecimento das células e para o fluxo de *big bags* já costurados;
- Senso de urgência na resolução de problemas devido a conexão e interdependência dos processos de uma célula.

4.5.5 Implantação de balanceamento e trabalho padronizado

O balanceamento das atividades foi executado no setor de costura durante o *design* das células de costura, conforme ilustrado na Figura 21, e explicado anteriormente no relato de como foi desenvolvida a célula de costura. Juntamente com o balanceamento definiu-se um padrão de trabalho, ilustrado também na Figura 21, definindo o fluxo de materiais a ser executado dentro de cada célula de costura.

Após o início do funcionamento do novo *layout*, passou a se ter um acúmulo de estoque de produtos a serem prensados. Portanto, no fluxo, o estoque estava localizado entre as células de costura e a prensagem dos *big bags*. Isto ocorreu devido à um aumento de produtividade constatado com o início do funcionamento do *layout* celular na costura e das demais implantações. O setor de prensas não acompanhou este aumento de produtividade. Durante os primeiros dias foi necessário adicionar um turno de trabalho ao setor de prensas para que fosse possível finalizar o acúmulo de estoque produzido no dia, antes do início da produção do dia seguinte.

Por mais que um aumento de eficiência estivesse sido alcançado no processo de costura com as implantações executadas até então, esta eficiência estava sendo perdida ao se ter acúmulo de *big bags* antes das prensas, pois o material fluía por um fluxo contínuo nas células de costura e havia o sistema puxado conectando o fluxo contínuo com os processos anteriores mas após o fluxo contínuo o material estava parando e havia uma espera para este material ser processado pelo setor de prensas, o que estava inviabilizando uma redução maior no *lead time* total da produção.

Como as prensas passaram a representar um gargalo para a produção dos *big bags*, após o EK de implantação do fluxo contínuo foi feita uma análise sobre os processos executados no setor de prensas. O setor contava com 3 prensas e um operador para cada prensa. Cada operador era responsável por operar uma prensa e executava as seguintes atividades:

1. Primeiro o operador era responsável por buscar os carrinhos com os *big bags* costurados ao final de cada célula;
2. Com os *big bags* à disposição, os operadores prensavam os *big bags* em lotes que variavam em torno de 150 a 200 *big bags* por *pallet*;
3. Após a prensagem de um *pallet*, o mesmo operador era responsável por embalar o *pallet* prensado com um plástico;

4. Com o *pallet* prensado e embalado, o operador era responsável por estocar este *pallet* no local adequado.

Identificou-se que pelo fato de os operadores das prensas serem responsáveis por executar as funções que abrangiam desde pegar os carrinhos de *big bags* ao final das células até a estocagem do *pallet*, durante grande parte do tempo as prensas não estavam sendo operadas, pois os operadores estavam executando outras atividades como movimentando os carrinhos de *big bags* costurados e os *pallets* embalados, ou envelopando os *pallets* ao invés de realmente estarem prensando os *big bags*.

A produção do setor de prensas era apontada a cada hora por um funcionário do setor de PCP. Era perguntado para cada um dos três funcionários quantos *pallets* haviam sido prensados na hora anterior e este número alimentava uma planilha. Em algumas horas alguns funcionários, afirmavam que não haviam prensado nenhum *pallet* por estarem focando em alguma atividade específica como, por exemplo, envelopar os *pallets*.

Pela análise dos dados lançados à planilha, identificou-se que em 64% das horas de trabalho os funcionários estavam executando outra operação que não fosse prensar os *big bags*. Portanto, a prensa era utilizada pelos funcionários durante 64% do tempo, ficando inativa por 36% do tempo apesar de se ter um acúmulo de *big bags* a serem prensados.

Na prática, portanto, os operadores trabalhavam em lotes, primeiro focando exclusivamente em buscar os carrinhos e prensar os *big bags* e, quando havia muito acúmulo, pelo menos um dos três operadores focava exclusivamente em envelopá-los e estocá-los enquanto os outros dois funcionários continuavam buscando os carrinhos de *big bags* e prensando-os.

Foi elaborado um novo balanceamento das atividades dos operadores e ficou definido que:

1. Os três operadores que operavam as prensas seriam responsáveis somente pela atividade de prensar os *big bags*;
2. Um operador seria adicionado para buscar os carrinhos de *big bags* ao final das células e transportá-los para o setor de prensas;
3. Um outro operador seria adicionado para envelopar os *pallets* prensados pelos três operadores das prensas e estocá-los.

O Quadro 4 apresenta a comparação das atividades dos operadores inicialmente e após a implantação do novo balanceamento das atividades.

Quadro 4: Balanceamento das atividades no setor de prensas

Funcionário	Atividades anteriores	Divisão de atividades implantada
Operador da prensa	Transportar carrinho Prensar <i>big bags</i> Envelopar <i>pallets</i> Estocar <i>pallets</i>	Prensar <i>big bags</i>
Abastecedor do setor de prensas	-	Transportar carrinho
Embalador de <i>pallets</i>	-	Embalar <i>pallets</i> Estocar <i>pallets</i>

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Dois funcionários foram incorporados ao setor para executarem as funções de suporte aos operadores das prensas. Com o funcionamento do novo padrão de trabalho implantado, as prensas passaram a ser utilizadas durante 100% do tempo de produção.

O material que fluía por fluxo contínuo nas células de costura agora estava apto a fluir continuamente até ser estocado como produto final em *pallets*.

As mudanças realizadas foram implantadas durante um Evento *Kaizen* que teve a duração de três dias e contou com as seguintes atividades:

1. O EK iniciou-se durante o final de semana para ser possível reorganizar o setor de prensas enquanto a produção no setor de costuras não estava ocorrendo. No primeiro dia o foco das atividades foi em finalizar o estoque situado antes do setor de prensas;
2. Durante o segundo dia os novos funcionários foram treinados para executarem suas respectivas funções;
3. No último dia foi feito o encerramento do EK para celebrar com a equipe as implantações realizadas. Foi feita também uma apresentação para os funcionários do setor de prensas para explicar o motivo das mudanças e como o setor passaria a funcionar.

As seguintes vantagens foram observadas após o balanceamento e padronização das atividades realizadas no setor de prensas:

- Aumento da capacidade de produção no setor de prensas;
- O setor de prensas passou a igualar a quantidade produzida nas células de costura;
- Melhor utilização das prensas;

- Normalização da quantidade de turnos de produção no setor de prensas com a redução de um turno;
- Redução de estoque intermediário entre as células de costura e as prensas;
- Redução do *lead time* de produção.

4.5.6 Implantação de quadros de gestão visual

Para facilitar o compartilhamento de informações entre os supervisores e os operadores e para auxiliar os supervisores a identificarem oportunidades de melhorias de forma mais fácil, foram implantados quadros de gestão visual no setor de corte, na área de consolidação dos *kits* de costura, nas células de costuras e também no setor de prensas.

Os quadros implantados foram quadros brancos, para ser possível o seu preenchimento e alteração de informação de forma fácil, algum deles com porta-papéis A4.

No setor de corte, o quadro de gestão visual implantado possuía:

- As Ordens de Produção que estavam sendo processadas e a quantidade de *big bags* de cada pedido. Esta informação era preenchida pelo PCP;
- Uma lista com todos os componentes a serem cortados e suas respectivas quantidades para que fosse completada a ordem de produção. Esta informação também era preenchida pelo PCP;
- A quantidade de componentes já cortados e enviados à área de consolidação. Esta informação era atualizada pelos operadores das máquinas de corte;
- Quantidade de componentes a serem cortados, sendo representado pelo saldo entre a quantidade requerida pela Ordem de Produção e a quantidade já cortada e enviada à área de consolidação de *kits* de costura;
- Uma folha contendo uma ata de reunião com tópicos a serem abordados em reuniões semanais entre os operadores do processo e seus supervisores;
- Uma folha com os planos de ações que seriam realizados para atacar os problemas apontados com maior frequência no apontamento de ocorrências. Esta folha era de responsabilidade da supervisora de produção.

O quadro da área de consolidação dos kits de costura contava as seguintes informações:

- As Ordens de Produção que estavam sendo processadas e a quantidade de *big bags* de cada pedido. Esta informação era preenchida pelo PCP;

- Uma lista com todos os componentes a serem cortados e suas respectivas quantidades para que fosse completada a ordem de produção. Esta informação também era preenchida pelo PCP;
- Quantidade de cada componente já enviado pelo setor de corte e que ainda não estava em *kits*. Esta informação era preenchida pelos operadores da área de *kits*;
- Quantidade de produtos já consolidados em *kits*. Esta informação era preenchida pelos operadores da área de *kits*;
- Quantidade de componentes que já haviam sido enviados às células. Esta informação era preenchida pelos operadores da área de *kits*;
- Saldo da quantidade de componentes a ser recebido pelo setor de corte e enviado às células de costura. Esta informação era preenchida pelos operadores da área de *kits*;
- Uma folha contendo uma ata de reunião com tópicos a serem abordados em reuniões semanais entre os operadores do processo e seus supervisores
- Uma folha com os planos de ações que seriam realizados para atacar os problemas apontados com maior frequência no apontamento de ocorrências. Esta folha era de responsabilidade da supervisora de produção.

