

Lúcio Galvão Mendes

**MÉTODO PARA REDUÇÃO DE *SETUP* BASEADO NA
ABORDAGEM DE MELHORIA CONTÍNUA TOYOTA KATA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.
Orientador: Prof. Dr. Fernando Antônio Forcellini.

Florianópolis
2017

Mendes, Lúcio Galvão
MÉTODO PARA REDUÇÃO DE SETUP BASEADO NA ABORDAGEM
DE MELHORIA CONTÍNUA TOYOTA KATA / Lúcio Galvão
Mendes ; orientador, Fernando Antonio Forcellini,
2017.
119 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Mecânica. 2. Lean Manufacturing. 3.
Single Minute Exchange of die. 4. Toyota Kata. 5.
Setup. I. Forcellini, Fernando Antonio . II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. III. Título.

Lúcio Galvão Mendes

**MÉTODO PARA REDUÇÃO DE *SETUP* BASEADO NA
ABORDAGEM DE MELHORIA CONTÍNUA TOYOTA KATA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Mecânica”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Florianópolis, 17 de Março de 2017.

Prof. Jonny Carlos da Silva, Dr.
Coordenador do Curso

Prof. Fernando Antônio Forcellini , Dr. Eng. – Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof. Fernando Antônio Forcellini , Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. João Carlos Espíndola, Ph.D.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Milton Pereira, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado a minha família, em especial aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado e me deram força e toda a sustentação nas dificuldades desta jornada que é a vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas as oportunidades dadas na minha vida.

Aos meus pais Rita e Marcelo, aos quais dedico este trabalho, e que me apoiaram em todos os momentos, principalmente naqueles em que mais precisei.

A toda a minha família, em especial meus irmãos: Marcela, Giselle e Marcelinho, minha sobrinha Letícia, meus avós Mário e Virgínia, o saudoso avô Raimundo, e avó Nazaré, esta que nos deixou durante esta jornada.

Ao meu orientador Fernando Antônio Forcellini, por toda a dedicação e compreensão durante a orientação.

Aos colaboradores da Produza, dentre eles, Mario, Engielli, Marcos, Deivid, Udinei, Thiago, Marlos, Ana Jussara, Paulo, pela colaboração no trabalho e pela disposição em melhorar.

Aos grandes amigos que fiz em Florianópolis, em especial Altino, Marisa e família, que se mostraram uma segunda família durante minha estadia em sua casa, e a Danilo, Jackeline, Mariele e Emílio, pelos almoços de final de semana, e todos os momentos de parceria, tornando essa fase longe da família menos solitária.

Aos amigos de GEPPS, pelos momentos de discussões de pesquisa e de descontração nos churrascos.

À FAPESC pelo apoio financeiro nessa pesquisa.

Por todas as experiências adquiridas. Muito Obrigado!

*A verdadeira viagem de descobrimento
não consiste em procurar novas
paisagens, mas em ter novos olhos*
(Marcel Proust)

RESUMO

A abordagem *Lean* tem sido bastante utilizada nas últimas décadas pelas empresas que buscam a excelência de suas operações, por meio da eliminação dos desperdícios. Uma das metodologias mais conhecidas desta abordagem é o SMED (*Single Minute Exchange of Die* – ou troca rápida de ferramentas), focada na redução do tempo de preparação de máquinas e operações, sendo essencial para pilares como o *Just-in-time* e o nivelamento da produção. Tradicionalmente, a implementação da metodologia SMED ocorre no formato de eventos *kaizen*, projetos de melhoria estruturados e focados, com objetivos específicos e em tempo reduzido, já existindo na literatura, sistemáticas estruturadas para esse tipo de modelo. No entanto, a sustentabilidade do padrão de melhoria é questionada em iniciativas baseadas neste tipo de abordagem de implementação. Neste contexto, foi desenvolvida a Toyota Kata, que visa proporcionar o desenvolvimento de soluções de maneira sistemática e científica, em situações dinâmicas e incertas, através de um padrão, ou rotina de interação contínua com o sistema, de forma a propiciar a sustentabilidade da busca pela excelência. Por isso, o trabalho propõe um método para redução do *setup*, por meio de ciclos de melhoria da rotina Toyota Kata. O método proposto foi aplicado por meio de uma pesquisa em uma empresa de montagem de placas eletrônicas, resultando na geração de ideias inovadoras e na implementação de melhorias significativas, com foco na redução do tempo de troca de uma linha de inserção de componentes. Além da melhoria do processo, percebeu-se uma mudança na maneira de pensar da equipe participante, que passou a direcionar os esforços de melhoria, e a refletir sobre os resultados obtidos para cada ação tomada.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*; *Single Minute Exchange of die* (SMED); Toyota Kata; *Setup*.

ABSTRACT

The Lean approach has been widely used in recent decades by companies seeking excellence in its operations, through the Elimination of waste. One of the greatest assets in the use of the approach is the method SMED (Single Minute Exchange of Die), focused on reducing the preparation time of machines and operations, being essential for pillars as the Just-in-time and leveling of production. Traditionally, the implementation of the methodology SMED occurs in the form of kaizen events, structured and focused improvement projects, using cross-functional teams in improving a target workplace, with specific goals and in a shorter timeframe, already existing in the literature, systematic structured for that type of template. However, the sustainability of improvement is questioned on initiatives based on this kind of approach to implementation. So it was developed the Toyota Kata, which aims to provide the development of systematic and scientific method solutions in dynamic and uncertain situations, through a standard, or routine continuous interaction with the system, in order to provide sustainability of the search for excellence. Therefore, the research proposes a method to reduce the setup time, through cycles of improvement of Toyota Kata routine. The proposed method was applied through an action research in a company of electronic PCB Assembly, resulting in the generation of innovative ideas and the implementation of significant improvements, with a focus reducing the time of a trading line components insertion. In addition to the improvement of the process, was raised a change in the way of thinking of the team, who went on to direct improvement efforts, and to reflect on the results obtained for each action taken.

Palavras-chave: Lean Manufacturing; Single Minute Exchange of die (SMED); Toyota Kata; Setup.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1– Evolução do Padrão de excelência empresas ganhadoras do Shingo Prize.....	26
Figura 1.2 - Passos de investigação da pesquisa.....	29
Figura 1.3 - Ciclo da pesquisa-ação.....	31
Figura 2.1 - Estágios e Técnicas SMED.....	36
Figura 2.2 - Filtros de Pesquisa.....	38
Figura 2.3 - Técnica e Ferramentas utilizadas.....	46
Figura 2.4 - Períodos de Desaceleração e Aceleração.....	48
Figura 2.5 - Obstáculos entre Condição Atual e Alvo.....	50
Figura 2.6 - Representação gráfica da Abordagem Kata.....	51
Figura 2.7 - Visão esquemática da rotina Kata de Melhoria.....	52
Figura 2.8 - “Storyboard” – Andamento do Kata de Melhoria.....	53
Figura 2.9 - Cartão das 5 Questões.....	54
Figura 2.10 - Representação de um ciclo de Kata de Coaching.....	54
Figura 2.11- Relações do Kata de Coaching e o Kata de Melhoria.....	55
Figura 2.12 - Desdobramento da Kata entre os níveis da organização.....	55
Figura 2.13 - Direcionamento das equipes ao Desafio.....	56
Figura 3.1` - Fases do método proposto.....	59
Figura 3.2 - Definição do desafio do método.....	60
Figura 3.3 - Condições-alvo definidas no método.....	61
Figura 3.4 - Rotina de experimentos em direção à condição-alvo.....	62
Figura 3.5 - Realização de ciclos PDCA e sequência de condições alvo.....	62
Figura 4.1- Método proposto em ciclos de pesquisa-ação.....	66
Figura 4.2 - Placa de circuito impresso.....	68
Figura 4.3 - Tipos de componentes das placas.....	68
Figura 4.4 - Tipos de Inserção SMT.....	70
Figura 4.5 - Visão Geral da Linha SMT.....	71
Figura 4.6 - Visão Geral da Linha PTH.....	72
Figura 4.7 - Mapa de estado atual.....	73
Figura 4.8 - Mapa do estado atual com os problemas identificados.....	76
Figura 4.9 - Mapa do estado futuro.....	78
Figura 4.10 - Desdobramento da KATA entre os níveis da empresa em estudo.....	79
Figura 4.11 - Modelo de Storyboard utilizado.....	83
Figura 4.12 - Colocação do Storyboard ao lado da linha.....	83
Figura 4.13 - Representação de Atividades do Setup da Linha SMT.....	89
Figura 4.14 - Representação de novo padrão das atividades do setup no layout da Linha.....	95
Figura 4.15 - Sequência de passos para junção com peça metálica.....	99
Figura 4.16 - Atividade de junção com adesivo.....	100
Figura 4.17 - Processo de junção com crimpador no suporte.....	101
Figura 4.18 - Tipos de emendas de componentes a) Com peça metálica; b) Sem peça metálica.....	102
Figura 4.19 - Colocação de Componentes na máquina de inserção.....	103

Figura 4.20 - Anotação de localização dos componentes no feeder	104
Figura 4.21 - Separação de materiais na ordem dos feeders	104
Figura 4.22 - Novo Processo de separação de materiais	105
Figura 4.23 - Sessões de Kata de Coaching nas 3 equipes de Melhoria	108
Figura 4.24 - Gráfico percentual por mês de atendimentos no prazo	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Resultados da pesquisa	37
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Princípios da Abordagem Lean.....	32
Quadro 2.2 - Tipos de desperdícios	34
Quadro 2.3 - Eventos chave no desenvolvimento do SMED	35
Quadro 2.4 - Artigos do Portfólio de Pesquisa SMED	38
Quadro 2.5 - Principais Resultados dos Artigos	40
Quadro 2.6 - Artigos do portfólio em Kata	56
Quadro 4.1 - Ciclo da pesquisa-ação – Fase 1	80
Quadro 4.2 – Ciclo da pesquisa-ação – Fase 2.....	81
Quadro 4.3 - Ciclo da pesquisa-ação – Fase 3	84
Quadro 4.4 - Registro de Ciclos de Kata 1ª Condição-alvo	85
Quadro 4.5 - Lista de Atividades do Setup	86
Quadro 4.6 - Registro de Ciclos de Kata 2º Condição-atual.....	90
Quadro 4.7 - Atividades do setup classificadas em Internas e Externas	90
Quadro 4.8 - Registro de Ciclos de Kata 3º Condição-alvo.....	96
Quadro 4.9 - Registro de Ciclos de Kata - 4ª Condição-alvo.....	98
Quadro 4.10 - Ciclo da pesquisa-ação – Fase 4	106

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOI - *Automatic Optical Inspection*
MCDM - *Multiple Criteria Decision-Making*
MFV – Mapeamento de Fluxo de Valor
MIT - *Massachusetts Institute of Technology*
OEE - *Overall Equipment Effectiveness*
PCB – *Printed Circuit Board*
PCP – Planejamento e Controle de Produção
PDCA – *Plan-Do-Check-Act*
PTH – *Pin through-hole technology*
PVC - *Polyvinyl chloride*
SIPOC – *Supplier-Input-Process-Output-Customer*
SMED - *Single Minutes Exchange of die*
SMT - *Surface Mount technology*
SPI - *Solder Paste Inspection*
TPM - *Total Productive Maintenance*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	Contextualização e Problemática	25
1.2	Objetivos.....	28
1.2.1	Objetivo Geral	28
1.2.2	Objetivos Específicos	28
1.3	Procedimentos Metodológicos	28
1.4	Estrutura do Trabalho	31
2	ESTADO DA ARTE.....	32
2.1	A Abordagem <i>Lean</i>	32
2.1.1	Valor e Desperdício	33
2.2	Single Minute Exchange of Die (SMED)	35
2.2.1	Revisão Bibliográfica Sistemática sobre SMED	37
2.2.2	Abordagens de Implementação do SMED	44
2.2.3	Ferramentas e técnicas utilizadas.....	46
2.2.4	Críticas e Contribuições à metodologia	47
2.3	Toyota Kata.....	49
2.3.1	Kata de Melhoria.....	51
2.3.2	Kata de Coaching	53
2.3.3	Definição do Desafio e Desdobramento	55
2.3.4	Pesquisa exploratória – Toyota Kata.....	56
3	MÉTODO	58
3.1	Método para o <i>setup</i> rápido baseado na abordagem Toyota Kata	58
3.1.1	Fase 1 – Desdobramento da Visão da Empresa	59
3.1.2	Fase 2 - Capacitação da equipe na Rotina Kata	60
3.1.3	Fase 3 – Entrega do desafio e Conscientização	60
3.1.4	Fase 4 – Ciclos de Kata.....	60
3.1.5	Documentação e aprendizado.....	63
4	PESQUISA – AÇÃO PARA A VERIFICAÇÃO DO MÉTODO.....	64
4.1	Planejamento da pesquisa-ação.....	64
4.1.1	Fase 1 – Desdobramento da visão.....	67
4.2	Fase 2 - Capacitação da equipe.....	80
4.3	Fase 3 – Entrega do Desafio.....	81
4.4	Fase 4 – Ciclos de Kata de melhoria e Kata <i>Coaching</i>	84
4.4.1	Condição-alvo 1	85
4.4.2	Condição-alvo 2	90
4.4.3	Condição-alvo 3	96
4.4.4	Condição-alvo 4	97
4.5	Principais Resultados Alcançados.....	107

5	CONCLUSÃO	110
6	REFERÊNCIAS	113

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo é dedicado a apresentar o contexto, problemática, objetivos a serem alcançados, e os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa. Ainda, ao final, é apresentada a estrutura da dissertação com uma visão geral de cada capítulo.

1.1 Contextualização e Problemática

O *Lean* (traduzido para o português como “enxuto(a)”) consiste em uma abordagem fundamentada na busca da eliminação de desperdícios e na melhoria contínua, focada no valor orientado ao cliente, que surgiu a partir da observação do Sistema Toyota de Produção (MEZENTSEV; SHABIS, 2015). No contexto de mercado global, e da exigência de níveis de competitividade cada vez maiores das empresas, o *Lean* tem sido bastante utilizado, atingindo resultados consideráveis, em curto espaço de tempo, na sua aplicação.

A popularidade do *Lean* ao longo dos anos espalhou-se de maneira diversificada. As aplicações, que em um momento inicial eram focadas em empresas de manufatura, vêm sendo aplicadas em diversas novas áreas, como em diversos setores de serviço (LEITE, 2012).

Uma das metodologias do *Lean*, SMED (*Single minute Exchange of die*, traduzido para o português como ‘troca rápida de ferramentas’), visa à redução do tempo de preparação de máquinas ou instalações por meio da melhor organização dos procedimentos. Tempo de *setup* reduzido é um elemento essencial para a implementação de alguns pilares do *Lean*, como JIT (*Just-in-time*) e o nivelamento da produção (ALMOMANI *et al.*, 2013), proporcionando redução dos níveis de estoque (final e em processo), os tempos de produção e de espera, assim como melhorias na qualidade e flexibilidade na produção (MÉNDEZ e RODRIGUEZ, 2015).