Os quadros de gestão visual das células de costura contavam com as seguintes informações:

- Identificação do *big bag* a ser produzido na célula. Informação preenchida pelo PCP;
- Quantidade programada de produção a cada hora do dia atual. Informação preenchida pelo PCP;
- Quantidade produzida a cada hora do dia atual pela célula. Informação preenchida pelos operadores das células;
- Uma folha com a quantidade total produzida a cada dia pela célula no mês atual. Informação preenchida pelo supervisor do setor de costura;
- Uma folha com a quantidade total produzida a cada mês pela célula. Informação preenchida pelo supervisor do setor de costura;
- Uma folha para o apontamento de ocorrências a ser preenchida sempre que a célula tiver sua produção interrompida. Esta informação era preenchida pelos operadores das células;

- Uma folha contendo uma ata de reunião com tópicos a serem abordados em reuniões semanais entre os operadores do processo e seus supervisores;
- Uma folha com os planos de ações que seriam realizados para atacar os problemas apontados com maior frequência no apontamento de ocorrências. Esta folha era de responsabilidade da supervisora de produção;
- Uma folha com um *checklist* de sustentabilidade da situação implantada (tal *checklist* será explicado no tópico onde será abordado o controle da situação implantada). Tal folha era de responsabilidade do setor de qualidade;
- Uma folha mostrando o desempenho da célula em relação à sustentabilidade da situação implantada em relação às outras células. Esta folha era de responsabilidade do setor de qualidade;
- Uma folha mostrando as habilidades de cada funcionário da célula, com quais processos cada funcionário está apto a executar. Esta folha era de responsabilidade do setor de recursos humanos;
- Uma folha apresentando o padrão de funcionamento da célula;
- Uma folha mostrando todos os campos do quadro de gestão visual, explicando quando cada informação deve ser preenchida e mostrando o responsável por preencher cada campo.

O quadro de gestão visual do setor de prensas apresentava as seguintes informações:

- Próximos pedidos a serem expedidos, suas quantidades e as respectivas datas de expedição. Informação preenchida pelo setor de logística;
- Quantidade já prensada em relação a cada pedido. Informação preenchida pelo apontador do PCP;
- Quantidade programada de produção a cada hora do dia atual no setor de prensas. Informação preenchida pelo supervisor do setor de prensas;
- Quantidade prensada a cada hora do dia atual pelo setor de prensas em cada prensa. Informação preenchida pelos operadores das prensas;
- Datas da última e da próxima manutenção preventiva realizada em cada prensa. Informação preenchida pelo supervisor de manutenção;
- Uma folha com a porcentagem prensada em relação à quantidade de *big bags* costurados nas células a cada dia no mês atual. Informação preenchida pelo supervisor do setor de prensas;

- Uma folha com um *checklist* de sustentabilidade da situação implantada (tal *checklist* será explicado no tópico onde será abordado o controle da situação implantada). Tal folha era de responsabilidade do setor de qualidade;
- Uma folha apresentando o padrão de trabalho do setor de prensas;
- Uma folha para o apontamento de ocorrências a ser preenchida sempre que alguma prensa tiver sua produção interrompida. Esta informação era preenchida pelos operadores das prensas;
- Uma folha contendo uma ata de reunião com tópicos a serem abordados em reuniões semanais entre os operadores do processo e seus supervisores;
- Uma folha com os planos de ações que seriam realizados para atacar os problemas apontados com maior frequência no apontamento de ocorrências. Esta folha era de responsabilidade da supervisora de produção.

Os quadros de gestão visual de cada setor foram desenvolvidos e implantados ao longo das implantações realizadas em cada setor. O principal objetivo da implantação dos quadros era ser possível para os supervisores, ou qualquer outra pessoa, conseguir entender o que estava ocorrendo em cada processo sem ter que perguntar a nenhum operador.

Para os gestores dos processos seria uma ferramenta importante pois manteria diversas informações que seriam utilizadas para embasar tomadas de decisões, e que antes eram perdidas ao longo do tempo, mesmo em um curto prazo. Com estas informações disponíveis e de fácil acesso aos supervisores seria possível identificar oportunidades de melhoria de forma mais fácil e visualizar como estava o desempenho de cada processo, se estava de acordo com a expectativa, se estava evoluindo ou se estava regredindo.

Com as informações presente nos quadros de gestão visual os gestores dos processos conseguiam executar ações rápidas para combater eventuais problemas que poderiam estar ocorrendo ao longo do fluxo visando normalizar o funcionamento do fluxo de produção.

Os quadros também passaram a servir como base para reuniões semanais que ocorriam entre os supervisores e operadores. As reuniões eram feitas ao redor de cada quadro e planejadas para durar no máximo 10 minutos. Durante as reuniões os supervisores e operadores analisavam as informações contidas no quadro para identificar oportunidades de melhorias. A ata de reunião era seguida pelo supervisor do processo e, caso necessário, a folha de plano de ação era preenchida durante a reunião.

As principais vantagens observadas com o funcionamento dos quadros de gestão visual foram:

- *Feedback* constante do desempenho dos processos permitindo tomadas de decisões rápidas e embasadas em informações disponíveis;
- Maior senso de preocupação por parte dos funcionários com o desempenho de seus processos;
- Registro de planos de ações com responsáveis e datas previstas de conclusão para resolver os problemas apontados pelos operadores.

4.6 Controle/Sustentabilidade da situação implantada

Uma das etapas que compõem o projeto relatado neste estudo de caso foi a sustentabilidade das mudanças implantadas. Esta etapa é bastante importante pois é neste momento em que se avalia se os processos estão realmente funcionando da maneira no qual foram planejados.

Para checar a sustentabilidade das mudanças implantadas foram elaboradas folhas de *checklist* com itens que permitiam avaliar se as implantações estavam sendo sustentadas, ou seja, avaliar se após a implantação o processo não estava regredindo à situação inicial.

Para cada implantação relatada foi desenvolvida uma folha de *checklist* com itens referentes às mudanças realizadas. Um funcionário do setor de qualidade era o responsável por aplicar cada *checklist* com uma frequência semanal.

A cada aplicação de *checklist*, era gerado uma porcentagem de itens conformes. Esta porcentagem alimentava uma planilha e resultava nas folhas de comparações do desempenho dos *checklists* entre os setores e cada célula de costura.

Esta ferramenta se mostrou bastante eficaz pois permitia aos gestores dos processos analisarem exatamente em quais pontos e em quais processos eram necessárias ações. Esta ação poderia ser, por exemplo, reforçar o treinamento à alguns operadores para que o novo padrão estabelecido pudesse ser executado.

Seria possível identificar também oportunidades de melhorias por meio dos *checklists* de algumas maneiras. Primeiramente, caso determinado item estivesse tendo resultados não conformes por semanas consecutivas, provavelmente seria necessário que os supervisores executassem alguma ação.

Outra maneira de melhorar o processo por meio da aplicação do *checklist*, seria, por exemplo, caso determinado operador estivesse executando determinada atividade fora do padrão, e se ficasse provado que desta maneira seria mais eficiente do que a maneira na qual o processo foi planejado, seria possível se alterar o padrão e replicar o novo padrão para os demais processos.

Em resumo, com o padrão sendo conhecido e expostos para todos, ficou mais fácil entender qual a forma correta de executar os processos e identificar oportunidades de melhorias em cima deste padrão estabelecido.

As folhas de comparação de desempenho dos *checklists* de sustentabilidade dentre as células de costura também criaram um maior senso de preocupação dos operadores das células para manter o novo padrão estabelecido.

Apesar de durante o projeto nenhuma iniciativa como esta ter sido implantada, era intenção da empresa futuramente agregar alguma bonificação financeira aos operadores atrelada ao desempenho dos *checklists* de sustentabilidade dos processos.

Conforme relatado no sub tópico 4.6.6, foram implantadas também reuniões semanais entre os supervisores do processo e os membros de cada célula. O objetivo destas reuniões era, além de discutir o desempenho da célula e identificar oportunidades de melhoria, também analisar a sustentabilidade das implantações realizadas, dentre elas o fluxo contínuo, por meio de análise feita durante a reunião no chão de fábrica e também através da análise e discussão do *checklist* de sustentabilidade.

As reuniões serviam ainda como uma forma de os Supervisores da costura, juntos com a Supervisora do processo, realizarem um *Gemba Walking* semanal, checando a condição atual de funcionamento dos processos no local onde as coisas ocorrem. O Gerente Geral da Fábrica se juntava às reuniões e ao *Gemba Walking* uma vez por mês.

Portanto, as práticas utilizadas para o controle da situação implantada, ou seja, as práticas utilizadas para checar e avaliar a manutenção das implantações realizadas, seguem a linha das práticas sugeridas por Rother e Harris (2002) que sugerem a aplicação de auditorias do nível gerencial da empresa para a prevenção de retrocessos e a manutenção do processo de melhoria. No estudo de caso, tais auditorias tomaram forma por meio do *checklist* de sustentabilidade e de reuniões e *Gemba Walking* semanais entre os supervisores e os membros das células que contavam com a participação do Gerente Geral da Fábrica mensalmente.