Ao longo dos últimos anos, pode-se encontrar diversos estudos sobre a utilização da metodologia SMED. Alguns estudos propõem variações no método desenvolvido por Shingo (1985), sugerindo melhorias e a utilização de algumas ferramentas auxiliares às propostas pelo autor (SINGH e KHANDUJA, 2012; LV *et al.*, 2015; BEVILACQUA *et al.*, 2015; ALMOMANI *et al.*, 2015; MÉNDEZ e RODRIGUEZ, 2015).

Surgiram também alguns métodos, ou abordagens de implementação, que sistematizam como o SMED deve ser aplicado, considerando o ambiente e as pessoas (MOXHAN e GREATBANKS,

2001; FOGLIATTO e FAGUNDES, 2003; GRZYBOWSKA E GAJDZIK, 2012; NEUMANN E RIBEIRO, 2004; CARRIZO MOREIRA e CAMPOS SILVA PAIS, 2011). Quando se analisa a forma de implementação utilizada, verifica-se que boa parte das pesquisas apresenta uma visão de projeto, ou seja, na forma de eventos com início e fim bem definidos, nos quais se tem a redução de *setup* tratada de maneira isolada.

A forma de implementação das melhorias ou mudanças tem sido um ponto chave de discussão atualmente, devido à dificuldade na sustentabilidade do padrão de excelência das empresas que trabalham com a abordagem *Lean*. Em 2010, o comitê do *Shingo Prize*, evento que premia os melhores resultados da aplicação de *Lean* na manufatura, decidiu rever os processos das empresas que haviam sido premiadas nos últimos anos. Esta verificação mostrou que a maior parte delas não conseguiu manter o padrão de excelência de quando foram auditadas pelo órgão (MACPHERSON, 2012). A figura 1.1 ilustra esta situação, em que se destaca que apenas cerca de 15% das organizações que implementam o *Lean* continuam a desenvolver, melhorar e entregar resultados mensuráveis, e que 85% das organizações acabam retrocedendo em termos dos resultados obtidos. Segundo Rother (2009), isso ocorre devido à maioria das abordagens de implantação ter ocorrido de forma isolada, não sistêmica, não havendo uma inter-relação direta entre os conceitos, técnicas e ferramentas enxutas.

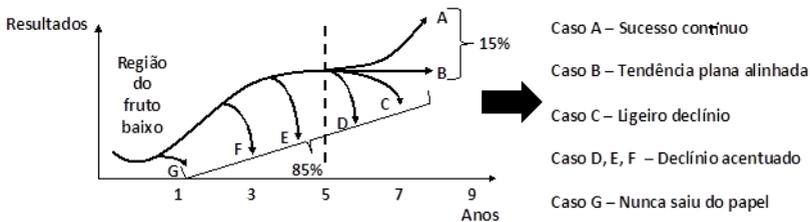


Figura 1.1– Evolução do Padrão de excelência empresas ganhadoras do Shingo Prize.

Fonte: Macpherson (2012)

Quando é observada a forma da implementação de melhorias na abordagem *Lean*, é bastante comum a adoção dos chamados “eventos *kaizen*”. Estes se conceituam por projetos de melhoria estruturados e focados, utilizando equipes multifuncionais na melhoria de uma área de

trabalho alvo, com objetivos específicos e em tempo reduzido (GLOVER *et al.*, 2011).

Ao comparar o conceito de eventos *kaizen* com conceito “*kaizen*”, palavra japonesa traduzida pelo ocidente como “melhoria contínua”, depara-se com um paradoxo: enquanto o princípio do *kaizen* foca em um fluxo regular e incremental de melhorias, os eventos *kaizen* focam em momentos de mudanças rápidas seguidas por períodos de inatividade, ou seja, sugerem uma descontinuidade.

Diante desta contradição, Glover *et al.* (2013) sugerem que o uso ideal de eventos *kaizen*, para que se atinja a sustentabilidade de implementação de melhorias, deve ser feito concomitante com mecanismos que propiciem o princípio do *kaizen*, ou seja, favoreçam a cultura da melhoria contínua. Alguns estudos apresentam casos de insucessos na sustentabilidade de melhorias realizadas unicamente por meio dos eventos *Kaizen* (BURCH, 2008; LARARIA *et al.*, 1999)

Analisando esse fato, e observando como a Toyota praticava seus processos de melhoria contínua, Rother (2010) descreveu o que foi chamado de Toyota Kata. Segundo o autor, Toyota Kata é uma forma padrão, ou rotina, que pode ser praticada para desenvolver habilidades particulares e uma nova mentalidade. O objetivo da Toyota Kata é proporcionar o desenvolvimento de soluções de uma maneira sistemática e científica, em situações dinâmicas e com incertezas, através de um padrão, ou rotina, de interação contínua com o sistema, de forma a propiciar a sustentabilidade na busca pela excelência.

A forma que ocorre a implementação de melhorias na utilização da Toyota Kata difere-se em relação aos eventos *kaizen*, já que no primeiro, as melhorias ocorrem de forma contínua ou rotineira, através de pequenos experimentos.

Assim, é possível identificar a problemática entre a implementação de melhorias baseadas em projetos isolados, contrapondo-se à nova visão associada a uma rotina de melhoria contínua.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é desenvolver um método para a redução de *setup*, baseado na metodologia *Single Minute Exchange of die* (SMED), e na abordagem Toyota Kata.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Identificar e analisar na literatura as diferentes variações da prática e implantação do SMED, além dos estudos que contemplam a implantação de melhorias através do Toyota Kata;
2. Avaliar o método proposto por meio de um caso prático em uma empresa de manufatura.

1.3 Procedimentos Metodológicos

Para que sejam atingidos os objetivos da pesquisa, é proposto um procedimento metodológico composto por três partes:

1. Busca sistemática na literatura, com o foco na implementação da metodologia SMED e na abordagem Toyota Kata;
2. Construção do método proposto, utilizando os conceitos do SMED e da rotina Toyota Kata;
3. Pesquisa-ação em empresa de manufatura para verificação da sistemática proposta.

A sequência metodológica da dissertação é representada na Figura 1.2, apresentando o passo a passo da pesquisa:

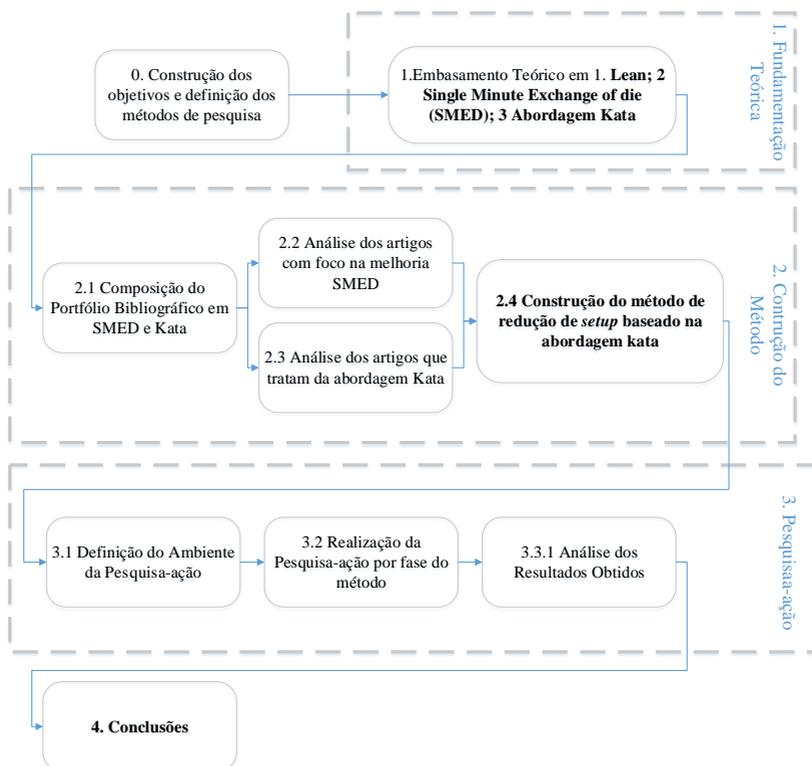


Figura 1.2 - Passos de investigação da pesquisa.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

O primeiro passo objetiva o embasamento teórico dos principais assuntos que o trabalho abrange. Desta forma, será realizada uma breve apresentação da literatura, trazendo os principais conceitos abordados no trabalho: *Lean* e SMED, e a Toyota Kata.

Para Conforto *et al.* (2011), muitos dos problemas em pesquisas se dão devido à falta de um levantamento do estado da arte de forma estruturada, já que vários questionamentos de pesquisa já podem ter sido totalmente ou parcialmente resolvidos e publicados, e estar presentes em alguma das bases de periódicos existentes. Assim, a pesquisa bibliográfica da literatura se torna um processo complexo, mas necessário.

Portanto, para que o método desenvolvido na pesquisa seja construído de forma a contemplar a análise de uma ampla gama de publicações existentes, e o problema de pesquisa esteja bem definido e

fundamentado, fez-se da revisão bibliográfica sistemática uma maneira de obter maior rigor e melhores níveis de confiabilidade à pesquisa, e levantamento de um estado da arte mais completo sobre a temática. Segundo Conforto *et al.* (2011), a utilização desse tipo de revisão significa definir uma estratégia e um método para realizar buscas e analisar resultados. Assim, serão analisados os artigos que focuem na implementação do SMED e na Toyota Kata.

O segundo passo trata-se da construção do método proposto. Contrapondo-se aos métodos já existentes na literatura, o mesmo será construído com base na rotina Toyota Kata.

A terceira fase da pesquisa, com objetivo de verificar o método proposto, será realizada através da pesquisa-ação. Segundo Mello *et al.* (2012), a pesquisa-ação é a produção de conhecimento guiada pela prática, com a modificação de um determinado sistema. Neste método de pesquisa, o conhecimento é produzido e a realidade modificada simultaneamente.

Para Thiollent (2007), na pesquisa-ação é fundamental a realização de uma ação por pessoas ou grupos implicados no problema em observação. Esta “ação” deve merecer investigação do ponto de vista científico, para que seja conduzida. Dessa forma, o pesquisador tem papel fundamental no equacionamento do problema, acompanhamento e avaliação das ações tomadas.

A estruturação da pesquisa-ação acontece através de ciclos de aprendizagem. O pesquisador interfere no objeto de estudo com o objetivo de resolver um problema e contribuir para a base do conhecimento.

Segundo Susman e Evered (1978), o ciclo da pesquisa-ação possui os seguintes passos:

- a) Diagnóstico para a identificação do problema;
- b) Planejamento da ação, considerando as possibilidades para resolver o problema;
- c) Execução das ações, com seleção de um roteiro de ação;
- d) Avaliação das consequências da ação;
- e) Aprendizagem específica e identificação dos ensinamentos de partida para evidenciar o conhecimento generalizável adquirido sobre o problema.

Dessa forma, será escolhido um ambiente de pesquisa para a avaliação do método proposto na etapa anterior. A sequência dos passos na condução da pesquisa-ação seguirá o modelo cíclico. Para cada fase do método proposto será realizado pelo pesquisador um ciclo da pesquisa-ação, verificando diante do que foi planejado, o que realmente aconteceu,

o que foi observado e o que se obtém de reflexão diante do ocorrido. Os ciclos utilizados estão representados na Figura 1.3.

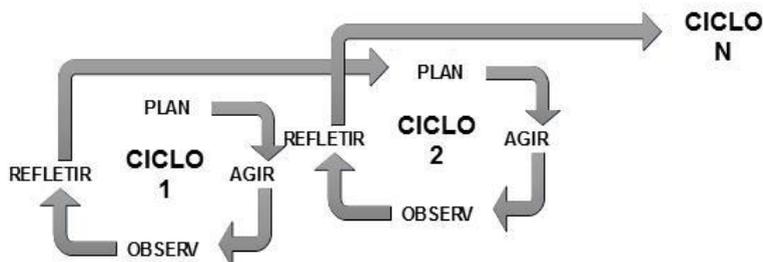


Figura 1.3 - Ciclo da pesquisa-ação.
Fonte: Elaboração pelo autor (2016).

1.4 Estrutura do Trabalho

A dissertação é composta por cinco capítulos, sendo o Capítulo 1 dedicado a apresentar o contexto, problemática, objetivos a serem alcançadas, metodologia e as contribuições esperadas na pesquisa.

Em seguida é apresentado o Capítulo 2, com a finalidade de embasar teoricamente sobre os principais assuntos tratados na pesquisa: *Lean*, SMED e o Toyota Kata. Além de trazer uma revisão bibliográfica sistemática de aplicações da metodologia SMED.

No Capítulo 3, é tratado sobre a construção e apresentação do método proposto. O Capítulo 4 apresenta a pesquisa-ação, na qual se têm como objetivo a aplicação e verificação do método proposto, em um ambiente de manufatura. O Capítulo 5 apresenta as conclusões obtidas a partir da pesquisa integral.

2 ESTADO DA ARTE

Diante da problemática, e dos objetivos definidos, o presente capítulo objetiva fornecer os principais conceitos relacionados no trabalho. Primeiramente, são apresentados o histórico, os princípios e os principais conceitos da Abordagem *Lean*. Posteriormente, é realizada uma revisão sistemática de literatura sobre a aplicação do SMED, e, por último, são apresentados os fundamentos, princípios e funcionamento da Toyota Kata.

2.1 A Abordagem *Lean*

O termo *Lean* surgiu ao final da década de 1980 em um projeto de pesquisa do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) sobre a indústria automobilística mundial. A pesquisa revelou que a Toyota havia desenvolvido um novo modelo de gestão do negócio em várias dimensões, entre elas, manufatura, desenvolvimento de produtos e relacionamento com os clientes e fornecedores. Em 2009, a Toyota tornou-se a maior em volume de vendas do setor automobilístico, demonstrando as vantagens e benefícios do sistema que desenvolveu (LEAN INSTITUTE, 2016).

A Abordagem *Lean*, que visa na sua essência à eliminação de desperdícios, surgiu no ambiente de manufatura, mas passou a ser aplicada nos mais diversos ramos, principalmente a partir da publicação do livro “Mentalidade Enxuta nas Empresas”, de Womack e Jones (1998), que definiram os 5 princípios fundamentais da Abordagem *Lean*. Segundo os autores, as empresas que perseguem a excelência na busca de valor devem se orientar pelos princípios apresentados no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 - Princípios da Abordagem *Lean*

Princípios	Conceito
1. Valor	O primeiro passo para a mentalidade enxuta consiste na definição do valor. O valor não é definido pela empresa, mas sim pela perspectiva do cliente. A necessidade gera o valor e cabe às empresas determinarem qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico para manter a empresa no negócio e aumentar o lucro via melhoria contínua dos processos, reduzindo o custo e aumentando a qualidade.