4.7 Apresentação e análise dos resultados

Como relatado na etapa de definição de escopo do projeto, os principais objetivos traçados para o projeto foram:

- Aumento de produtividade;
- Redução do custo de transformação;
- Redução do absenteísmo;
- Redução do ciclo financeiro.

A Figura 23 traz o indicador de acompanhamento da quantidade de *big bags* produzidos por operador.

Figura 23: Produção por operador
Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

O Evento *Kaizen* de implantação das células de costura ocorreu durante uma pausa entre os meses de abril e maio. Pela análise do indicador, é possível identificar que a média de *big bags* produzidos por operador após a implantação das células de costura foi de 14,76. Isto representa uma evolução de 28% em relação à média de 2014 e de 39% em relação à média dos 4 primeiros meses de 2015, que foi de 10,62.

Foi alcançado, portanto, um aumento de produtividade, o que impactou diretamente na redução do custo de transformação do produto, pois se passou a produzir uma maior quantidade de produtos com os mesmos recursos existentes inicialmente.

A Figura 24 traz a taxa de absenteísmo dos operadores.

Figura 24: Taxa de absenteísmo
Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Após a mudança de *layout*, a média da taxa de absenteísmo dos operadores passou a ser de 3,3%, sendo 55% menor do que a média de 2014 e também do que média dos 4 primeiros meses de 2015 que, assim como em 2014, também foi de 7,4%.

Concluiu-se que esta redução da taxa de absenteísmo foi resultado de um maior comprometimento por parte dos operadores após a implantação do *layout* celular na costura. Foi identificado pelos supervisores da empresa que os operadores passaram a ter um maior senso de responsabilidade por estarem trabalhando em células, o que resultou em um maior espírito de equipe, pois o resultado do trabalho do operador passou a influenciar também o resultado do trabalho dos outros componentes da mesma célula de costura.

Os operadores de determinada célula também passaram a cobrar o comprometimento de seus integrantes, cobrando medidas por parte dos supervisores como, por exemplo, a alteração de determinado operador por outro, se este não estivesse comprometido em trabalhar nesta célula.

A quantidade de *big bags* produzidos por operador e a taxa de absenteísmo dos operadores foram os principais indicadores acompanhados ao longo do projeto. Apesar de durante o projeto não ter sido acompanhado o indicador do ciclo financeiro da empresa, a redução do ciclo financeiro foi relatada pelo setor financeiro. Esta redução era esperada como consequência da redução do estoque em processo ao longo da produção e também da redução do *lead time* de produção pois, desta maneira, o tempo entre se utilizar a matéria-prima e ter o produto disponível para venda foi reduzido.

Conforme relatado na análise do desenvolvimento do MFV proposto para a então Situação Futura, também foi atingido com as implantações a redução do LT de produção, devido em grande parte a outro resultado alcançado que foi a redução do WIP ao longo do processo, principalmente onde o fluxo contínuo foi implantado, no processo de costura.

Outros resultados alcançados foram uma redução da área ocupada pelo setor de produção, conforme relatado no desenvolvimento do *layout* implantado, redução de NAV por meio da redução de transporte de componentes, redução do tempo de espera dos operadores e redução de movimentação e ainda um aumento de flexibilidade no processo. Conforme explicado anteriormente, passou a ser possível alterar o produto sendo processado nas células de forma rápida pois com a implantação do fluxo contínuo não havia mais estoque entre os processos de costura, bastando somente a alteração do *kit* de materiais a serem processados que estavam presentes nas células.

Portanto, os resultados alcançados no estudo de caso por meio da implantação do fluxo contínuo na célula de costura e outras práticas e ferramentas que auxiliam a sustentabilidade deste fluxo foram:

- Aumento de produtividade;
- Redução de área;
- Redução de NAV;
- Redução do tempo de espera;
- Redução de transporte;
- Redução de movimentação;
- Aumento de flexibilidade;
- Redução do absenteísmo;
- Redução do WIP;
- Redução do LT de produção;
- Redução do custo de transformação;
- Redução do ciclo financeiro.

4.8 Dificuldades do projeto

A maior dificuldade encontrada durante as implantações relatadas no Capítulo 4 foi a aceitação por parte dos operadores da empresa em relação às mudanças planejadas, principalmente logo após às implantações. O apoio dos gerentes e diretores da empresa foi fundamental para a continuação das implantações.

Antes da implantação do fluxo contínuo, por meio da célula de costura, foi feito um alinhamento com todos os operadores da empresa, sendo apresentado o *layout* a ser implantado, o motivo da alteração do *layout* e os benefícios esperados. Os operadores também foram ouvidos e deram as suas opiniões em relação à mudança a ser implantada.

Mesmo com uma validação prévia por parte dos operadores, houve bastante resistência no período logo após a implantação do fluxo contínuo. Durante o segundo dia de operações após a implantação do fluxo contínuo os operadores interromperam a produção para protestar contra o funcionamento das células de costura que, segundo eles, não seria aplicável ao processo em questão. O apoio do Gerente Geral da fábrica foi primordial neste momento em que foi explicado para os operadores que todo período de mudanças há turbulências e pediu um voto de confiança para que fosse tentada a utilização das células de costura por mais alguns dias para que então a avaliassem.

Após mais alguns dias, aproximadamente uma semana, os operadores se acostumaram com o fluxo contínuo e com a produção em células e os resultados do setor de costura começaram a ter melhorias. Os supervisores de produção também alegaram ter uma maior facilidade para gerenciar o processo com a existência do fluxo contínuo.

Portanto, uma grande dificuldade durante a implantação do fluxo contínuo foi a mudança de filosofia em relação à forma de produzir, alterando de um *layout* funcional, onde os operadores não possuem um vínculo próximo e direto com os outros operadores durante o fluxo de produção, para uma produção em fluxo contínuo por meio de células de produção, onde o resultado de um operador é dependente de outros operadores.

É possível identificar a dificuldade da implantação de práticas *lean* com os relatos de Obeidat e Al-Aomar (2011) que afirmam que a aplicação de práticas *lean* no setor de costura é um desafio por este ser um processo altamente dependente da habilidade da mão de obra e da precisão das máquinas. Os autores afirmam ainda que apesar de práticas *lean* serem implantadas em diversos setores, diversas indústrias ainda relutam em implantar suas práticas devido à natureza da indústria, dificuldade em aplicar tais práticas e falta de relatos de sucessos em tais setores.

Outra dificuldade encontrada durante a operação do fluxo contínuo foi a dificuldade de sincronizar a formação dos *kits* de costura, com os componentes advindos dos processos de corte e impressão de tecidos e da costura de acessórios, com a necessidade das células de costura. Em alguns momentos as células paravam de operar por alguns instantes devido à não disponibilidade de *kits* de costuras prontos no momento necessário.

Foram feitas análises de tais problemas e pequenas melhorias foram executadas durante o processo de montagem dos *kits* de costura e de programação do setor de corte de tecidos. Com o treinamento dos operadores da área de *kit* e com a programação do setor de corte sendo priorizada para a formação de *kits* para a produção de *big bags*, e não mais focando apenas a produção de partes separadas, tal problema teve sua incidência diminuída.

Portanto, além da aceitação dos operadores em relação à mudança de filosofia referente à nova prática de produção, uma outra dificuldade encontrada foi a sincronização do fluxo contínuo com o sistema puxado que conectava este fluxo com os processos anteriores.

4.9 Considerações finais sobre o estudo de caso

Para viabilizar a utilização do fluxo contínuo, as práticas e ferramentas aplicadas durante o estudo de caso foram:

- MFV;
- *Takt time*;
- Diagrama de espaguete;
- Trabalho padronizado;
- Balanceamento das operações;
- *Layout* celular;
- Sistemas puxados;
- Gestão visual;
- *Andon*;
- Evento *Kaizen*;
- *Gemba Walking*;
- *Checklist*.

O objetivo principal da utilização das ferramentas foi a redução de desperdícios por meio da implantação de fluxo contínuo através das células de costura.