2.Cadeia de valor	Identificar a cadeia de valor consiste em dissecar a cadeia produtiva, mapear e classificar os processos em três tipos: aqueles que efetivamente geram valor, aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção da qualidade e, por fim, aqueles que não agregam valor devendo ser evitados imediatamente.
3.Fluxo	Fazer com que os passos de valor agregado ocorram numa sequência fortemente integrada de modo que o trabalho venha a fluir continuamente com suavidade;
4.Puxar	Ter a capacidade de desenvolver, produzir e distribuir rapidamente. A empresa deve atender a necessidade dos clientes quase que instantaneamente. Isso permite inverter o fluxo produtivo: as empresas não mais empurram os produtos para o consumidor através de descontos, promoções e "leve dois pague um". O consumidor passa a "puxar" a produção, eliminando estoques e dando valor ao produto; é a Produção Puxada.
5.Perfeição	A perfeição sinaliza a busca constante pela melhoria do fluxo de valor. Ter um processo transparente, onde todos os membros da cadeia tenham conhecimento do processo como um todo, podendo dialogar e buscar continuamente o valor.

Fonte Adaptado de *Lean Institute* (2016).

2.1.1 Valor e Desperdício

A abordagem *Lean* tem como principal objetivo gerar valor ao cliente por meio da eliminação dos desperdícios presentes nos processos. Na visão do *Lean*, as atividades realizadas nas organizações podem ser classificadas em três categorias: aquelas que agregam valor; as que não agregam valor; e aquelas que não agregam, mas, no entanto, são necessárias (HERDERSCHIEIT, 2016).

Para que uma atividade seja considerada como agregadora de valor, a mesma deve respeitar aos seguintes critérios: o cliente deve estar disposto a pagar; a atividade transforma de alguma forma o produto ou serviço; a atividade deve ser realizada corretamente da primeira vez.

Com a identificação do valor para o cliente, tende-se a eliminar os desperdícios. Segundo Ohno (1988), existem sete desperdícios básicos no ambiente de produção (Quadro 2.2).

Quadro 2.2 - Tipos de desperdícios

Desperdício	Conceito
Defeito	Os problemas de qualidade que podem muitas vezes resultar em queixas de clientes ou ser detectado anteriormente por equipes de inspeção ou manutenção. Estes problemas estão relacionados, tipicamente, à falta de procedimentos padrão e sistemas de controle, ou à falha humana, e têm um impacto negativo sobre os custos de produção e produtividade.
Inventário	O excesso de inventário normalmente deriva da existência de gargalos de produção, atividades de trocas lentas, ou processos desequilibrados. Como consequência, as áreas criam maiores custos de manutenção de estoques e mais operações de manipulação são necessários.
Movimentação Desnecessária	Movimentos realizados pelos trabalhadores que não agregam valor ao produto. Estes estão muitas vezes relacionados com a busca de ferramentas e componentes dentro da estação ou para aspectos ergonômicos que exigem maiores esforços dos trabalhadores do que deveria.
Processamento Inapropriado	Qualquer processo ou operação que não agrega valor para a empresa pode ser considerada desperdícios e pode potencialmente aumentar a incidência de defeitos nos produtos.
Superprodução	Produção de mais itens do que o exigido pelo cliente. Como consequência, os recursos são utilizados sem retorno financeiro; é necessário aumento de espaço de armazenamento; e o planejamento de produção torna-se menos flexível.
Transporte	Movimentação de produtos e materiais dentro de uma fábrica requer sistema de transporte, que pode ser dispendioso, necessitar de manutenção,

	aumentar o tempo de espera e, às vezes, danificar peças.
Espera	Tempo perdido à espera de pessoas, materiais ou equipamentos. Isso pode acontecer devido a obstruções no fluxo, problemas no layout das estações, atrasos na entrega de componentes ou a falta de processos de produção equilibrados.

Fonte: Adaptado de Lacerda *et.al.* (2016).

2.2 Single Minute Exchange of Die (SMED)

O SMED é uma metodologia amplamente reconhecida no *Lean*, e que visa à redução do tempo de preparação de máquinas ou instalações (conhecido como tempo de *setup* ou tempo de troca). Surgiu como uma forma prescritiva de se atingir drástica redução no tempo de *setup*. O desenvolvimento da metodologia por Shigeo Shingo, engenheiro da Toyota, ocorreu ao longo de vários anos de experiência, marcados por alguns eventos sequenciados por ordem cronológica no Quadro 2.3, que culminaram com a publicação do livro *The revolution of Manufacturing: The SMED System*, em 1983.

Quadro 2.3 - Eventos chave no desenvolvimento do SMED

Anos	Eventos-chave
1951-1955	Shiego Shingo conduziu o programa de excelência e desenvolveu a gênese do SMED.
1956-1960	Uma melhoria dramática nas operações de <i>setup</i> na Mitsubishi Heavy Industries Ltda.
1961-1965	Na planta de estamperia de Motomachi, a Toyota reduziu o tempo de troca de mais de uma hora para menos de 15 minutos em 1962.
1966-1970	A mudança da configuração da troca de uma prensa da principal planta da Toyota reduziu o tempo de troca de 4 para 1,5 hora. Surgiu a sistemática da metodologia SMED.
1971-1975	Na M Electric Japan, o tempo de <i>setup</i> da prensa foi reduzido de 90 para 9 minutos.
1976-1980	Indústrias europeias começaram a implementar o SMED.

Fonte: Adaptado de Sohani (2012)

A metodologia desenvolvida por Shingo (1985) é constituída por quatro estágios conceituais, sendo o primeiro preliminar, o qual representa a situação atual do processo de *setup*, e outros 3 estágios sequenciais, compostos basicamente por 12 técnicas orientadas para a redução do tempo de *setup*. Os estágios conceituais e as técnicas apresentadas por Shingo (1985) estão representadas na Figura 2.1.

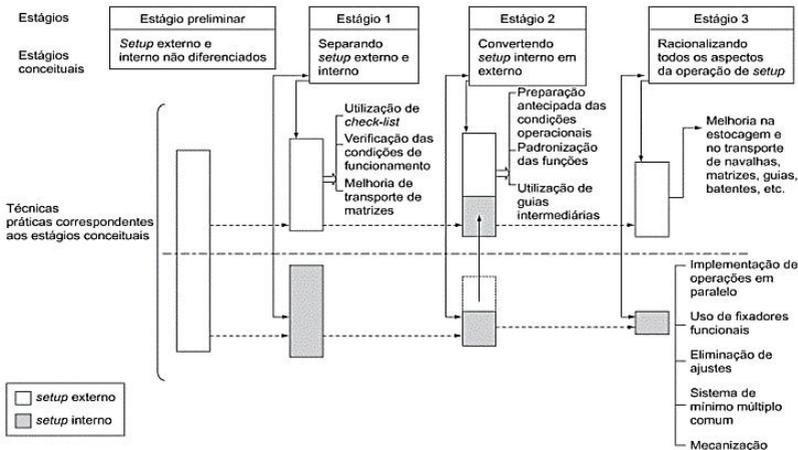


Figura 2.1 - Estágios e Técnicas SMED
Fonte: Shingo(2000).

A partir da obra de Shingo (1985), a metodologia popularizou-se ao longo dos anos, e tem sido um dos principais trunfos da implantação do *Lean* nas organizações. Segundo Mcintosh *et al.*(2000), a partir disso, o SMED recebeu uma definição em um sentido mais amplo: passou a englobar toda a abordagem de implementação, ou seja, o contexto de interface da implementação da metodologia dentro da organização; que engloba desde a identificação do processo ou máquina, condução das análises do processo, treinamento nas técnicas de melhoria, seleção do time da melhoria, tendo como *core* a metodologia propriamente dita.

Dessa forma, realizou-se uma revisão sistemática com o objetivo de identificar os casos de aplicação do SMED na literatura, identificando as abordagens de implementação, os seus resultados, técnicas utilizadas e críticas à metodologia.

2.2.1 Revisão Bibliográfica Sistemática sobre SMED

O método utilizado nesta primeira fase da pesquisa foi teórico-conceitual, com base na revisão bibliográfica sistemática. No que se refere aos procedimentos e técnicas utilizados, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, que recorre a recursos tecnológicos para identificação, seleção e indexação e gestão dos artigos do portfólio com a utilização do software *Endnote X6*. De acordo com Kitchenham (2004), este tipo de revisão proporciona uma avaliação a respeito de um tópico de pesquisa, fazendo uso de uma metodologia de revisão que seja confiável, rigorosa e que permita auditagem.

Dessa forma, o procedimento de pesquisa deu-se da seguinte forma: foram utilizadas as bases de dados *Web of Knowlegde*, *Scopus*, *Compendex*, *Scielo*, *Science Direct* e *EBSCO*. Como descritor de pesquisa utilizou-se o termo, referente ao nome da metodologia, “*Single minute Exchange of die*”, presente no título, resumo ou palavras-chave. Assim, o número de artigos encontrados está representado na tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Resultados da pesquisa

Base de Dados	Nº de Artigos
<i>Web of Knowlegde</i>	22
<i>Scopus</i>	62
<i>Compendex</i>	43
<i>Scielo</i>	5
<i>EBSCO</i>	30
<i>Science Direct</i>	9
Total	171

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Dos 171 documentos encontrados, foram eliminados os que se encontravam em duplicação, resultando em 92 documentos. Destes, para a abrangência somente de literatura qualificada, foram selecionados somente os documentos com classificação *journal article*, restando 68 artigos. Foram analisados primeiramente o título, resumo e palavras-chave e chegou-se a 32 artigos. Desses, foram encontrados 27 em texto integral, que foram analisados, até restar 20 artigos com o enfoque na

temática da pesquisa, formando assim, o portfólio de análise. Os resultados dos filtros de pesquisas estão representados na Figura 2.2.

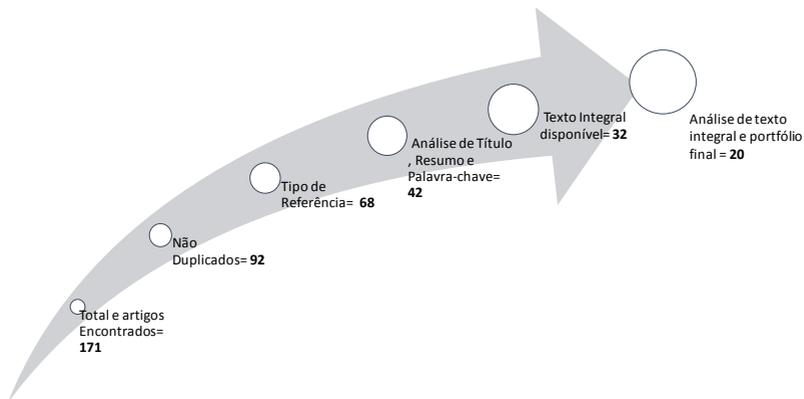


Figura 2.2 - Filtros de Pesquisa
Fonte: Elaboração pelo autor (2016).

Assim, aplicando o método proposto, o portfólio final de artigos para análise está apresentado no Quadro 2.4.

Quadro 2.4 - Artigos do Portfólio de Pesquisa SMED

REFERÊNCIA	TÍTULO
Mcintosh et al. (2000)	<i>A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology</i>
Moxham e Greatbanks (2001)	<i>Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: A study in a textile processing environment</i>
Patel; Dale e Shaw (2001)	<i>Set-up time reduction and mistake proofing methods: An examination in precision component manufacturing</i>
Fogliatto e Fagundes (2003)	Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso
Neumann e Ribeiro(2004)	Desenvolvimento de fornecedores: um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas

Mcintosh et al.(2007)	<i>Changeover improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" methodology</i>
Sugai; Mcintosh e Novaski (2007)	Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso
Singh e Khanduja (2010)	<i>SMED: For quick changeovers in foundry SMEs</i>
Carrizo Moreira e Campos Silva Pais (2011)	<i>Single Minute Exchange of Die: A Case Study Implementation</i>
Grzybowska e Gajdzik (2012)	<i>Optymisation of equipment setup processes in enterprises</i>
Kumar e Abuthakeer (2012)	<i>Productivity enchancement by implementig Lean tools and techniques in an automotive industry</i>
Singh e Khanduja (2012)	<i>Risk management in complex changeovers through CFMEA: An empirical investigation</i>
Suresh Kumar e Syath Abuthakeer (2012)	<i>Implementation of Lean tools and techniques in an automotive industry</i>
Almomani, et al.(2013)	<i>A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques</i>
Ferradás e Salonitis, K.(2013)	<i>Improving Changeover Time: A Tailored SMED Approach for Welding Cells</i>
Das ;Venkatadri e Pandey (2014)	<i>Applying Lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing</i>
Bevilacqua et al.(2015)	<i>A Changeover Time Reduction through an integration of Lean practices: A case study from pharmaceutical sector</i>

Lv, M., et al (2015)	<i>Analysis and Application of SMED in an Injection Molding Machine Based on VSM</i>
Méndez e Rodríguez(2015)	<i>Set-up reduction in an interconnection axle manufacturing cell using SMED</i>
Trojanowska et al.(2015)	<i>Shortening Changeover Time - An Industrial Study</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Primeiramente, analisaram-se integralmente todos os textos, identificando os principais resultados obtidos (Quadro 2.5). Quando nos artigos encontravam-se estudos de caso, foram identificados em qual processo foi aplicado, a abordagem utilizada, conhecimentos e os ganhos obtidos. Posteriormente, serão discutidos alguns pontos apresentados.

Quadro 2.5 - Principais Resultados dos Artigos

REFERÊNCIA	PRINCIPAIS RESULTADOS
Mcintosh et al. (2000)	Realizou-se uma análise crítica da metodologia, indicando que o trabalho de redução de <i>setup</i> não deve se limitar às 12 técnicas identificadas e apresentadas na metodologia por Shingo (1985). Criticou-se o foco dado pelas empresas somente nos dois primeiros conceitos da metodologia, baseadas na identificação, separação e conversão das atividades externas, e destacou-se importância do terceiro conceito, de se tentar reduzir e melhorar as atividades após a aplicação dos dois primeiros, destacando as mudanças no projeto de troca. Apresentou-se um estudo de caso em que se mostraram os expressivos ganhos na mudança de projeto.
Moxham e Greatbanks (2001)	Desenvolveu-se o que se chamou de <i>SMED Zero</i> , apontando que antes das fases desenvolvidas por Shingo (1985), alguns pré-requisitos precisam ser definidos, como a abordagem de comunicação com equipe, através do reconhecimento da mesma na participação do projeto, definição de reuniões periódicas em relação ao projeto e para a avaliação da abordagem construída e identificação das dificuldades encontradas pelos operadores.