O MFV e o diagrama de espaguete foram ferramentas utilizadas durante o período de mapeamento da situação inicial da empresa, para dar suporte à decisão de onde implantar o fluxo contínuo. A utilização das demais ferramentas teve como objetivo dar sustentabilidade ao fluxo contínuo presente nas células de costura:

- Trabalho padronizado: serviu para padronizar o fluxo nas células de costura. Na situação inicial, com o *layout* funcional, o fluxo não era padronizado, com os *big bags* podendo percorrer sequencias de processos diferentes. Esta

prática inviabilizaria o funcionamento de um fluxo contínuo nas células de costura devido ao posicionamento planejado das máquinas que visavam a não necessidade de transporte do material e afetaria o balanceamento das operações que foi planejado de acordo com a formação das células e a sequência de seus processos;

- *Takt time*: a definição do *takt time* dos processos foi útil para definir o ritmo de trabalho do fluxo contínuo contido nas células. Serviu ainda para analisar a quantidade ideal de células a serem ativadas para se atender a demanda dos clientes sem estar sobrecarregando as células ou utilizando uma capacidade maior que a necessária;
- Balanceamento das operações: foi aplicado para que as células de costura tivessem a quantidade correta de cada tipo de máquina e operadores, permitindo que o material processado fluísse sem gerar estoques desnecessários. Também foi utilizado no setor de prensas para que os *big bags* passassem a ser prensados de forma mais eficiente, permitindo que os *big bags* fluíssem após as células de costura;
- *Layout* celular: as células de costura foram implantadas para que os *big bags* fluíssem nos processos de costura sem a necessidade de transporte de um processo ao processo seguinte e sem o acúmulo de estoques desnecessários. Foi a ferramenta por meio a qual o fluxo contínuo tomou forma;
- Sistemas puxados: O *kanban* foi o sistema puxado aplicado no estudo de caso. Esta ferramenta permitiu que os processos anteriores ao fluxo contínuo produzissem os componentes necessários de acordo com a demanda das células de costura. Desta maneira, reduziu-se o risco de as células de costura ficarem desabastecidas e o fluxo ser interrompido;
- Gestão visual: por meio dos quadros de gestão visual implantados, passou a ser possível saber o que estava acontecendo em cada processo em relação ao histórico de seu desempenho, problemas ocorridos e, principalmente, se as células de costura estavam conseguindo executar a produção planejada. Com isto, os supervisores passaram a ter um *feedback* constante do desempenho do fluxo, podendo tomar medidas necessárias para a sustentação ou melhoria deste;

- *Andon*: as luzes *andon* serviam para que os operadores das células informassem sempre que o fluxo contínuo fosse interrompido. Desta maneira, as interrupções seriam comunicadas de forma mais rápida. Portanto o objetivo principal era que, sempre que o fluxo contínuo fosse interrompido, esta interrupção durasse o menor tempo possível.
- *Evento Kaizen*: foi por meio do Evento *Kaizen* que o fluxo contínuo e as demais implantações foram realizadas;
- *Gemba Walking*: o *Gemba Walking* realizado juntamente com as reuniões semanais servia para os Supervisores e o Gerente Geral da Fábrica checarem a condição atual dos processos e por meio de suas análises no chão de fábrica, da análise das informações contidas nos quadros de gestão visual e conversa com os operadores, decidirem se a situação implantada estava funcionando de forma satisfatória ou se seria necessário a realização de alguma ação. Por meio das conversas, análises e discussões realizadas durante o *Gemba Walking*, os Supervisores e o Gerente Geral conseguiam ainda ressaltar a importância das implantações realizadas para os operadores e passar conceitos importantes para o adequado funcionamento do processo;
- *Checklist*: o *checklist* de sustentabilidade servia para embasar as auditorias realizadas nos processos. Tal *checklist* focava em itens críticos para identificar se a situação planejada inicialmente estava realmente sendo praticada. Uma avaliação se não havia estoque entre os processos do fluxo contínuo nas células de costura era um item do *checklist*, por exemplo.

O Quadro 5 traz as práticas e ferramentas utilizadas durante o estudo de caso e seus respectivos objetivos.

Quadro 5: Práticas e ferramentas utilizadas no estudo de caso

Mapeamento da situação inicial	Implantação do fluxo contínuo	Sustentabilidade do fluxo contínuo
MFV	<i>Takt time</i>	Sistemas puxados
Diagrama de espaguete	Trabalho padronizado	Gestão visual
	Balanceamento das operações	<i>Andon</i>
	<i>Layout</i> celular	<i>Gemba Walking</i>
	Evento <i>Kaizen</i>	<i>Checklist</i>

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Conforme informado no início do capítulo, este ciclo do projeto teve a duração de 10 meses, nos quais foram realizadas as implantações relatadas e também a sustentabilidade destas.

Após este ciclo inicial de melhoria e sustentação de um novo fluxo de produção, a empresa daria início a um segundo ciclo de projeto de melhorias. A atividade inicial seria primeiramente uma capacitação mais intensiva nos conceitos, práticas e ferramentas de *lean production* para a sua equipe de supervisores.

O objetivo é que estes supervisores repliquem alguns treinamentos para a sua equipe para que um novo ciclo de melhoria tenha início, agora focando principalmente na melhoria de cada processo ao invés do fluxo de produção. Os treinamentos abordariam ferramentas como Troca rápida de ferramentas e Manutenção produtiva total.

CAPÍTULO 5 – PRÁTICAS, FERRAMENTAS E SEUS GANHOS

O Quadro 6 traz as práticas e ferramentas identificadas como sendo utilizadas para a implantação e sustentabilidade de um fluxo contínuo em trabalhos encontrados por meio da realização da Revisão Bibliográfica aplicada em três base de dados e também as práticas e ferramentas utilizadas para a implantação e sustentabilidade de um fluxo contínuo durante o estudo de caso.

Quadro 6: Práticas e ferramentas: revisão bibliográfica VS estudo de caso

PRÁTICAS E FERRAMENTAS	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	ESTUDO DE CASO
<i>Takt time</i>	X	X
Balanceamento das operações	X	X
MFV	X	X
<i>Layout</i> celular	X	X
Trabalho padronizado	X	X
Sistemas puxados	X	X
Evento <i>Kaizen</i>	X	X
Gestão visual	X	X
Diagrama de espaguete	X	X
TRF	X	
<i>Heijunka</i>	X	
5S	X	
TPM	X	
<i>Job rotation</i>	X	
<i>Layout</i> linear	X	
<i>Andon</i>		X
<i>Gemba Walking</i>		X
<i>Checklist</i>		X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Por meio da análise do Quadro 6 é possível identificar que as práticas e ferramentas mais citadas como sendo utilizadas para a implantação e sustentabilidade de um fluxo contínuo nos trabalhos analisados durante a realização da Revisão Bibliográficas também foram utilizadas no estudo de caso relatado no Capítulo 4. Identifica-se então uma similaridade de quais práticas e ferramentas devem ser consideradas para a implantação e

sustentabilidade de um fluxo contínuo que são, principalmente, o *Takt time*, Balanceamento das operações, MFV, *Layout* celular, Trabalho padronizado e Sistemas puxados.

Importante considerar que a sustentabilidade pode ser analisada de duas formas. Uma forma de sustentabilidade está ligada à sustentabilidade do funcionamento do fluxo, ou seja, ter formas que minimizem o risco de o fluxo contínuo ser interrompido durante o processo de produção. Os Sistemas puxados, por exemplo, minimizam este risco pois por meio de sua aplicação é menos provável que falem componentes necessários para o processamento no fluxo contínuo. O *Andon* e a Gestão visual também auxiliam na sustentabilidade do funcionamento do fluxo contínuo por informar pessoas que não são parte do fluxo contínuo a condição atual do processo. Desta forma, eventuais ações necessárias podem ser tomadas de forma rápida, antes que o fluxo seja interrompido.

Outra forma de sustentabilidade está ligada à sustentabilidade das implantações realizadas, ou seja, formas de minimizar o risco de que a implantação do fluxo contínuo e outras práticas e ferramentas implantadas visando a sua sustentabilidade, regridam à situação inicial. Como citado no Capítulo 2, que traz o referencial teórico deste trabalho, duas práticas e ferramentas utilizadas para se ter um acompanhamento da situação das implantações realizadas são o *Gemba Walking* e o *Checklist*.

Ainda por meio da análise da Quadro 6, percebe-se que tais práticas e ferramentas tiveram as suas utilizações relatadas no estudo de caso, porém não foram citadas nos trabalhos analisados por meio da Revisão Bibliográfica. Tal análise pode apresentar uma evidência de que os trabalhos publicados discorrem sobre a importância da utilização de práticas e ferramentas para a sustentabilidade do processo, como formas de garantir que o fluxo contínuo não será interrompido por meio da utilização de Sistemas puxados e Gestão visual, por exemplo, mas não relatam o que deve ser realizado para a sustentabilidade da situação implantada, como rotinas a serem realizadas que auxiliam avaliações de pontos críticos referentes às implantações. Por exemplo, determinado fluxo contínuo pode não estar sendo interrompido devido à falta de componentes caso algum Sistema puxado tenha sido implantado de forma eficiente, porém devido a falhas durante o balanceamento, ou necessidade de treinamento de alguns operadores, este fluxo pode estar acumulando estoque entre alguns processos. Logo, o fluxo planejado não está sendo interrompido, porém na prática não está operando em fluxo contínuo.

O Quadro 7 apresenta os resultados encontrados nos trabalhos analisados por meio da Revisão Bibliográfica e também os resultados relatados no estudo de caso.

Quadro 7: Resultados: revisão bibliográfica VS estudo de caso

RESULTADOS	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	ESTUDO DE CASO
Redução do LT	X	X
Redução de MO	X	
Redução de WIP	X	X
Aumento de produtividade	X	X
Redução de área	X	X
Redução de custo	X	X
Redução de NAV	X	X
Redução do tempo de espera	X	X
Benefícios ergonômicos	X	
Redução de transporte	X	X
Aumento de flexibilidade	X	X
Redução de retrabalho	X	
Redução da variabilidade	X	
Redução de movimentação	X	X
Redução do absenteísmo		X
Redução do ciclo financeiro		X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Por meio de análise do Quadro 7 identifica-se que o principal resultado alcançado por meio da aplicação do fluxo contínuo é a redução do LT. Este resultado foi o mais citado nos trabalhos analisados durante a aplicação da Revisão Bibliográfica e também foi alcançado no estudo de caso. Outro resultado importante, que inclusive tem relação direta com a redução do LT é a redução do WIP. Tal resultado também está entre os mais relatados nos trabalhos analisados e também foi atingido no estudo de caso.