		Colocou-se a necessidade da consciência da mudança e da capacidade de experimentar pela equipe, além da comunicação interna da equipe, como fatores críticos na implementação do SMED.
Patel; Dale e Shaw (2001)		Através de um estudo da aplicação do SMED em quatro empresas, apontaram-se a auditoria do processo, a aplicação do TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>), o treinamento dos operadores envolvidos no processo, a participação dos operadores na construção da melhoria, o suporte dos gestores e a demonstração das vantagens custo-benefício como fatores críticos de sucesso, e a resistência à mudança e a indisciplina como barreiras na implementação do SMED.
Fogliatto e Fagundes (2003)	e	Propôs-se uma abordagem de aplicação do SMED, constituída dos seguintes passos: definição do projeto, planejamento das atividades, treinamento da equipe de implantação, implantação propriamente dita, acompanhamento e consolidação, enfatizando a criação de um ambiente favorável à implantação e formação de times de implantação. O método foi aplicado em uma indústria do setor moveleiro, na qual se obteve redução de 87% do tempo de <i>setup</i> no processo estudado.
Neumann e Ribeiro(2004)	e	Apresentou-se a aplicação do SMED dentro um programa de desenvolvimento de fornecedores, descrevendo o passo a passo das ações tomadas no contexto de uma empresa de máquinas agrícolas, atuando em um setor de estamperia de uma empresa fornecedora, atingindo uma redução de 50% no <i>setup</i> da mesma.
Mcintosh al.(2007)	et	Desenvolveu-se uma reinterpretação da metodologia, compreendendo o SMED em dois conceitos de melhoria: por meio da realocação de como as atividades ocorrem, e outra através da modificação de atividades existentes, sendo estes constantemente avaliados e aplicados. Levantaram-se fragilidades da metodologia, devido ao foco dado na externalização de atividades, criticando a forma prescritiva em que a

	metodologia é apresentada, excluindo determinadas fontes de ganhos, como melhoria na comunicação e falta de ferramentas que levem a soluções inovadoras.
Sugai; Mcintosh e Novaski(2007)	Apresentou-se uma nova abordagem para aplicação do SMED, baseada na promoção do desenvolvimento de soluções inovadoras. Realizou-se uma análise em relação à metodologia, destacando-se fatores importantes não considerados no SMED, como a interferência da sequência de peças, melhorias em projeto na troca, e perdas durante o <i>run-up</i> e o <i>run-down</i> . Através de um estudo de caso em uma fábrica, demonstraram-se as perdas oriundas do período de desaceleração da linha em um processo em que o SMED já havia sido aplicado.
Singh e Khanduja(2010)	Por meio da utilização dos passos do SMED, juntamente com conceitos do <i>Lean</i> , como o TPM e o 5S, estimou-se a redução de 48% do tempo de <i>Setup</i> da máquina gargalo em um processo de fundição.
Carrizo Moreira e Campos Silva Pais(2011)	Apresentou-se a aplicação do SMED em uma companhia multinacional, com diversas plantas no mundo. O estudo de caso foi realizado com a implementação inicial em uma fábrica do grupo, com resultados de até 68% em algumas máquinas. Mostrou-se uma abordagem de estratégia de disseminação do SMED nas outras plantas da companhia, através da formação de times SMED, responsáveis pela melhoria contínua dos processos de <i>setup</i> .
Grzybowska e Gajdzik, (2012)	Apresentou-se uma sistemática na implementação do SMED, colocando a abordagem de implementação como projeto, realizada por meio de alguns <i>workshops</i> . Analisou-se a aplicabilidade da metodologia no âmbito da metalurgia.
Kumar e Abuthakeer(2012)	Atingiu-se a redução de 70% no tempo de <i>setup</i> na usinagem de placas de evaporador (de 40 para 12 minutos).

<p>Singh e Khanduja (2012)</p>	<p>Desenvolveu-se o que se chamou de <i>Changeover</i> FMEA, um procedimento estruturado com o objetivo de melhorar a qualidade e a confiabilidade do processo de <i>setup</i>, através da prevenção de problemas pela documentação dos riscos e determinação de ações aplicadas a longos processos de troca. A metodologia foi aplicada em uma fundição na qual se obteve redução do tempo médio de <i>setup</i> em 66,5%, além da redução do desvio padrão de 490 para 209 minutos, proporcionando maior controle ao processo.</p>
<p>Suresh Kumar e Syath Abuthakeer (2012)</p>	<p>Aplicou-se o SMED em uma linha de fabricação de bobinas de evaporadores de ar condicionado, obtendo a redução de 55% no tempo de <i>setup</i>.</p>
<p>Almomani, et al.(2013)</p>	<p>Propôs-se a integração de técnicas de análise multicritério de apoio à decisão na metodologia do SMED, com o objetivo de selecionar a melhor alternativa de possibilidade de <i>setup</i> disponível, levando em consideração não somente redução no tempo do <i>setup</i>, mas questões como custo, segurança, qualidade e manutenção. Obteve-se redução de 73,8 % de tempo de <i>setup</i> na utilização da abordagem em uma máquina de extrusão em uma linha de PVC.</p>
<p>Ferradás e Salonitis, K.(2013)</p>	<p>Propôs-se uma abordagem de implementação do SMED contemplando uma fase estratégica e uma preparatória antes da implementação, e uma fase de controle com o objetivo sustentar as melhorias. Com essa abordagem, conseguiu-se a redução de cerca de 35% do tempo de <i>setup</i> em uma célula de soldagem.</p>
<p>Das ;Venkatadri e Pandey (2014)</p>	<p>Atingiu-se a redução de 67% do tempo de <i>setup</i> total principalmente por meio de mudanças no design de troca. Utilizou-se abordagem de <i>brainstorming</i> com equipes multifuncionais, realizando uma série de eventos <i>kaizens</i>.</p>
<p>Bevilacqua et al.(2015)</p>	<p>Reduziu-se em mais de 50% os tempos de <i>setup</i> de uma linha de uma indústria farmacêutica, aliando o SMED com outras ferramentas e conceitos <i>Lean</i>, como o TPM, 5S e Kanban. Métodos como SIPOC e diagrama <i>Espaguetti</i> também foram utilizados para a análise.</p>

Lv, M., et al. (2015)	Propôs-se e avaliou-se a utilização da ferramenta do mapeamento do fluxo de valor aplicada ao <i>setup</i> na identificação da sequência de atividades e de desperdícios nas mesmas, colocando como ferramenta mais completa que o <i>check-list</i> proposto por Shingo (1985). Atingiu-se a redução de 50% no tempo de <i>setup</i> em uma máquina injetora.
Morales Méndez e Silva Rodríguez(2015)	Reduziu-se o tempo de <i>setup</i> em uma célula de conexão entre eixos, diminuindo em 22% o tempo de parada de <i>setup</i> e aumentando a disponibilidade da máquina de 85% para 94%, focando na separação dos <i>setups</i> externos, padronização e na otimização do <i>run-up</i> .
Trojanowska et al.(2015)	Aplicação do SMED em processo de manufatura de madeira. Obteve-se uma redução de 50% no tempo médio de <i>setup</i> . Os principais ganhos foram obtidos em pequenas mudanças de projeto da linha.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

2.2.2 Abordagens de Implementação do SMED

Em relação à abordagem de implementação do SMED, verificou-se que grande parte dos artigos traz a aplicação por meio de um projeto específico de melhoria, geralmente com a participação de uma equipe multidisciplinar. Nesse contexto, alguns autores propuseram procedimentos específicos para a implementação da metodologia.

Moxhan e Greatbanks(2001) afirmaram que é necessária a definição de alguns pré-requisitos, em um momento anterior ao estágio preliminar do SMED, como a estratégia de comunicação a ser realizada com a equipe, definição de reuniões periódicas em relação ao projeto, e , para a avaliação da abordagem construída, identificação das dificuldades encontradas pelos operadores. O estágio dedicado ao cumprimento desses requisitos foi chamado pelo autor de “SMED Zero”.

Fogliatto e Fagundes (2003) apresentaram uma sistematização de implementação do SMED baseado em seis passos: definição do projeto, planejamento das atividades, treinamento da equipe de implantação, implantação propriamente dita, acompanhamento e consolidação. Os autores enfatizaram a necessidade da participação de equipes multidisciplinares e de um ambiente favorável à melhoria.

Grzybowska e Gajdzik (2012) propuseram a implementação baseada em passos, iniciando pela definição de um plano de ação e responsabilidades do processo, seguido por *workshops* teóricos e práticos envolvendo a equipe de projeto, até o *kick off* efetivo representado pela análise do processo atual. Os autores sugerem a utilização de “cartões SMED”, que descrevem o padrão do novo processo de *setup* definido.

Em alguns artigos, não fica clara a interação do(s) pesquisador(es) com a equipe na aplicação do SMED, o que sugere a falta da participação direta dos executores do processo. Em discordância, Méndez e Rodriguez (2015) colocaram a necessidade da participação dos operadores para a validação das atividades do processo atual mapeado, e do novo padrão proposto. Os autores salientaram a importância do treinamento de toda a equipe e sugeriram a utilização da “matriz de versatilidade”, que representa o nível de capacidade de execução do *setup* de cada operador, a partir do treinamento recebido.

Patel; Dale e Shaw(2001) realizaram uma análise em empresas manufatureiras, e apontaram como barreiras na implementação do SMED fatores como a resistência à mudança, sugerindo o envolvimento dos operadores como fator crítico de sucesso. O entendimento dos possíveis ganhos na redução dos *setups* no processo produtivo pela equipe, o suporte da equipe de gestão, além da auditoria periódica do novo processo, também, foi apontado pelos autores como fatores chave na implementação do SMED.

No trabalho de Neumann e Ribeiro (2004), os autores apresentaram um caso particular, em que a iniciativa do SMED surgiu da empresa cliente, sendo a utilização da metodologia parte de um programa de desenvolvimento de fornecedores.

Divergindo das abordagens anteriores, baseadas no conceito do SMED como um projeto específico, Moreira e Silva Pais (2011) propuseram a utilização de um programa contínuo, por meio da formação de times específicos, chamados pelos autores de “times SMED”, direcionados continuamente na promoção da melhoria dos processos de *setup* em todos os processos da planta.

Assim, nota-se que nos artigos do portfólio nos quais se tem clara a abordagem de implementação do SMED, há a predominância da mesma como uma iniciativa isolada, um projeto específico. É perceptível que os autores se preocuparam em definir e recomendar alguns passos anteriores ou requisitos ao processo de melhoria para a inicialização do projeto, e mecanismos que promovam a manutenção do novo padrão, como as auditorias periódicas, os cartões de *setup*, e a matriz de versatilidade de funções.

2.2.3 Ferramentas e técnicas utilizadas

Diante do resultado do portfólio bibliográfico da pesquisa, verificou-se a utilização de algumas ferramentas e técnicas sugeridas pelos autores, de forma a facilitar a análise e a aplicação do SMED, e propostas em diferentes estágios da metodologia. A Figura 2.3 mostra as ferramentas técnicas utilizadas de forma sistemática nos estágios conceituais da metodologia em que foram utilizadas.

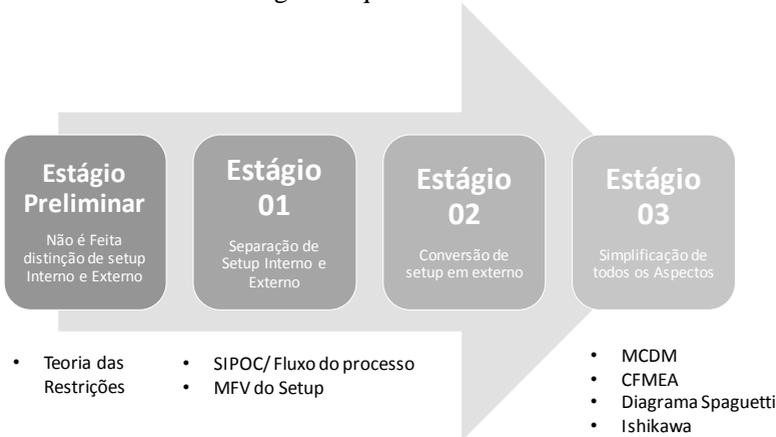


Figura 2.3 - Técnica e Ferramentas utilizadas

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Méndez e Rodriguez (2015) utilizaram-se da teoria das restrições na verificação do processo gargalo no sistema produtivo. Dessa forma, segundo os autores, a prioridade das ações se direciona àquela máquina ou processo que limita a capacidade produtiva do sistema. Essa análise ocorre antes do estágio preliminar.

No estágio 1, para a análise do processo de *setup* interno e externo, Lv *et al.* (2015) propuseram a utilização do mapeamento de fluxo de valor aplicado ao processo de *setup*. Segundo os autores, o mapeamento do fluxo de valor do *setup* permite uma análise mais profunda do que simplesmente o *check-list* de atividades internas e externas proposto por Shingo (1985); pois, é capaz de, já nessa fase, captar outros desperdícios no processo de *setup*. Já Bevilacqua *et al.* (2015) propuseram o mapeamento das atividades através da representação de fluxo do processo, mapeado através da matriz SIPOC (*Suppliers-Inputs-Process-Output-Clients*), ressaltando que a ferramenta disponibiliza informações importantes para o processo de melhoria.

O estágio 3 da metodologia é o que se permite maior liberdade para novas ferramentas de análise, já que busca o aperfeiçoamento geral do processo. Belivacqua *et al.* (2015) utilizaram o diagrama *Spaguetti*, com o objetivo de identificar as movimentações realizadas pelos operadores durante o *setup*, verificando, assim, deslocamentos que sejam desnecessários, ou que possam ser transferidos para *setups* externos, além de analisar problemas em relação ao layout.

Singh e Khanduja (2012) desenvolveram o *changeover* FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis* ou análise de efeito e modo de falha, em português), criando um passo a passo para o método FMEA, já utilizado em processos, produtos e serviços, mas aplicados em processos de troca complexos. Segundo o autor, através da documentação dos riscos e a definição de medidas a serem tomadas, caso aconteça intercorrências, tais procedimentos objetivam minimizar tomadas de decisões inesperadas, reduzindo os custos associados, além de ser um catalisador para o trabalho em equipe.

Almomany *et al.* (2013) propuseram a utilização de técnicas de análise de multicritério de apoio à decisão (do inglês *Multiple Criteria Decision-Making – MCMD*) na análise das alternativas disponíveis de processos de *setups*. Dessa forma, pode se levar em consideração, ao escolher o novo processo, critérios como custo, energia, segurança, qualidade, manutenção, entre outros.

Também foi verificada a utilização de ferramentas como o diagrama de *Ishikawa*, gráfico de Pareto e lista de defeitos para a identificação de problemas em geral que afetam o desempenho no processo de *setup*.