A redução da MO necessária para a produção, o segundo resultado mais citado nos trabalhos analisados, não foi alcançada no estudo de caso. Isto se deve à uma característica do processo em questão. O processo de costura exige que um operador opere somente uma máquina por vez, portanto, mesmo após o agrupamento das máquinas de costura em uma célula não possível permitir que um operador operasse mais de uma máquina pois, as máquinas de costura deste processo exigem o auxílio humano para executar as operações e também porque os processos de costura presentes nas células exigem habilidades diferentes

dos costureiros, inviabilizando um cenário em que um determinado operador poderia ir avançando ao longo do processo.

A análise do Quadro 7 permite concluir que com a aplicação do fluxo contínuo e outras práticas e ferramentas que dão sustentabilidade a este fluxo, é possível alcançar uma redução no LT de produção, redução do WIP ao longo do processo, aumento de produtividade, redução da área ocupada pela produção, redução do custo de produção, redução de atividades que não agregam valor, tais como espera, transporte e movimentação e se ter um aumento de flexibilidade no processo. Tais resultados foram citados nos trabalhos analisados por meio da Revisão Bibliográfica e também no estudo de caso.

Conforme também identificado por Li et al. (2012) e Miltenburg (2001) não há muitos relatos focados exclusivamente na implantação de fluxo contínuo. Somente um trabalho citado na Revisão Bibliográfica abordou as dificuldades enfrentadas durante o processo de implantação do fluxo contínuo. Serrato (2016) conclui que para o sucesso das implantações, que seria o funcionamento correto e adequado da metodologia de trabalho proposta, é fundamental o comprometimento e envolvimento dos funcionários da empresa. De acordo com o autor, quanto maior o comprometimento da equipe do departamento em questão, mais fácil são as implantações.

As conclusões de Serrato (2016) vão de acordo com o afirmado por Rother e Harris (2002), que afirmam que o resultado da busca pelo fluxo contínuo está diretamente ligado ao esforço de todos os envolvidos com o processo. Para os autores, implantar e melhorar o fluxo contínuo é uma tarefa constante que requer que operadores, engenheiros e gerentes trabalhem juntos e para isso, é necessário que as pessoas estejam dispostas a mudar a maneira de como as coisas são feitas.

Segundo Kumar et al. (2006), é natural encontrar resistência dos funcionários quando há a tentativa de introduzir novas estratégias de produção. Para os autores, os funcionários sentem-se ameaçados por novas filosofias, pois acreditam que tais mudanças podem resultar em fracas performances o que por consequência resultaria na perda de suas oportunidades no trabalho.

Kumar et al. (2006) relatam um estudo de caso em que tal atitude dos funcionários foi corrigida com o apoio dos Gerentes. Segundo os autores, este apoio foi fundamental para convencer os funcionários de que seus empregos não estavam em risco e que boas performance seriam recompensadas. Tal atitude resultou em uma mudança na confiança dos funcionários e após pouco tempo eles estavam prontos para abraçar a nova metodologia proposta para o processo em questão.

Tais constatações vão em encontro às dificuldades enfrentadas no estudo de caso onde também foi necessário vencer a resistência inicial dos funcionários para o sucesso do fluxo contínuo implantado. Foi relatado no estudo de caso que logo após a implantação do fluxo contínuo, por meio das células de costura, os funcionários interromperam a produção para protestar contra a nova metodologia de produção. O apoio do Gerente Geral da Fábrica e a confiança dos Supervisores do processo foram fundamentais para que os funcionários passassem a tentar produzir por meio do novo método e posteriormente passassem a apoiar a sua sustentação.

A partir da análise das informações contidas neste capítulo e nos capítulos anteriores foram formuladas 3 proposições:

- Proposição 1: Para o sucesso da implantação de um fluxo contínuo é necessário a integração com a utilização de outras práticas e ferramentas. É negligenciado muitas vezes a utilização de determinadas práticas e ferramentas em detrimento da utilização de outras.

Por exemplo, apesar de sua importância para o eficiente funcionamento de um processo, o fluxo contínuo é muitas vezes negligenciado por meio da utilização de outras práticas e ferramentas sem se ter uma correta análise se a utilização de tais técnicas estão indo em direção ao objetivo principal da produção enxuta, que é o fluxo contínuo.

Algumas práticas e ferramentas são muitas vezes implantadas sem o objetivo, nem mesmo a longo prazo, de se alcançar o fluxo contínuo.

Porém, somente a priorização pela implantação do fluxo contínuo não é suficiente. É necessário uma integração do uso desta prática com a utilização de outras práticas. A implantação do fluxo contínuo sem se considerar o *takt time* do processo, por exemplo, pode levar ao funcionamento de um fluxo contínuo que não atende à demanda necessária ou que produz mais que o demandado pelo cliente.

- Proposição 2: A forma de remunerar os funcionários deve ser considerada quando há a transição para uma produção em fluxo contínuo.

Apesar de não ser uma técnica relatada durante o trabalho como sendo necessária para a implantação e suporte do fluxo contínuo, a forma pela qual os operadores de um fluxo são remunerados e bonificados podem influenciar o desempenho do fluxo contínuo.

No estudo de caso relatado no Capítulo 4, inicialmente, durante a utilização de um *layout* funcional, todos os costureiros tinham o direito de receber uma bonificação financeira baseado em sua produção. O fato de o *layout* estar organizado de forma funcional, com os operadores trabalhando de forma independente, resultou em uma forma de bonificação dos operadores sendo considerada mais lógica para a então situação atual. Esta bonificação era feita com base em metas de produção para cada costureiro do setor de costura. Cada etapa do processo possuía uma meta diferente de quantidade de peças a ser produzida. Quanto maior a quantidade de peças que os costureiros produziam acima da meta, mais alta seria a sua bonificação. Desta maneira a empresa desejava utilizar o máximo de seus recursos.

Os processos com tempo de operação menor tinham uma meta de produção de peças por hora mais alta, enquanto os processos com tempo de operação mais alto tinham uma meta de produção de peças por hora mais baixa.

Desta maneira, cada costureiro era incentivado a produzir a maior quantidade de peças possível de forma independente. A consequência disto era que se tinham diversas peças em espera durante a produção, principalmente aquelas provenientes de processos com metas mais altas, esta consequência era facilmente identificada na quantidade de estoque em processo existente.

O resultado prático deste sistema de remuneração é a falta de sincronia nos objetivos da empresa com os objetivos dos operadores. Enquanto para a empresa o cenário ideal seria não ter estoque em processo ou converter as peças em processo o mais rápido possível em produtos acabados, para assim ser possível faturar com seus produtos, os costureiros eram incentivados a produzir a maior quantidade de peças possível, independentemente se estas peças iriam resultar em produto acabado no curto prazo ou não, ou seja, a empresa pagava os seus costureiros por cada componente produzido, mas só recebia dos clientes pelo *big bag*.

Conforme relatado no estudo de caso, com a proposta de um novo *layout* a ser implantado, tal modelo de bonificação não atenderia às expectativas dos costureiros porque, com o *layout* celular, os costureiros dependiam da produtividade dos demais costureiros da célula para poder produzir, não sendo mais justo, portanto, que cada operador trabalhasse com metas diferentes de produção. O costureiro do processo de fechamento superior, por

exemplo, por alguns momentos teria que aguardar pela peça vinda da costura das alças por ter o seu tempo de ciclo menor em relação a este processo, tendo assim a sua produtividade individual afetada.

Outro fator analisado e também discutido foi a divergência dos objetivos da empresa com o objetivo dos costureiros no *layout* inicial, com os costureiros sendo incentivados a produzir a maior quantidade de peças possível independentemente da necessidade do processo seguinte, o que resultava no excesso de estoques intermediários, e não tendo a preocupação se as peças seriam convertidas em produto acabado no prazo desejado pela empresa, enquanto a empresa tinha como objetivo ter a menor quantidade de estoque intermediário possível, visando sempre que as peças produzidas fossem convertidas em produto acabado com o menor *lead time* possível, conforme explicado anteriormente.

Vale ressaltar que no estudo de caso apresentado neste trabalho, por ser uma questão cultural da empresa, foi decidido manter algum tipo de bonificação por meta de produção.

A nova forma de bonificação proposta passaria a contemplar todos os costureiros de uma célula baseado na quantidade de *big bags* produzidos em cada célula. Ou seja, seria considerado para efeito de bonificação financeira somente o *big bag* finalizado na célula, e não mais as partes separadas produzidas por cada costureiro. A meta passaria a considerar, portanto, a quantidade de *big bags* produzidos por hora acima de uma meta pré-estabelecida.

Desta maneira, pretendia-se incentivar os costureiros a focar na finalização do produto para que estes estivessem prontos o mais rápido possível para serem enviados ao setor de prensa, diminuindo a incidência das esperas devido ao excesso de estoque ao longo da produção presentes no *layout* inicial, sem a utilização do fluxo contínuo.