2.2.4 Críticas e Contribuições à metodologia

Estudos apresentaram críticas à metodologia desenvolvida por Shingo (1985). Mcintosh *et al.* (2007), Mcintosh *et al.* (2000) e Sugai; Mcintosh e Novaski (2007) criticaram a falta de atenção da metodologia nos períodos de *run-up* e *run-down* (aceleração e desaceleração), representados na Figura 2.4, considerados pelos autores como períodos com possibilidade de grandes perdas para a capacidade produtiva e com potenciais oportunidades de ganho, quando atuadas de forma concentrada. Sugai; Mcintosh e Novaski (2007) mostraram, através de estudo de caso em uma fábrica localizada no Brasil, que já havia introduzido a metodologia SMED, a existência das perdas ocorridas nestes períodos.

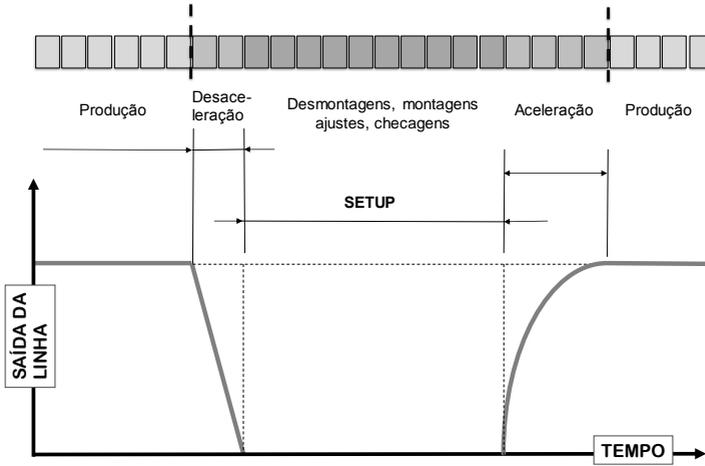


Figura 2.4 - Períodos de Desaceleração e Aceleração

Fonte: Adaptado de Sugai; Mcintosh e Novaski (2007).

Méndez e Rodríguez (2015) realizaram um estudo de caso focado na atuação no período de aceleração. Encontrou-se um alto tempo de parada devido à espera do resultado de um ensaio metalográfico para a verificação da conformidade do novo lote a ser fabricado. Nesse caso, os autores propuseram uma análise preliminar. Um outro teste com o tempo para o resultado mais rápido. Caso nessa análise inicial o resultado conferido estivesse dentro do padrão estabelecido, dever-se-ia continuar a produção, mantendo os produtos em “quarentena” até que o resultado do ensaio fosse disponibilizado, reduzindo-se assim o tempo de espera.

Outro ponto colocado como não explorado por Shingo (1985) foi a melhoria no projeto de máquinas e dispositivos, com objetivo de reduzir o tempo de *setup*, por meio da simplificação, aceleração ou eliminação dos ajustes (SUGAI; MCINTOSH; NOVASKI, 2007). Esse conceito ficou conhecido como “*design for changeover*”, ou “projeto para a troca”, e segundo Sugai; Mcintosh e Novaski (2007), resulta em dois benefícios: a possibilidade de reduzir o impacto restritivo do período de aceleração na capacidade produtiva, e garantia de maior estabilidade nos tempos de *setup* no longo prazo. Das; Venkatadri e Pandey (2014) e Trojanowska *et al.*, (2015) atingiram grandes reduções no processo de troca através de ideias inovadoras de mudança no projeto dos dispositivos das máquinas.

Outras oportunidades levantadas foram os ganhos obtidos a partir de um sequenciamento das diferentes transições possíveis entre os produtos a serem fabricados, favorecendo as reduções do tempo de *setup*

(SUGAI; MCINTOSH; NOVASKI, 2007), as melhorias relacionadas a uma melhor comunicação entre os envolvidos no processo, e a recomendação do uso de ferramentas que favoreçam a construção de soluções inovadoras, como o *brainstorming* (MCINTOSH; OWEN *et al.*, 2007).

Com a análise dos artigos, foi possível verificar a flexibilidade de utilização do SMED em ambiente de manufatura, por meio dos ganhos obtidos na aplicação da metodologia em diversos processos observados nos estudos de caso. No entanto, não foi encontrada na literatura pesquisada a utilização da metodologia em ambientes de serviços, o que sugere que as fases e técnicas apresentadas por Shingo (1985) não estejam totalmente adequadas a este ambiente, haja vista que existem iniciativas de redução de *setup* nesse setor, como por exemplo, em centro cirúrgico hospitalar.

Observou-se também que vários autores propuseram novas técnicas e ferramentas em conjunto com a metodologia, obtendo bons resultados. Isto sugere que os usuários não se limitem ao uso das técnicas definidas inicialmente, mas adaptem diferentes soluções para os diversos problemas.

Projeto para troca nos equipamentos e o foco nos períodos de aceleração e desaceleração foram apontados, por meio de aplicações, como oportunidades de potenciais ganhos aos sistemas produtivos.

Em relação às abordagens de implementação do SMED, pode-se observar que autores já propuseram algumas sistemáticas, geralmente colocando o SMED como um projeto específico, não integrado a uma cultura de melhoria contínua. Alguns artigos evidenciam a importância da participação dos executores do processo na construção da melhoria, levando à consciência da importância da iniciativa para a organização, e da necessidade de uma abordagem que favoreça a criação de soluções inovadoras. Diante disso, abordagens participativas que promovem a melhoria contínua e que privilegiam a inovação, como a Toyota Kata (ROTHER, 2010), podem trazer bons resultados (MENDES e FORCELLINI, 2016).

2.3 Toyota Kata

Na busca da promoção de uma cultura de melhoria contínua, e de uma rotina que possibilitasse a sustentabilidade de um padrão de excelência, Rother (2010) apresentou a Toyota Kata. Esta abordagem diferencia-se da abordagem tradicional de eventos *Kaizen*, que são

eventos discretos, planejados e formados por um grupo de pessoas que se unem para melhorar um específico aspecto do negócio. Ao contrário disso, a abordagem Toyota Kata visa à assimilação da melhoria contínua no processo de pensar dos atores envolvidos no processo, tornando-os mais adaptáveis (REVEROL, 2012).

A abordagem do Toyota Kata surgiu a partir de uma pesquisa realizada por uma equipe da Universidade de Michigan, entre os anos de 2004 e 2009, a qual possuía como principal objetivo entender qual era a rotina e pensamento existente como base para o sucesso da Toyota na promoção da melhoria contínua e como as empresas poderiam desenvolver rotinas e pensamentos similares (Rother, 2014). O resultado do estudo foi apresentado no livro traduzido para português como “Toyota Kata – gerenciando pessoas para melhoria, adaptabilidade e resultados excepcionais”, Rother (2010).

Segundo Rother(2010), Toyota Kata refere-se a um padrão de comportamento, desenvolvido pela Toyota, que por meio da rotina e da repetição, tende-se a tornar-se um comportamento natural. Trata-se de uma rotina de melhoria contínua, que proporciona a capacitação das pessoas via a aplicação do método científico de solução de problemas de forma sustentável, pois interfere diretamente na forma de pensar e no comportamento das pessoas.

Toyota Kata é suportada pelos seguintes princípios:

- Melhorar continuamente como parte do trabalho diário;
- Alinhar melhoria com visão e desafios compartilhados;
- Crescimento das pessoas e maximização do potencial humano.

Em um contexto de melhorias de processos e sistemas, existe um *gap* entre o desempenho desejado (Condição-alvo) e a condição que os processos ou sistemas se encontram no momento (Condição Atual). O caminho entre essas duas condições é um ambiente com diversas incertezas, com uma série de obstáculos a serem enfrentados. Para cada ação tomada, os resultados provenientes não são bem conhecidos (Figura 2.5).



Figura 2.5 - Obstáculos entre Condição Atual e Alvo
Fonte: Adaptado de Rother (2010)

Para atingir as condições alvo definidas, Toyota Kata se utiliza de duas rotinas comportamentais: Kata de *Coaching* e Kata de Melhoria, representadas na Figura 2.6.

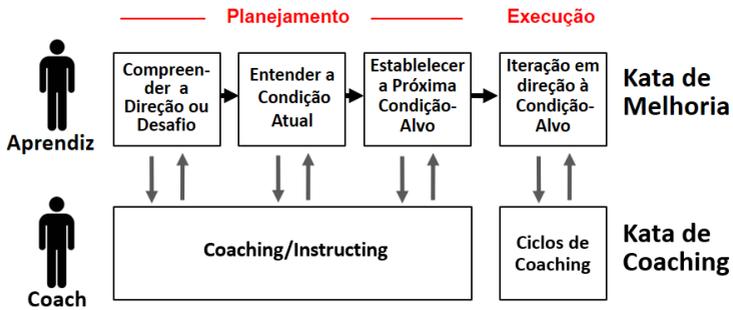


Figura 2.6 - Representação gráfica da Abordagem Kata
Fonte: Rother (2010).

Kata de Melhoria é realizada por um aprendiz e sua equipe. O foco é que o seu processo/nível operacional seja melhorado, utilizando uma rotina de melhoria.

Já o foco da Kata de *Coaching* é desenvolver as habilidades do aprendiz. Enquanto o aprendiz é o responsável pelas operações, o *Coach* o acompanha em todo o processo, e é o responsável pelos resultados. O *Coach* gerencia as práticas do aprendiz, acompanha e guia, para garantir o sucesso deste em aprender a usar o Kata de Melhoria.

2.3.1 Kata de Melhoria

A Kata de Melhoria funciona seguindo os passos, esquematicamente, representados pela figura 2.7.

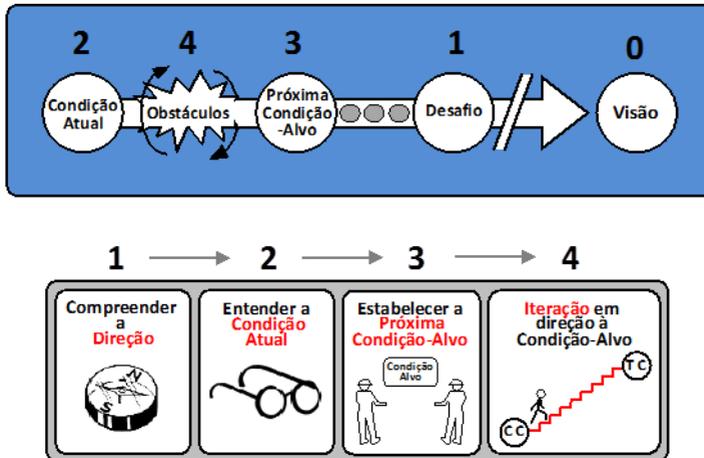


Figura 2.7 - Visão esquemática da rotina Kata de Melhoria
Fonte: Rother (2010).

1) Compreender a Direção. Aonde se quer ir? A Kata de Melhoria começa com uma visão de longo prazo para a organização. Alguns exemplos das visões típicas são: Zero defeito na produção; 100 por cento de valor agregado; Fluxo contínuo.

Iniciando com a visão, seleciona-se um único desafio. Devem-se concentrar as energias gastas pela organização na melhoria de processos específicos, ao invés de focar-se em uma seleção aleatória de tudo o que parece urgente no momento. A Kata de Melhoria não especifica um prazo determinado para o desafio, mas pode se ajustar com o planejamento anual realizado em muitas grandes corporações.

O desafio especifica o quê e quando, mas não como. Deve ser declarado claramente, o suficiente para que se possa dizer se ele é atingido ou não.

2) Entender a Condição Atual. Qual é o ponto de partida? Este passo é uma avaliação de todo o sistema e como ele difere do que deveria ser (condição-alvo). Não se pretende realizar uma análise longa, detalhada, mas simplesmente captar o que é conhecido atualmente, concentrando-se em aspectos da situação que são relevantes para o objetivo futuro.

3) Estabelecer a Próxima Condição-Alvo. Onde se pode chegar nas próximas semanas? É definido um alvo - um melhor estado futuro, que pode ser alcançado em um curto espaço de tempo. Não se planeja o ano inteiro, ou mesmo todo o trimestre. Em vez disso, é escolhido um aspecto do desafio que pode ser tratado imediatamente, e estabelece-se uma meta

de curto prazo mensurável, ou "Condição-Alvo", para esse aspecto com uma determinada data. Uma vez que a data é atingida, avalia-se o estado atual novamente, e estabelece-se uma nova Condição-Alvo com base no que é conhecido neste momento.

4) Interagir em direção à Condição-Alvo. Como ocorrerá a mudança da Condição Atual para a Condição-Alvo? Não é conhecido exatamente como chegar onde se deseja, por isso, dão-se pequenos passos experimentais através do território desconhecido entre a Condição Atual e a Condição-Alvo. Depois de cada etapa, faz-se uma reflexão, e com base nesta, planeja-se a próxima etapa.

Somente após esses três passos, o aprendiz deve interagir por meio de experimentos, em direção à condição-alvo estabelecida. Normalmente são executados ciclos PDCA, que, para cada um deles, é desenvolvido um plano, executado o experimento, checados dados e fatos, e, por último, é feita uma análise crítica deste ciclo. Esta análise será fundamental para a definição da condição-alvo seguinte.

2.3.2 Kata de Coaching

Na Kata de *Coaching*, um *Coach* acompanha e instrui o aprendiz em todo o processo de Kata de Melhoria. Esse acompanhamento ocorre em padrões de tempo determinado, podendo ser realizado diariamente. O *Coach* realiza ciclos com o aprendiz, próximos a um *Storyboard* – ver Figura 2.8, onde são realizadas anotações de informações, guiadas pelas questões da Kata. Cada *Storyboard* é um “documento vivo” que contém os elementos e o andamento da aplicação do Kata de Melhoria para um processo particular. Ele dá apoio para a interação Aprendiz e *Coach*.

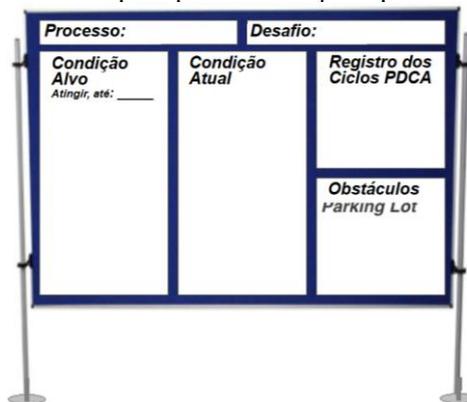


Figura 2.8 - “Storyboard” – Andamento do Kata de Melhoria
Fonte: Adaptado Rother (2015).