- Proposição 3: A conversão de um cenário de produção em massa, ou qualquer outro cenário em que os funcionários operam de formas não dependentes, como “ilhas”, para o fluxo contínuo é passível de resistência dos operadores. Conforme relatado no estudo de caso, mesmo com apresentações e testes sendo realizados antes da implantação do fluxo contínuo, houve resistência

por parte dos operadores nos primeiros dias de operação das células de costura.

Conforme já relatado, Kumar et al. (2006) afirmam que os funcionários podem se sentir ameaçados por novas filosofias e estratégias de produção. Segundo os autores, a raiz deste problema pode estar no fato de que os funcionários acreditam que tais mudanças podem resultar em fracas performances o que por consequência resultaria na perda de suas oportunidades no trabalho.

Conforme o estudo de caso apresentou, o apoio dos Supervisores e, principalmente, dos Gerentes e Diretores das empresas, é fundamental para o sucesso da conversão para uma estratégia de produção em fluxo contínuo. Kumar et al. (2006) afirmam que o apoio de seus superiores é fundamental para mostrar aos funcionários que seus empregos não estão em risco e que boas performances serão recompensadas de forma justa.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES

Este capítulo apresenta a conclusão deste trabalho. A conclusão é realizada primeiro considerando os objetivos iniciais e então em relação à questão de pesquisa, ambos mencionados no início deste projeto. Por fim são apresentadas as considerações finais.

6.1 Conclusões em relação aos objetivos traçados

Como mencionado, o objetivo principal desta pesquisa foi identificar práticas e ferramentas para a implantação e sustentação de fluxo contínuo em ambientes de *lean production* e avaliar os ganhos dessa implantação.

Tal objetivo foi alcançado primeiro por meio do Capítulo 3, com a execução da Revisão Bibliográfica que permitiu a identificação de práticas e ferramentas para a implantação e sustentação de fluxo contínuo em ambientes de *lean production* através da análise de trabalhos contidos em três bases de dados. O Capítulo 4 também apresentou, através de um estudo de caso, práticas e ferramentas para a implantação e sustentação de fluxo contínuo em ambientes de *lean production* por meio de um relato de um projeto de melhoria no qual tinha entre os objetivos a implantação de um fluxo contínuo em um processo de costura. Posteriormente, o Capítulo 5 apresentou uma avaliação das práticas, ferramentas e resultados citados nos Capítulos 3 e 4, o que permitiu a conclusão do objetivo final com a avaliação dos ganhos alcançados após a implantação de práticas e ferramentas para a implantação e sustentação de fluxo contínuo em ambientes de *lean production*.

O trabalho teve os seguintes objetivos específicos:

1. Identificar na literatura quais práticas e ferramentas são utilizadas para a implantação e sustentação de fluxo contínuo em ambientes de *lean production*;

Por meio do Capítulo 2, onde está relatado o referencial teórico deste trabalho, foi identificado na literatura quais práticas e ferramentas são citadas pelos autores como sendo utilizadas para auxiliar a implantação e sustentação de fluxo contínuo em ambientes de *lean production*. Tais práticas e ferramentas estão relatadas no Tópico 2.3.

2. Identificar na literatura quais são os resultados alcançados por meio da implantação de fluxo contínuo em ambientes de *lean production*;

As análises e relatos contidos nos Capítulos 3 e 4 permitiu a identificação dos resultados alcançados por meio da implantação de fluxo contínuo em ambientes de *lean production*. Os resultados relatados nos trabalhos analisados por meio de uma

Revisão Bibliográfica estão apresentados na Figura 12. Os resultados relatados no estudo de caso são mostrados no Tópico 4.8.

3. Relatar a implantação de fluxo contínuo durante a implantação de práticas de *lean production*.

O Capítulo 4, apresenta o relato da implantação de um fluxo contínuo durante a implantação de práticas de *lean production* por meio do relato da implantação de fluxo contínuo em um processo de costura através da utilização de células de costura.

6.2 Conclusões em relação à questão de pesquisa

No início deste trabalho foi apresentada a seguinte questão de pesquisa: Quais as principais práticas e ferramentas utilizadas para a implantação e sustentação de fluxo contínuo em ambientes de *lean production* e quais são os resultados obtidos por meio da implantação integrada destas práticas?

Como visto no Quadro 6, pôde-se concluir após evidências colhidas em consultas à literatura e durante o relato do estudo de caso, que as principais práticas e ferramentas utilizadas para a implantação e sustentação de um fluxo contínuo em ambientes de *lean production* são:

- *Takt time*;
- Balanceamento das operações;
- MFV;
- *Layout* celular;
- Trabalho padronizado;
- Sistemas puxados;
- Evento *Kaizen*;
- Gestão Visual;
- Diagrama de espaguete.

Tais práticas e ferramentas foram citadas nos trabalhos analisados por meio da Revisão Bibliográfica e também no estudo de caso. O Capítulo 5 contém uma análise da utilização de tais práticas e ferramentas. O Quadro 6 apresenta as práticas e ferramentas relatadas nos trabalhos analisados e também no estudo de caso.

Pôde-se concluir ainda que os principais resultados obtidos por meio da implantação e sustentação de um fluxo contínuo em ambientes de *lean production* são:

- Redução do LT;
- Redução de WIP;
- Aumento de produtividade;
- Redução de área;
- Redução de custo;
- Redução de NAV;
- Aumento de flexibilidade.

Tais resultados foram citados nos trabalhos analisados por meio da Revisão Bibliográfica e também no estudo de caso. O Capítulo 5 contém uma análise de tais resultados. O Quadro 7 apresenta os resultados relatados nos trabalhos analisados e também no estudo de caso.

6.3 Limitações da pesquisa e pesquisas futuras

É importante considerar que as conclusões contidas nesta pesquisa foram baseadas por meio de análises realizadas em trabalhos encontradas em três bases de dados. Pesquisas realizadas em outras bases de dados podem eventualmente acrescentar elementos importantes para tais conclusões.

No mesmo sentido, as conclusões contidas nesta pesquisa foram embasadas também por meio da aplicação de um estudo de caso. Apesar de o estudo de caso em questão ter sido relevante para as conclusões realizadas é de se considerar que a realização de somente uma pesquisa de campo possa ser um fator limitante.

Portanto, para pesquisas futuras sugere-se que sejam feitas análises em mais trabalhos por meio de busca em outras bases de dados. É sugerido ainda a realização de uma quantidade maior de pesquisas de campo, feita em setores e regiões diferentes, para que se tenha uma amostra maior de informações disponíveis para análise. A aplicação de tais sugestões permitiria o acréscimo de mais fatores que poderiam embasar as conclusões contidas neste trabalho.

Conforme relatado no Capítulo 5, a principal dificuldade relatada para a implantação das práticas contidas neste trabalho foi a resistência das pessoas em relação às mudanças sugeridas. Para pesquisas futuras sugere-se que, por meio de uma amostra maior de implantações, sejam analisadas formas diferentes de realizar este processo. Desta maneira, mais sugestões sobre a forma de implantação de tais práticas poderiam ser geradas.

6.4 Considerações finais

Este projeto de pesquisa mostrou a importância da aplicação de fluxo contínuo para implantações de práticas de *lean production* nas empresas. Como Liker (2005) afirma, não é entendido de forma suficiente que diversas tentativas de implantações de práticas de *lean production* falham por não identificar que esta prática requer muito mais do que as práticas que podem ser vistas. Para o autor, um dos principais pontos do *lean production* é a capacidade de dia a dia, identificar e resolver problemas que ocorrem no chão de fábrica.

Rother e Harris (2002) afirmam que dentre as funções dos Gerentes e Supervisores de processos está a rápida identificação e solução dos problemas e a eliminação de suas causas.

Portanto, o determinante para o sucesso de uma jornada de implantações de práticas de *lean production* nas empresas é o que não pode ser visto, ou seja, é necessário trazer à tona as falhas contidas no fluxo de produção. Isto permitirá uma identificação rápida dos problemas. Para se atingir este cenário o fluxo contínuo é primordial por deixar em evidência as falhas e problemas que ocorrem ao longo do processo. Neste contexto, para se ter a essência do STP o fluxo contínuo é imprescindível, sua implantação direcionará a melhoria contínua, além dos prováveis ganhos por meio de sua implantação conforme foi mostrado neste trabalho.

Conforme já citados, Liker e Meier (2007), afirmam que Ohno aprendeu que o fluxo contínuo é frágil mas percebeu as vantagens que teria com o seu uso. Para os autores, a criação de um fluxo contínuo serve para trazer os problemas à tona, o que consequentemente, força a correção de tais problemas para a manutenção deste fluxo.

Conforme dito por Mukhopadhyay e Nandi (2000) o fluxo contínuo implica que o trabalho é realizado de forma correta, e com uma atitude que visa a melhoria contínua. E só é possível se alcançar o sucesso por meio de práticas de *lean production* através da melhoria contínua.

REFERÊNCIAS

- ADNAN, A. N.; ARBAAI, N. A.; ISMAIL, A. Improvement of overall efficiency of production line by using line balancing. **ARN Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 11, n. 12, p. 7752-7758, 2016.
- ARAÚJO, C. A. C.; RENTES, A. F. A metodologia kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta. **Revista Gestão Industrial**, v. 2, n. 2, 2006.
- AVIKAL, S.; JAIN, R.; MISHRA, P. K.; YADAV, H. C. A heuristic approach for U-shaped assembly line balancing to improve labor productivity. **Computers & Industrial Engineering**, v. 64, n. 4, p. 895-901, Apr 2013.
- BENJAAFAR, S.; HERAGU, S. S.; IRANI, S. A. Next generation factory layouts: research challenges and recent progress. **Interfaces**, v. 32, n. 6, p. 58-76, 2002.
- CAGGIANO, A.; MARZANO, A.; TETI, R. Resource efficient configuration of an aircraft assembly line. In: TETI, R. (Ed.). **Research and Innovation in Manufacturing: Key Enabling Technologies for the Factories of the Future - Proceedings of the 48th Cirp Conference on Manufacturing Systems**, v.41, 2016. p.236-241.
- CHAVES FILHO, J. G. B. **Melhores práticas para garantia de sustentabilidade de melhorias obtidas através de eventos kaizen**. 2010. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- CHEN, J.; HERAGU, S. S. Stepwise decomposition approaches for large scale cell formation problems. **European Journal of Operational Research**, v. 113, n. 1, p. 64-79, 1999.
- CHOWDARY, B. V.; GEORGE, D. Application of flexible lean tools for restructuring of manufacturing operations: A case study. **Global Journal of Flexible Systems Management**, v. 12, n. 1-2, p. 1-8, 2011.
- CORRÊA, H.; GIANESI, I. **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. São Paulo: Atlas, 2ª ed., 1993. 186 p.
- D'ANGELO, A.; GASTALDI, M.; LEVIALDI, N. Production variability and shop configuration: An experimental analysis. **International Journal of Production Economics**, v. 68, n. 1, p. 43-57, 2000.
- DENNIS, P. **Fazendo acontecer a coisa certa: um guia de planejamento e execução para líderes**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007. 247 p.
- DENNIS, P. **Produção lean simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2ª ed., 2008. 191 p.
- DOMBROWSKI, U.; MIELKE, T. Lean leadership—15 rules for a sustainable lean implementation. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 565-570, 2014.
- DUANMU, J.; TAAFFE, K. Production capabilities using takt times, requirements analysis

and simulation. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, v. 10, n. 2, p. 197-216, 2012.

DURMUSOGLU, M. B.; SATOGLU, S. I. Axiomatic design of hybrid manufacturing systems in erratic demand conditions. **International Journal of Production Research**, 4 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxfordshire, OX14 4RN, United Kingdom, v. 49, n. 17, p. 5231-5261, 2011.

FARRIS, J. A.; VAN AKEN, E. M.; DOOLEN, T. L.; WORLEY, J. Critical success factors for human resource outcomes in Kaizen events: An empirical study. **International Journal of Production Economics**, v. 117, n. 1, p. 42-65, 2009.

FELD, W. **Lean Manufacturing: tools, techniques, and how to use them**. Boca Raton: St. Lucie Press, 2000. 228 p.

GANGA, G. M. **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na engenharia de produção: um guia prático de conteúdo e forma**. São Paulo: Atlas, 2012. 361 p.

GARZA-REYES, J. A.; SORIANO-MEIER; FORRESTER, P. L.; HARMANTO, D. The development of a lean park homes production process using process flow and simulation methods. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 23, n. 2, p. 178-197, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 4^a ed., 2007. 175 p.

GRABAN, M. **Hospitais Lean: melhorando a qualidade, a segurança dos pacientes e o envolvimento dos funcionários**. Porto Alegre: Bookman, 2^a ed., 2013. 293 p.

HAIDER, A.; MIRZA, J. An implementation of lean scheduling in a job shop environment. **Advances in Production Engineering and Management**, v. 10, n. 1, p. 5-17, 2015.

HALIM, N. H. A.; JAFFAR, A.; YUSOFF, N.; NAUFAL, A. **Case study: The methodology of Lean Manufacturing implementation**. International Conference on Advances in Mechanical Engineering 2013, ICAME 2013. Malacca. 393: 3-8 p. 2013

HARRIS, R; HARRIS, C; WILSON, E. **Fazendo Fluir os Materiais: um guia lean de movimentação de materiais para profissionais de operações, controle de produção e engenharia**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004. 91 p.

HASAN, M. A.; SARKIS, J.; SHANKAR, R. Agility and production flow layouts: An analytical decision analysis. **Computers & Industrial Engineering**, v. 62, n. 4, p. 898-907, 2012.

HEUER, V.; LOESER, K.; SCHITT, G.; RITTER, K. **Integration of case hardening into the manufacturing-line: "One piece flow"**. American Gear Manufacturers Association Fall Technical Meeting 2011, AGMA. Cincinnati, OH, 2011. 350-361 p.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Manufatura Enxuta**. São Paulo: Iman, 2^a ed., 2006. 64 p.

HOE, H. K.; MUTHUSAMY, K.; HARIKRISHNAN, K. K. A statistical analysis using

simulation on a lean manufacturing model. **40th International Conference on Computers and Industrial Engineering**, CIE40 2010, July 25, 2010 - July 28, 2010. Awaji, Japan: IEEE Computer Society, 2010.

HOLWEG, M. The Genealogy of Lean Production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 2, p. 420-437, 2007.

IMAI, M. **Kaizen**: a estratégia para o sucesso competitivo. São Paulo: Iman, 4ª ed., 1992. 235 p.

JONES, D; WOMACK, J. **Enxergando o todo**: mapeando o fluxo de valor estendido. São Paulo, Lean Institute Brasil, 2004. 98 p.

KARIM, A. N. M.; TUAN, S. T.; EMRUL KAYS, H. M. Assembly line productivity improvement as re-engineered by MOST. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 65, n. 7, p. 977-994, 2016.

KOENIGSAECKER, G. **Liderando a Transformação Lean nas emresas**. Porto Alegre: Bookman, 2011. 167 p.

KOLIC, D.; FAFANDJEL, N.; ZAMARIN, A. Lean Manufacturing Methodology for Shipyards. **Brodogradnja**, v. 63, n. 1, p. 18-29, Mar 2012.

KRUGER, D. Implementing Cellular Manufacturing in a Make-to-order Manufacturing System: A South African Case Study. **Picmet '12: Proceedings - Technology Management for Emerging Technologies**, p. 3297-3303, 2012.

KUMAR, M.; ANTONY, J.; SINGH, R. K.; TIWARI, M. K.; PERRY, D. Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study. **Production Planning and Control**, v. 17, n. 4, p. 407-423, 2006.

LAM, N. T.; TOI, L.M.; TUYEN, V.T.T.; HIEN, D.N. Lean Line Balancing for an Electronics Assembly Line. **13th Global Conference on Sustainable Manufacturing, GCSM 2015**, September 16, 2015 - September 18, 2015. Binh Du'o'ng New City, Viet nam: Elsevier, 2016. 437-442 p.

LI, S. G.; NI, Y.; WANG, X.; SHI, L.; ZHU, L. J. Design of one-piece flow production system with mixed flows: A timed process flow diagram-based approach. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, 4 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxfordshire, OX14 4RN, United Kingdom, v. 25, n. 11, p. 996-1010, 2012.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005. 316 p.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O Modelo Toyota: manual de aplicação**: um guia prático para a implementação dos 4 PS da Toyota. Porto Alegre: Bookman, 2007. 432 p.

MARCHWINSKY, C.; SHOOK, J. **Léxico Lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2005. 107 p.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2ª ed., 2005. 562 p.

MARTINS, R. A.; MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B. **Guia para elaboração de monografia e TCC em engenharia de produção**. São Paulo: Atlas, 2014. 211 p.

MCADAM, R., LAFFERTY, B. A multilevel case study critique of Six Sigma: Statistical control or strategic change? **International Journal of Operations and Production Management**, v 24, p. 530–549, 2004.

METTERNICH, J.; BECHTLOFF, S.; SEIFERMANN, S. Efficiency and Economic Evaluation of Cellular Manufacturing to enable Lean Machining. In: CUNHA, P. F. (Ed.). **Forty Sixth Cirp Conference on Manufacturing Systems 2013**, v.7, 2013. p.592-597.

MILTENBURG, J. One-piece flow manufacturing on U-shaped production lines: A tutorial. **IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)**, v. 33, n. 4, p. 303-321, 2001.

MUKHOPADHYAY, S. K.; NANDI, P. K. Implementation of continuous flow manufacturing (CFM) system. **Production Planning & Control**, v. 11, n. 5, p. 511-519, 2000.

NAHMENS, I.; MULLENS, M. A. Lean homebuilding: Lessons learned from a precast concrete panelizer. **Journal of Architectural Engineering**, v. 17, n. 4, p. 155-161, 2011.

NALLUSAMY, S. Efficiency enhancement in CNC industry using value stream mapping, work standardization and line balancing. **International Journal of Performability Engineering**, v. 12, n. 5, p. 413-422, 2016

NARUSAWA, T; SHOOK, J. **Kaizen Express**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2009. 151 p.

NEUMANN, C.; SCALICE, R. K. **Projeto de fábrica e layout**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1ª ed., 2015. 448 p.