Os ciclos de *Kata Coaching*, realizados nas interações em frente ao *storyboard*, são guiados a partir de cinco perguntas. Muitas das vezes, estas são realizadas com o auxílio de um cartão, com o roteiro do ciclo de *Kata de Coaching*. Este cartão é principalmente utilizado quando o *Coach* está iniciando na prática do *Kata de Coaching*. O modelo do cartão e as 5 perguntas estão representadas na Figura 2.9.

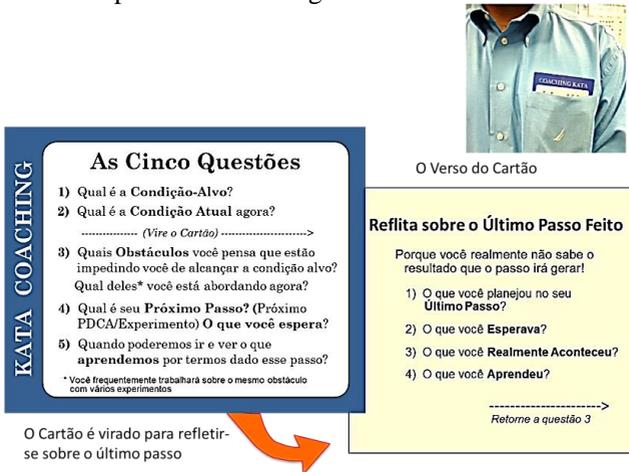


Figura 2.9 - Cartão das 5 Questões
Fonte: Adaptado de Rother (2015)

Principalmente no início da realização dos ciclos de *Kata*, é importante a presença da Figura do “2º *Coach*”, colaborador que conhece melhor a rotina, e que é responsável pela garantia do cumprimento do padrão. A Figura 2.10 representa a realização de um ciclo de *Kata de Coaching*, com os papéis de *Coach*, aprendiz e 2º *Coach*.



Figura 2.10 - Representação de um ciclo de *Kata de Coaching*
Fonte: Aulinger(2014)

Assim o Kata de *Coaching* e o Kata de Melhoria se relacionam, sendo o primeiro uma relação entre o *coach* e o aprendiz, com foco no desenvolvimento da capacidade das pessoas de resolver problemas, e, o segundo, uma relação entre o aprendiz e o sistema, com o foco no desenvolvimento do processo de trabalho, como mostra a Figura 2.11.

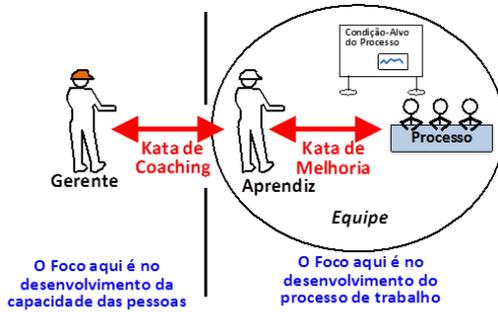


Figura 2.11- Relações do Kata de *Coaching* e o Kata de Melhoria
 Fonte: Adaptado de Rother (2015)

2.3.3 Definição do Desafio e Desdobramento

Na abordagem Toyota Kata, a definição do desafio para cada equipe é realizada a partir de um desdobramento de um objetivo maior da organização. Este direcionará os processos de melhoria de todos os níveis. Mais do que gerir operacionalmente, simplesmente para se tornar mais eficiente, a abordagem do Toyota Kata guia as equipes a buscar a diferenciação nos objetivos estratégicos (ROTHER, 2010). A Figura 2.12 representa como ocorre este desdobramento.

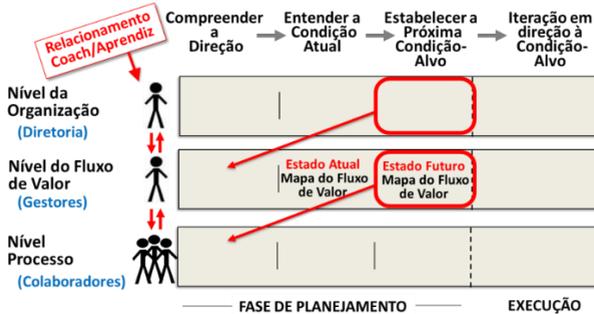


Figura 2.12 - Desdobramento da Kata entre os níveis da organização
 Fonte: Rother (2015).

Como podem ser percebidos, os desafios dos níveis estão conectados ao objetivo da organização, sendo a nova condição-alvo de um nível, o desafio do nível inferior.

O mapeamento do fluxo de valor é utilizado na abordagem Toyota Kata para direcionar as ações em nível de processo. O mapa futuro pode prover o senso de direção necessário para o cumprimento do padrão Kata, muitas vezes chamado de “mapa desafio”.

Assim, as frentes de melhoria em nível de processo realizam ciclos geralmente curtos de Kata, que podem ser feitos concomitantemente por várias equipes, direcionados ao desafio definido (Figura 2.9).



Figura 2.13 - Direcionamento das equipes ao Desafio
Fonte: Adaptado de Rother (2015).

2.3.4 Pesquisa exploratória – Toyota Kata

Realizou-se uma pesquisa exploratória para a identificação dos artigos de literatura qualificada, que tratassem da temática da Toyota *Kata*. Como critério de pesquisa, foram utilizados os seguintes descritores: “*Toyota Kata*” or “*Improvement Kata*” or “*Coaching Kata*” or (*Lean and Kata*), nas bases de pesquisa *Scopus* e *Engineering Village*, buscando como tipo de documento “*article*”. Como resultado, obtiveram-se seis artigos não duplicados, sendo que somente três deles estavam disponíveis, conforme apresentado no Quadro 2.6.

Quadro 2.6 - Artigos do portfólio em Kata

Referência	Título
Merguerian et al. (2015)	<i>Optimizing value utilizing Toyota Kata methodology in a multidisciplinary clinic</i>
Reverol (2012)	<i>Creating an Adaptable workforce Using the Coaching Kata Enhanced Enviromental Performance</i>

Sagalovsky (2015)	<i>Organizing for Lean: autonomy, recursion and cohesion</i>
--------------------------	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Reverol (2012) inicia indicando os passos que as empresas devem tomar antes de realizar os ciclos de Kata. Estes passos incluem a definição da visão organizacional, o desdobramento da visão na organização e a utilização do mapa de fluxo de valor (MFV). No decorrer do artigo, o autor discorre sobre a abordagem Toyota Kata, e finaliza colocando algumas questões chave, como o cumprimento da periodicidade dos ciclos, e a diferença entre a abordagem Kata e a dos eventos *Kaizen*.

Mesguerian *et al.* (2015) trata da utilização da abordagem na melhoria de uma clínica médica multidisciplinar, utilizando a abordagem Toyota Kata no período de dois anos, em que foram implementadas 13 melhorias no total. Obteve-se como resultado a redução de 41% nos custos operacionais por paciente, além de aumentar percentual de tempo de agregação de valor e avaliação de satisfação do cliente.

Já Sagalovsky (2015) coloca Toyota Kata como uma das ferramentas dentro de um modelo de *Lean* que fomenta o empoderamento das pessoas em todos os níveis organizacionais.

Dentre os artigos encontrados, apenas um apresenta uma aplicação da Abordagem Toyota Kata, sendo a mesma em um ambiente hospitalar. Na aplicação, pouco se fala de como se comportou a rotina, e sobre as dificuldades encontradas.

Devido à atualidade do assunto, as publicações que tratam da abordagem Toyota Kata encontradas datam dos últimos cinco anos, o que sugere oportunidades no estudo da temática.

3 MÉTODO

Este capítulo apresenta o método proposto para que se atinja o *setup* rápido, utilizando Toyota Kata como a abordagem de implementação.

3.1 Método para o *setup* rápido baseado na abordagem Toyota Kata

Diante da problemática encontrada, este trabalho visa ao desenvolvimento de um método que promova o *setup* rápido, baseado no SMED e na abordagem Toyota Kata, tendo em vista as barreiras encontradas na sustentabilidade das iniciativas baseadas em projetos. A abordagem Toyota Kata privilegia os seguintes fatores:

- A participação ativa dos executores do processo na análise e construção das melhorias;
- A melhoria alinhada com os objetivos estratégicos da organização, não ocorrendo de forma isolada;
- A promoção da capacidade de geração de ideias, e a construção de soluções inovadoras e/ou adaptativas, trazidas pela abordagem Toyota Kata de melhoria;
- A oportunidade de reflexão sobre cada ação planejada, verificando os resultados obtidos.

Com base nesses fatores, sistematizou-se a forma de condução da melhoria de redução do tempo de *setup* com base na análise da metodologia SMED, e nas diretrizes recomendadas pela abordagem Kata. O método tem como objetivo orientar os atores envolvidos no processo, por meio de uma abordagem que visa manter a sustentabilidade do padrão de melhoria e a inovação nas soluções.

A condução da melhoria é baseada na rotina de Kata de Melhoria e Kata de *Coaching*, resultando no sequenciamento de condições alvo.

O método proposto é estruturado em quatro fases. Duas delas são consideradas pré-requisitos, pois fornecem as condições para a realização da rotina Toyota Kata. A primeira fase, na qual identifica-se o problema e alinha-se com os objetivos da empresa; a segunda fase, em que é realizada a capacitação da equipe na rotina Toyota Kata; a terceira fase, em que o desafio é entregue à equipe, conscientiza-se a mesma da iniciativa e treina-se os atores nos princípios do SMED; e a quarta fase,

em que ocorre a implementação das melhorias por meio da abordagem Kata. As fases do método estão representadas na Figura 3.1.



Figura 3.1 - Fases do método proposto

Fonte: Elaboração pelo autor (2016).

3.1.1 Fase 1 – Desdobramento da Visão da Empresa

A primeira fase, considerada como pré-requisito, representa àquela em que são propiciadas as primeiras condições para a rotina Toyota Kata. O direcionamento da empresa deve estar claro e seu desdobramento para os níveis inferiores, realizado. Na abordagem Toyota Kata, esse desdobramento, para o nível operacional, surge a partir do mapa de fluxo de valor, no qual se identifica a necessidade da redução de *setup*, e o processo crítico. Isso garante que a melhoria não surja de uma iniciativa isolada, mas direcionada no caminho do que a empresa realmente esteja priorizando.

É recomendado que a construção do mapa de fluxo de valor seja feita com a participação das pessoas envolvidas diretas ao processo, como supervisores, para identificação dos problemas reais do fluxo de valor e definição correta do direcionamento.

3.1.2 Fase 2 - Capacitação da equipe na Rotina Kata

A partir do alinhamento da iniciativa com os objetivos da organização, é imprescindível que os atores participantes do processo de melhoria estejam capacitados na rotina de Kata de *Coaching* e Kata de Melhoria. A definição dos papéis de *coach*, aprendiz e da equipe que participará da iniciativa, assim como o seu grau de conhecimento na rotina deve ser observada. Caso haja um *gap* de conhecimento, os participantes devem ser treinados, de forma que estejam capacitados na prática da rotina Toyota Kata.

Na prática, alguém com maior conhecimento da abordagem é responsável por repassá-la, por meio de apresentações e de representação de exemplos de casos utilizando a rotina. O uso de dinâmicas, com o objetivo de simular um ambiente no qual a rotina pode ser praticada, também é recomendado quando se tem menos familiaridade com a abordagem.

3.1.3 Fase 3 – Entrega do desafio e Conscientização

Na terceira fase, a partir dos pré-requisitos para a realização da rotina atendidos, o desafio deve ser entregue aos atores do processo. Deve ser apresentado ao aprendiz e sua equipe o porquê da necessidade de redução dos tempos de *setup* e sua importância para o processo produtivo, criando dessa forma o entendimento, e contribuindo para a motivação da equipe. O mesmo pode ocorrer por meio de uma reunião, em frente ao *Storyboard*.

3.1.4 Fase 4 – Ciclos de Kata

O próximo passo baseia-se na realização dos ciclos de Kata de Melhoria e Kata de *Coaching*. Para promover o *setup* rápido por meio de uma nova visão, a iniciativa de melhoria foi inserida no contexto da Kata. Dessa forma, o desafio passa a ser uma condição ou valor definido do *setup*, como representado na Figura 3.2.



Figura 3.2 - Definição do desafio do método

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Para que o desafio seja atingido, são definidas as condições alvo intermediárias. Essas condições alvo seguem a lógica do SMED, formando, assim, quatro condições alvo.

Assim como representado na Figura 3.3, a primeira condição-alvo baseia-se no conhecimento de cada atividade realizada no *setup* em uma visão completa pela a equipe de trabalho, sem ainda classificação entre internas e externas. Nesse momento, a equipe passa a conhecer então todos os elementos formadores do *setup*.

Já a segunda condição-alvo se caracteriza por essas atividades/elementos classificadas pela equipe, e a análise daquelas atividades que podem ocorrer fora do tempo da troca, ou da máquina parada, surgindo, então, a ideia de um novo padrão de como a atividade deve ser realizada.

A terceira condição-alvo consiste em um novo padrão efetivamente convencionado e implementado desses elementos. Padronizam-se as atividades de forma que só seja realizado aquilo que necessariamente deve acontecer com as máquinas paradas, e com cada operador conhecendo bem o seu papel.

Com o atingimento da terceira condição, têm-se a padronização e uma nova forma de realizar as atividades, sendo esta uma condição que propicia, geralmente, ganhos rápidos à equipe.

A quarta condição-alvo caracteriza-se por necessitar de maior criatividade da equipe. Deve-se buscar simplificar e reduzir ainda mais as atividades, tanto internas, quanto externas. Os obstáculos que impedem essa condição são levantados, e são trabalhados por meio de ações planejadas.

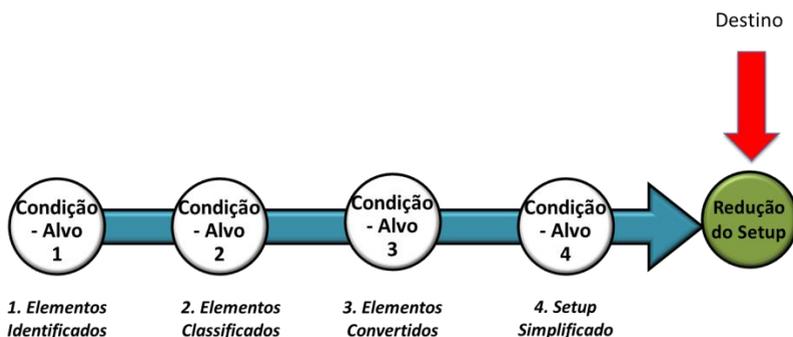


Figura 3.3 - Condições-alvo definidas no método
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Para cada uma das condições alvo, haverá obstáculos a serem ultrapassados. Para cada um deles, devem ser realizadas atividades ou experimentos, em número não pré-definido, até que cada uma delas seja alcançada e aproxime-se cada vez mais do desafio, como é representado pela Figura 3.4.

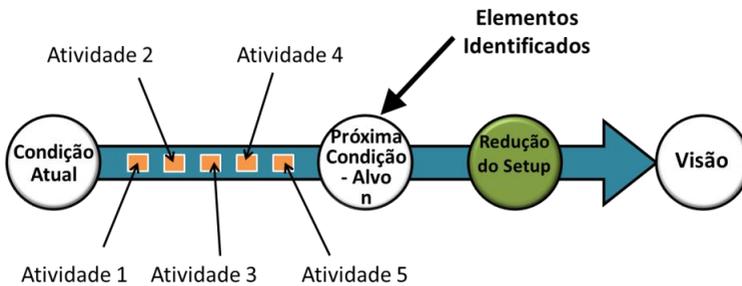


Figura 3.4 - Rotina de experimentos em direção à condição-alvo

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Assim, espera-se que cada condição-alvo seja atingida, sequencialmente, por meio de ciclos PDCA, para a remoção dos obstáculos pela equipe de melhoria. Os obstáculos e ações mudam de acordo com o ambiente e as pessoas envolvidas, mas as condições a serem atingidas são definidas. A representação desses ciclos é dada na Figura 3.5.

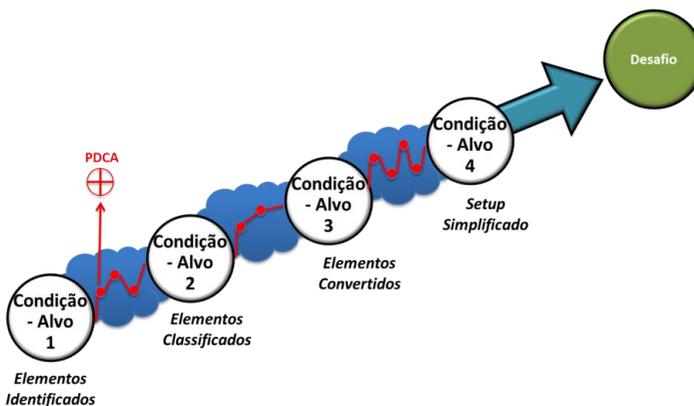


Figura 3.5 - Realização de ciclos PDCA e sequência de condições alvo

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

3.1.5 Documentação e aprendizado

A partir do desenvolvimento de novas ideias e soluções por meio dos ciclos de Kata, é importante que todo este conhecimento gerado pela experimentação, seja ela com resultado positivo ou negativo, seja registrado.

É importante que este conhecimento seja compartilhado com outras áreas, plantas ou setores que possuem processos semelhantes, pois esses podem fazer uso dessas ideias para propor melhoria em seu próprio processo.

4 PESQUISA – AÇÃO PARA A VERIFICAÇÃO DO MÉTODO

Para a verificação do método proposto, será conduzida uma aplicação por meio de uma pesquisa-ação. Este capítulo apresenta o método aplicado em uma empresa de montagem de placas eletrônicas. A pesquisa-ação realiza-se por meio de ciclos, que refletirão sobre o que aconteceu diante do planejado para cada fase do método.

4.1 Planejamento da pesquisa-ação

O processo de pesquisa-ação foi construído seguindo os passos descritos na Figura 4.1. Os quatro ciclos previstos na pesquisa-ação contemplam as quatro fases do método desenvolvido. No final de cada um dos ciclos, é realizada uma observação e reflexão, verificando os resultados obtidos de acordo com o planejado.

A pesquisa realizou-se em uma fábrica de montagem de placas de circuito impresso, localizada em Florianópolis. A empresa foi constituída no ano de 2008. Surgiu, na época, com o objetivo principal de atender a necessidade de fabricação de protótipos de placas eletrônicas, mas atualmente tem capacidade, e definido como objetivo estratégico, a montagem de pequenos e médios lotes. Trata-se de uma empresa de pequeno porte, que conta atualmente com um quadro de 39 funcionários.

Primeiramente, planejou-se uma reunião com a direção da empresa, na qual se apresentou a intenção de realizar a iniciativa *Lean*, utilizando a Toyota Kata, como forma de guiar e implementar as melhorias.

A direção da empresa, então representada pelo presidente e pelo diretor industrial, demonstrou o interesse na iniciativa do trabalho, principalmente devido à problemática de alto *Lead Time* de entrega de seus produtos e a dificuldade da empresa, pelo tipo de produção, de atender seus clientes no prazo.

A partir disso, apresentou-se o planejamento da pesquisa-ação, o papel do pesquisador em cada uma das fases seguintes, e a necessidade da participação da equipe em cada uma delas.

Observou-se que a Abordagem *Lean* já era de conhecimento da direção da empresa, no entanto, a rotina Toyota Kata ainda era desconhecida. Apesar disso, a empresa demonstrou interesse, devido ao reconhecimento da dificuldade na manutenção do padrão da melhoria nos processos da empresa.

Com o acordo e o apoio da alta direção, pode-se iniciar efetivamente a pesquisa-ação. Os dois ciclos preliminares fornecem

subsídio para qualquer ação de melhoria por meio da Toyota Kata. Portanto, a iniciativa gerou outras frentes de melhoria. A partir do terceiro ciclo, será tratada detalhadamente a melhoria focada no processo de *setup*.

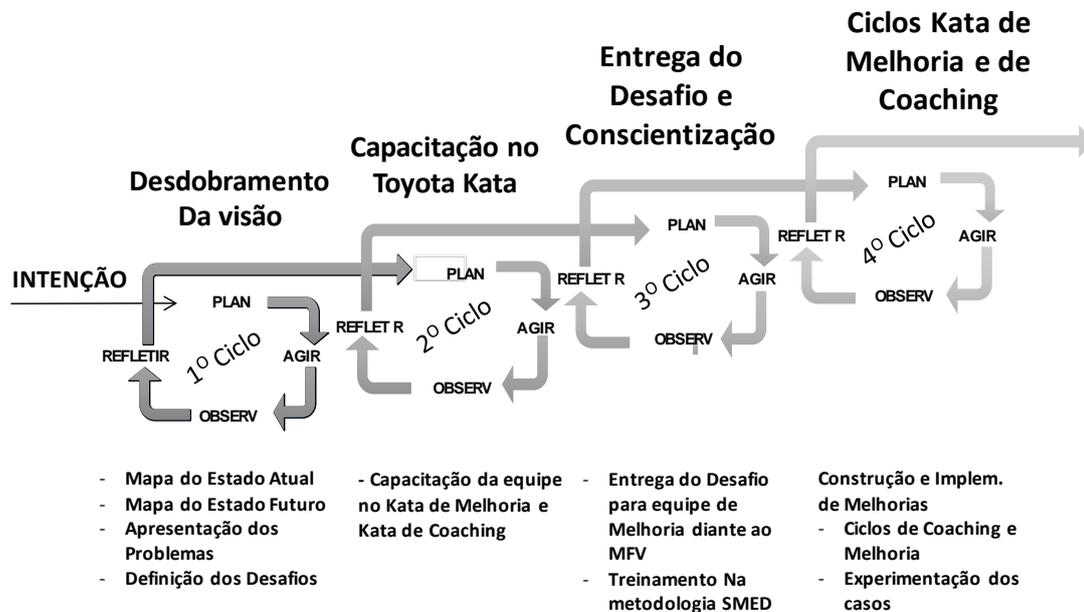


Figura 4.1- Método proposto em ciclos de pesquisa-ação
 Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

4.1.1 Fase 1 – Desdobramento da visão

O primeiro passo da fase 1 caracterizou-se pela definição do desafio a ser perseguido pela empresa em nível de organização. Determinou-se juntamente com o diretor industrial qual o objetivo primordial a ser alcançado pela equipe, que seria o de conseguir atender os clientes dentro do prazo estipulado, já que este indicador, fundamental nesse tipo empresa, estava abaixo da meta definida de 90% das entregas dentro do prazo.

Desdobrando para o nível de fluxo de valor, o segundo passo planejado consistiu em realizar o mapeamento de fluxo de valor de um produto a ser escolhido. Esse mapeamento seria feito em duas etapas: primeiro, pela coleta realizada pelo próprio pesquisador, e o segundo momento, de interação da supervisão da empresa para a contribuição na identificação dos desperdícios e visualização dos problemas relacionados.

Dessa forma, primeiramente realizou-se a coleta de dados e busca dos desperdícios do processo no *gemba* e pela análise de dados disponíveis em bancos de dados. Em um segundo momento, realizou-se uma reunião com os supervisores diretos das áreas: Produção, Engenharia, Qualidade e PCP (Planejamento e Controle da Produção). Nesta mesma reunião, foram apresentados os conceitos da abordagem *Lean*, e os dados coletados pelo pesquisador. A equipe teve, então, a oportunidade de complementar aos dados apresentados, indicando quais eram os problemas que causavam os desperdícios no fluxo de valor da empresa.

4.1.1.1 Mapeamento do Fluxo de Valor

A Empresa em estudo trabalha com a montagem de placas de circuito impresso – *Printed Circuit Board (PCB)* (Figura 4.2), que consiste em uma placa onde são impressas trilhas de cobre sobre um ou ambos os lados. Enquanto a placa se comporta como um isolante, as trilhas têm a função de conectar eletricamente os diversos componentes, que executam as funções definidas no circuito (DORO, 2004).

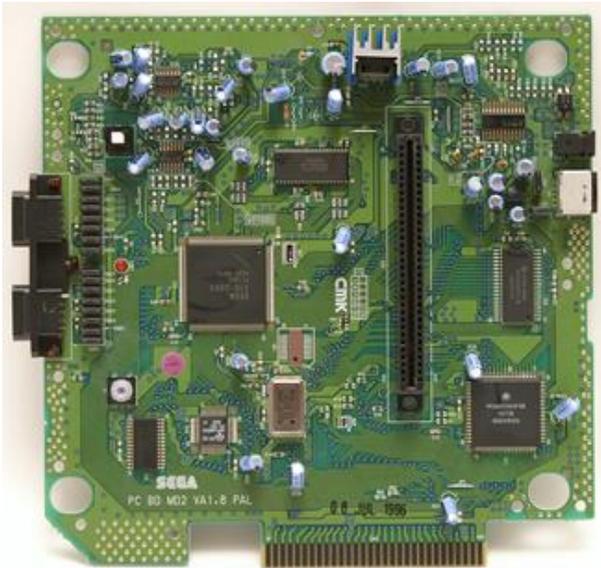


Figura 4.2 - Placa de circuito impresso
Fonte: Bach (2011)

Os componentes são soldados em ilhas, também chamadas de *pads*, partes das trilhas com espaço para uma junta de solda entre o terminal do componente e a placa. Estes podem possuir furos para facilitar a montagem dos componentes (*Pin Through-Hole technology - PTH*) ou estes podem ser inseridos diretamente sobre a superfície das ilhas (*Surface Mount Technology - SMT*) (DORO, 2004). Essa é a diferença entre os dois tipos de componentes (PTH e SMT), representados na Figura 4.3, e que possuem processos diferentes de montagem.

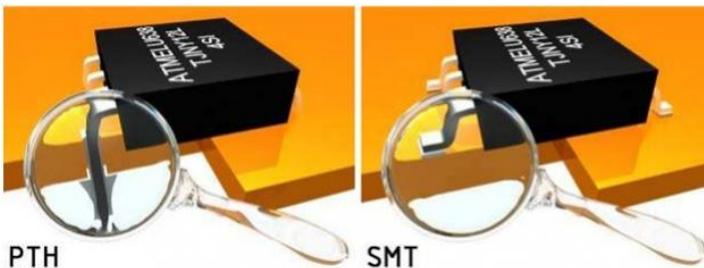


Figura 4.3 - Tipos de componentes das placas
Fonte: Eberch (2016)

As placas de circuito impresso podem suportar a montagem de componentes SMT e PTH, suscetível nos lados *Top* e *Bottom* da placa.

Para iniciar o processo de mapeamento necessitou-se definir qual produto seria analisado. A empresa em estudo trabalha com o tipo de produção chamado de “manufatura contratada”, ou seja, como as placas são projetos únicos para cada produto, a área de desenvolvimento pertence ao cliente. Sendo assim, a empresa é responsável apenas pela montagem, funcionando sobre o regime de produção *Make-to-order* (fazer sob encomenda).

Por isso, não há um produto específico que tenha alto grau de representatividade dentre o volume total produzido. Então, para a identificação dos desperdícios por meio do mapa de fluxo de valor, selecionou-se um produto com um grau de complexidade alto (componente SMT *Top* e *Bottom* e componentes PTH), para que os desperdícios fiquem mais evidentes, e de um dos principais clientes em volume e em número de pedidos. A placa escolhida já havia sido anteriormente montada, e é utilizada na fabricação de reguladores de tensão.

Por ser do tipo de produção por encomenda, a linha não possui grande índice de estoque intermediário, mas foi observada baixa utilização dos equipamentos e grandes esperas do material. Assim, o mapa de fluxo de valor foi realizado contando as esperas que a placa sofreu durante o processo. A medição do *Lead Time* foi realizada com o auxílio de um aplicativo de rastreabilidade, pertencente ao setor da qualidade do processo. Assim, obteve-se o mapa de fluxo de valor.

O processo inicia-se por meio da venda da montagem da placa. Na maior parte dos casos, como o do produto mapeado, o material é fornecido pelo próprio cliente, que faz a compra de acordo com o seu planejamento de materiais. O prazo dado para a montagem fica entre duas semanas e dois meses.

No momento do pedido de venda, é firmada a data de entrega dos materiais pelo cliente, e assim a data de entrega da placa montada, fornecida pela equipe de PCP. É disparada, eletronicamente, para a equipe de Engenharia Industrial, a solicitação de realização (ou atualização, caso a placa já tenha sido montada) da Lista de Materiais, e do plano de processo, desenvolvidos a partir da documentação fornecida pelo cliente. Com o material recebido do cliente, conferido no recebimento de acordo com a lista de necessidades advinda da lista de materiais, e a documentação de fabricação pronta, o produto encaminha-se para a linha de montagem.

A partir de então, inicia-se a montagem propriamente dita. Primeiramente, ocorre a montagem dos componentes SMT. A linha SMT da empresa em estudo forma uma linha de montagem automatizada: a partir do carregamento das placas no primeiro posto, e do *setup* de cada máquina, não é necessária a intervenção dos operadores para a retirada da peça, transferência, carregamento na máquina seguinte, nem para o início do tempo de ciclo.

Quando o produto entra na linha SMT, primeiramente é submetido à gravação, processo que permite codificar cada placa com fins de rastreabilidade durante os processos e para os fornecedores.