OBEIDAT, M.; AL-AOMAR, R. Adopting lean techniques in textile industry: A sewing plant case study. **ALHOSN University Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 4, n. 1, p. 33-53, 2011.

OBEIDAT, M. S.; PEI, Z. J.; AL-AOMAR, R. Implementing lean manufacturing in the sewing industry. **62nd IIE Annual Conference and Expo 2012**, May 19, 2012 - May 23, 2012. Orlando, FL, United states: Institute of Industrial Engineers, 2012. 2081-2090 p.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997. 151 p.

OLIVEIRA NETTO, A. A. **Metodologia da Pesquisa Científica**: guia prático para apresentação de trabalhos acadêmicos. Florianópolis: VisualBooks, 2005. 160 p.

RODRIGUES, M. V., **Ações para a qualidade GEIQ: Gestão integrada para a qualidade padrão Seis Sigma, classe mundial**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006. 327 p.

RODRÍGUEZ-MÉNDEZ, R; SÁNCHEZ-PARTIDA, D; MARTÍNEZ-FLORES, J. L.; ARVIZU-BARRÓN, E. **A case study: SMED & JIT methodologies to develop continuous flow of stamped parts into AC disconnect assembly line in Schneider Electric Tlaxcala Plant.** 15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, INCOM 2015: IFAC Secretariat, 2015. 1399-1404 p.

ROTHER, M. **Toyota kata: gerenciando pessoas para melhoria, adaptabilidade e resultados excepcionais.** Porto Alegre: Bookman, 2010. 256 p.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando Fluxo Contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção.** São Paulo: Lean Institute, 2002. 104 p.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.** São Paulo, Lean Institute, 2003. 99 p.

SAIHONG, T; TANCHING, N; WEIJIAN, C; KAHPIN, C. **Case Study on Lean Manufacturing System Implementation in Batch Printing Industry Malaysia.** 2016 3rd International Conference on Manufacturing and Industrial Technologies, ICMIT 2016: EDP Sciences, 2016.

SCHROEDER, R.H., LINDERMAN, K., LIEDTKE, C., CHOO, A.S. Six Sigma: Definition and underlying theory. **Journal of Operations Management** v. 26, p. 536–554, 2008.

SEKINE, K. **One-piece flow: cell design for transforming the production process.** Portland: Productivity, 1991. 286 p.

SERRATO, R. B. REDUTEX: a hybrid push-pull production system approach for reliable delivery time in knitting SMEs. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 4, p. 263-279, 2016.

SHEWCHUK, J. P.; GUO, C. Panel Stacking, Panel Sequencing, and Stack Locating in Residential Construction: Lean Approach. **Journal of Construction Engineering and Management-Asce**, v. 138, n. 9, p. 1006-1016, Sep 2012.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da Engenharia de Produção.** Porto Alegre: Bookman, 2ª ed., 1996a. 291 p.

SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos.** Porto Alegre: Bookman, 2000. 327 p.

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas.** Porto Alegre: Bookman, 1996b. 380 p.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 2ª ed., 2002. 747 p.

SMALLEY, A. **Criando o Sistema Puxado e Nivelado: um guia para o aperfeiçoamento de sistemas lean de produção, voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004. 114 p.

SPEAR, S.; BOWEN, H. K. **Decoding the DNA of the Toyota production system**. Harvard Business Review, p. 96-106, Sep.-Oct., 1999.

STANDARD, C.; DAVIS D. **Running today's factory: a proven strategy for lean manufacturing**. Cincinnati: Hanser Gardner Publications, 1999. 293 p.

TOMPKINS, J.A.; WHITE, J.A.; BOZER, Y.A.; TANCHOCO, J.M.A. **Planejamento de Instalações**. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 688 p.

TSHIBANGU, W. M. A.; BERLINSKI, S. **Productivity improvement through layout redesign: A lean approach case study**. 9th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, ICINCO 2012. Rome, 2012. 519-526 p.

WESTIN, M.; CHRONÉER, D.; SEGERSTEDT, A. Lean assemble-to-order manufacturing at Ericsson. **International Journal of Logistics Systems and Management**, v. 15, n. 1, p. 1-17, 2013.

WOMACK, J. P. **Caminhadas pelo Gemba – Gemba Walks**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2011. 350 p.

WOMACK, J. P. The psychology of lean production. **Applied Psychology**, v. 45, n. 2, p. 119-122, 1996.

WOMACK, J. P.; JONES D. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier, 20ª reimpressão, 2004. 408 p.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. Beyond Toyota: how to root out waste and pursue perfection. **Harvard business review**, v. 74, n. 5, p. 140-&, 1996.

WOMACK, J. P.; JONES, D.; ROSS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo: a arma secreta do Japão, da produção em massa para a produção enxuta: a segunda revolução automobilística**. Rio de Janeiro: Elsevier, 10ª ed., 2004. 332 p.

YANG, T. H.; LU, J. C. The use of a multiple attribute decision-making method and value stream mapping in solving the pacemaker location problem. **International Journal of Production Research**, v. 49, n. 10, p. 2793-2817, 2011.

YASSINE, T.; BACHA, M.B.; FAYEK, F., HAMZEH, F. Implementing takt-time planning in construction to improve work flow. **22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Understanding and Improving Project Based Production**, IGLC 2014, June 25, 2014 - June 27, 2014. Oslo, Norway: The International Group for Lean Construction, 2014. 787-798 p.

APÊNDICE A: DETALHAMENTO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Figura 25 apresenta as etapas realizadas durante a aplicação da Revisão Bibliográfica.

Figura 25: Etapas da Revisão Bibliográfica

Fonte: Elaborada pelo autor, 2015

Conforme mostrado na Figura 25, inicialmente foi feita a decisão das *strings* de busca, as palavras chave que guiaram a busca pelos artigos. As *strings* foram escolhidas após uma análise nas principais referências sobre o tema, sendo consultados livros e artigos. Tais autores consultados compõem o Capítulo 2, de referencial teórico da pesquisa. Os termos utilizados para a aplicação da Revisão Bibliográfica foram: *lean*; *continuous flow*; *one piece flow*; *line balancing*; *flow line*; *cell manufacturing*; *flow shop*; *flow production*; *manufacturing flow*.

Na aplicação de cada filtro mostrado na Figura 25 foi analisado se o artigo analisado contribuiria para se atingir o objetivo da realização da Revisão Bibliográfica: identificar as práticas e ferramentas utilizadas para a implantação e sustentabilidade de um fluxo contínuo e os resultados alcançados.

Tendo em vista que o principal objetivo desta pesquisa é identificar práticas e ferramentas para a implantação e sustentação de fluxo contínuo em ambientes de *lean production* e avaliar os ganhos dessa implantação, fez-se necessário também o acréscimo do termo “*lean*” às *strings* que abrangiam o tema fluxo contínuo, pois pesquisas prévias sem este termo se mostraram muito ineficazes para encontrar artigos relacionados ao tema proposto.

De modo geral, respeitando as restrições de busca de cada base de dados, as *strings* de buscas foram configuradas para trazer nos resultados artigos que continham os termos “*lean*” e “*continuous flow*” ou “*one piece flow*” ou “*line balancing*” ou “*flow line*” ou “*cell manufacturing*” ou “*flow shop*” ou “*flow production*” ou “*manufacturing flow*” em seus títulos, *abstracts* ou em suas *keywords*.

O Quadro 8 apresenta as *strings* de buscas utilizadas em cada base dados.

Quadro 8: *Strings* de busca

Base de dados	<i>Strings</i> de busca
Engineering Village	((("lean") WN KY) AND (((("continuous flow" OR "one piece flow" OR "line balancing" OR "flow line" OR "cell manufacturing" OR "flow shop" OR "flow production" OR "manufacturing flow"))) WN KY)) AND ((2016 OR 2015 OR 2014 OR 2013 OR 2012 OR 2011 OR 2010) WN YR)
Scopus	TITLE-ABS-KEY ((("lean") AND ("continuous flow" OR "one piece flow" OR "line balancing" OR "flow line" OR "cell manufacturing" OR "flow shop" OR "flow production" OR "manufacturing flow"))) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2014) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2013) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2012) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2011) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2010)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ECON")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar"))
Web of Science	Tópico: ((("lean") AND ("continuous flow" OR "one piece flow" OR "line balancing" OR "flow line" OR "cell manufacturing" OR "flow shop" OR "flow production" OR "manufacturing flow")) Anos da publicação: (2010 OR 2011 OR 2012 OR 2013 OR 2014 OR 2015 OR 2016)

Fonte: Bases de dados, 2016

O Quadro 9 apresenta a quantidade de artigos encontrados inicialmente e considerados relevantes de acordo com os filtros apresentados na Figura 25.

Quadro 9: Quantidade de artigos por filtro

Base de dados	Pesquisa inicial	Remoção de artigos duplicados	1º Filtro	2º Filtro	3º Filtro
Engineering Village	86	24	17	7	6
Scopus	106	63	32	15	12
Web of Science	54	47	27	12	10
TOTAL	246	134	76	34	28

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

A leitura dos 28 artigos remanescentes após a aplicação do 3º filtro permitiu a análise contida no Capítulo 3.