Após a placa gravada, o processo inicia-se com a etapa de deposição da pasta de solda sobre as ilhas, na superfície da placa, realizada na máquina impressora. O processo de impressão de solda consiste na ação de um rodo sobre um estêncil, forçando a pasta de solda a passar pelos furos e aderir às ilhas. A empresa possui uma SPI (*Solder Paste Inspection*), inspeção automatizada da pasta de solda, que se vale de algoritmos de análise de imagem para determinar se a quantidade de pasta de solda em cada parte da placa é adequada.

Com a pasta de solda posicionada sobre a placa, a próxima etapa passa a ser a inserção dos componentes. Essa inserção pode ser feita de forma automática por máquinas de inserção de componentes SMT, que são classificadas basicamente em duas tipologias: *Turret Head* (cabecote revólver) e a *Pick & Place* (apanhar e posicionar). As máquinas *Turret Head* foram desenvolvidas para inserir pequenos componentes com alta velocidade, enquanto as máquinas *Pick & Place* inserem componentes maiores com maior exatidão, porém, com velocidades menores (DORO, 2004) (ver Figura 4.4). A empresa tem em uso hoje duas máquinas de inserção, uma em série da outra: a primeira realiza o tipo de montagem *Turret Head* e outra *Pick & Place*.

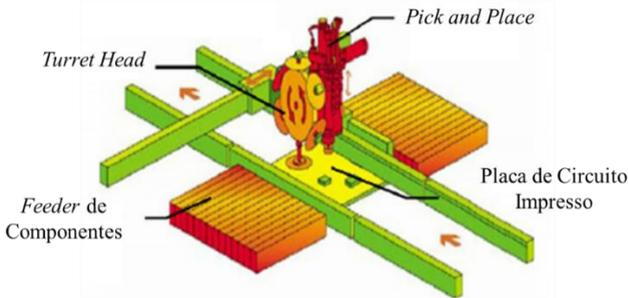


Figura 4.4 - Tipos de Inserção SMT
Fonte: Adaptado de Ayob & Kendal (2008)

No caso da placa mapeada, devido à maneira que os componentes foram fornecidos pelo cliente (componentes individuais, não compatíveis com as bandejas disponíveis nas máquinas de inserção), houve a necessidade da montagem de componentes manualmente.

Com os componentes inseridos, a última etapa a ser realizada é a soldagem entre o componente e a placa, através do processo de refusão da pasta de solda, realizado em um forno denominado de forno de refusão. Uma esteira rolante possibilita que a placa avance através dele. O forno possui zonas com temperaturas diferenciadas ao longo do caminho percorrido pela placa, possibilitando o perfil térmico indicado para a soldagem dos componentes (BACH, 2011)

Ao sair do forno, a placa é submetida a uma inspeção automatizada chamada AOI (*Automatic Optical Inspection* - inspeção visual automática), realizada de forma similar à inspeção de pasta de solda, e que determina se os componentes estão corretamente soldados. A máquina aponta algumas regiões pré-definidas da placa, que posteriormente é inspecionada visualmente por um operador.

No caso da placa em estudo, após a montagem do lado *top* a placa passa novamente pelo processo SMT, para a inserção dos componentes no lado *bottom*. Uma visão geral da Linha SMT é dada na Figura 4.5.



Figura 4.5 - Visão Geral da Linha SMT
Fonte: Autor (2016)

Ao final da inserção dos componentes SMT, inicia-se a montagem dos componentes PTH. Para esses componentes, a montagem consiste basicamente de duas atividades fundamentais: inserção e soldagem. A inserção de componentes PTH é realizada manualmente, e inicia-se com a pré-formagem dos mesmos, etapa onde são cortados, dobrados e separados. Logo em seguida, é feita a inserção dos componentes na placa.

Após todos os componentes serem inseridos na placa, é executada a soldagem através da máquina de solda por onda, processo no qual a placa é transportada por uma esteira, passando por um conjunto de cubas que promovem a soldagem dos componentes. A Figura 4.6 apresenta uma imagem da Linha PTH.



Figura 4.6 - Visão Geral da Linha PTH

Fonte: Autor (2016)

Com a placa então devidamente montada, é encaminhada para a inspeção final de montagem e solda, e depois para a inspeção de produto acabado, até ser enviada para a expedição. O mapa do fluxo de valor do estado atual do processo é representado pela Figura 4.7.

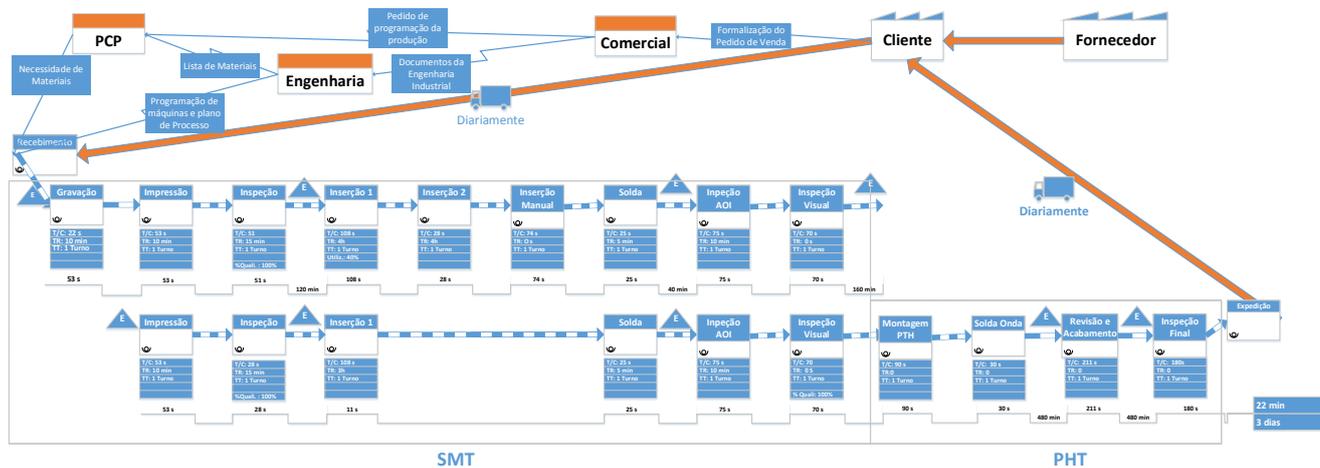


Figura 4.7 - Mapa de estado atual
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

4.1.1.2 Mapa do Estado Atual – Identificação e análise dos Desperdícios

O modelo de negócio da empresa faz com que não haja grande quantidade de estoque intermediário. No entanto, fica clara a presença de grandes esperas entre os processos, ao verificar o *Lead time* total do produto mapeado.

Quando se enxerga o fluxo desde o início, pode-se verificar problemas desde os processos anteriores ao de manufatura. A natureza de relação de mercado desenvolvida pela empresa, de pedidos sob encomenda, gera problemas desde a entrada do processo até sua expedição, principalmente devido aos fluxos de processos, com tempos imprevisíveis (tanto administrativos quanto de produção), causados pelo baixo controle e/ ou baixa padronização desses fluxos (SLOMP, 2009).

Quando o PCP realiza a programação, é realizado o nivelamento da produção, para que haja o maior aproveitamento da linha sem a necessidade de geração de horas extras. Para isso, o mesmo considera os requisitos necessários da montagem, como a programação de máquinas, plano de processo, os materiais necessários, que muitas das vezes não se encontram disponíveis no momento esperado. Isso acontece em parte dos casos devido às ações não serem puxadas de acordo com as necessidades.

Ademais, esses problemas acontecem devido aos prazos fornecidos de montagem nesse tipo de produção ser bastante irregulares, e muitas das vezes as ações não são puxadas de acordo com as necessidades de entrega.

Outro problema apontado como uma das principais causas do desnivelamento na produção é o atraso do material proveniente do cliente. Os pedidos em que o cliente fornece o material correspondem a cerca de 70% dos pedidos da empresa; e em cerca de 30% dos casos ocorre o atraso nesse fornecimento, gerando problemas em toda a programação.

Como resultado, analisaram-se os dados fornecidos pela máquina de inserção *Turred Head*, gargalo do processo da linha SMT, e verificou-se que a utilização da máquina no mês analisado foi de cerca de 40%. Ao analisar-se o processo gargalo da linha SMT, verificou-se uma baixa utilização, no entanto, observou-se também que a máquina funcionou cerca de 92 horas fora do horário normal no mês de junho.

Identificaram-se também problemas devido a falhas de informação no momento da venda. Por vezes, é negociada a montagem de placas que requerem ferramental de ajuste nas máquinas, ocasionando a chegada de placas, para o momento de montagem, sem aderência à capacidade do maquinário.

Quando na manufatura, verificam-se problemas que levam aos desperdícios de espera e o alto *Lead Time*.

Na linha SMT, o primeiro fator que chama a atenção é o alto tempo de *Setup*. No caso do produto mapeado, o processo durou cerca de 4 horas. Verificaram-se também grandes esperas entre a montagem do lado *top* e a montagem do lado *bottom* da placa.

Identificou-se uma baixa eficiência da máquina de inserção, causada principalmente pela necessidade de reabastecimento dentro de um mesmo lote. Isso acontece, porque os componentes não são fornecidos da maneira ideal, em rolos, devido à baixa quantidade necessária, sendo enviadas a granel, e sendo colocados em bandejas.

A inserção manual só é necessária quando os componentes também estão a granel, e não sendo compatíveis com as bandejas existentes, para a disposição dos componentes de forma individual. Dessa forma, os componentes são inseridos mais lentamente, e exigindo maior conteúdo de trabalho do operador.

Percebeu-se também a ocorrência de paradas nos equipamentos de inspeção que geraram pausas na linha, como falsas falhas acusadas na SPI e falta de configuração na AOI.

Os demais estoques entre processo tratam-se da variação de tempos de ciclo entre as máquinas, que variam de um produto para outro, tornando-se inevitável devido ao alto grau de automação necessário ao processo.

Já na linha PTH e na atividade de inspeção final, identificaram-se consideráveis esperas entre processo. A equipe que realiza a montagem dos componentes PTH trabalha em forma de blocos, a equipe inteira se move da estação de montagem, solda onda, inspeção de montagem e solda PTH. Isso causa a formação de estoques entre processo, falta de padronização e de ritmo de trabalho.

Devido a essa série de problemas, um dos principais desafios da empresa é garantir a entrega no prazo. Atrasos devidos a materiais e documentação, e alto *Lead Time* do processo de manufatura afetam este indicador e a satisfação do cliente.

Dessa forma, identificaram-se os problemas do fluxo de valor do produto mapeado (Figura 4.8). No mapa, os problemas em nível de processos estão representados pelos balões cinza, e os de nível fluxo pelos azuis.

4.1.1.3 Mapa do Estado Futuro

A partir dos problemas identificados pela empresa, definiu-se com a equipe o estado futuro do processo, ou seja, a visão ideal desejada. Considerou-se no mapa futuro uma redução do *Lead Time* total, de 3 dias para 4 horas e 21 minutos (ver Figura 4.9).

Assim, no estado futuro, há uma produção bem nivelada no processo de programação, com alta utilização da linha no horário padrão e sem geração de horas extras. Isso é possível, devido a uma boa programação entre as atividades administrativas, com boa sincronização, atividades puxadas de acordo com as necessidades, e não empurradas, como são realizadas atualmente. São resolvidos também os problemas relacionados à entrega de material fora do prazo estipulado pelo cliente.

No mapa futuro, diminuiram-se os estoques da linha SMT, principalmente, devido à redução do tempo de troca, que caiu para 45 minutos.

Os estoques desnecessários, e o aumento do *Lead Time* gerados por paradas de máquinas são desconsiderados, assim como o estoque após a primeira passagem de um lado da placa.

No mapa futuro, diminuem-se os estoques da SMT, pois é considerado que não acontecem as falsas falhas das máquinas de inspeção.

Considera-se, também, a criação de uma célula entre a montagem PTH, a solda, e a inspeção de solda, acabando assim com a espera existente entre os processos de inspeção de solda, de montagem em lotes e os desperdícios de movimentação.

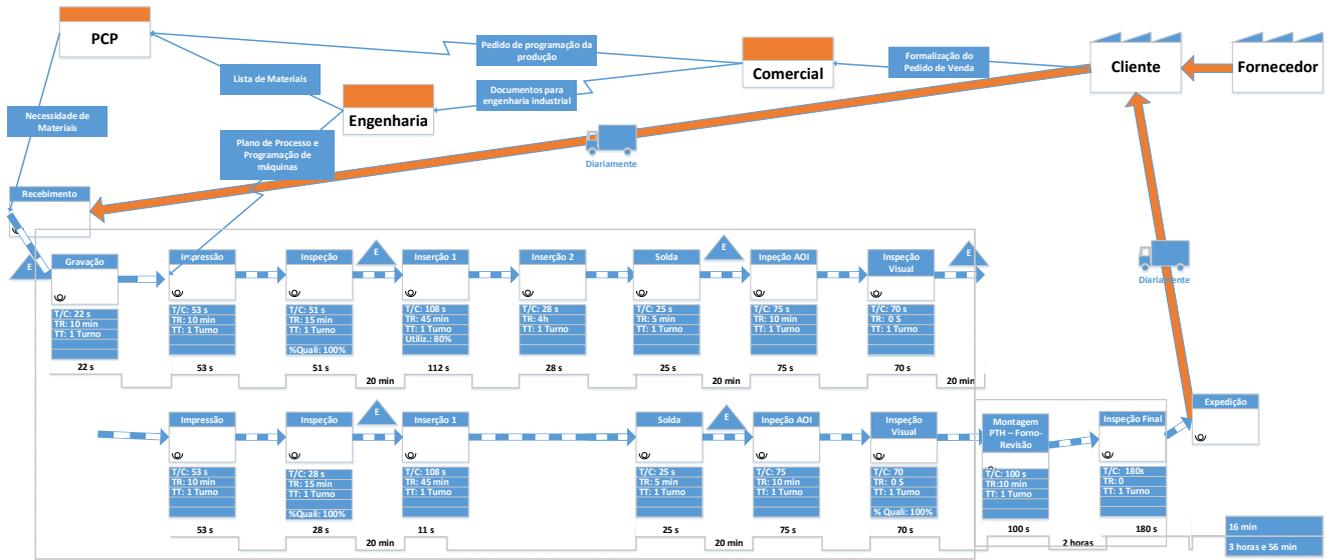


Figura 4.9 - Mapa do estado futuro
 Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

4.1.1.4 Definição das Frentes de Melhoria

Diante dos desperdícios apresentados por meio do Mapa de fluxo de valor, e os problemas relacionados, definiram-se as primeiras oportunidades de melhoria a serem trabalhadas pela equipe. Foram elencadas, pelo diretor industrial juntamente com a equipe de supervisores, quais as iniciativas deveriam ser preferencialmente abordadas para o atingimento do objetivo definido. Dessa forma, os processos escolhidos para serem trabalhados inicialmente foram o alto tempo de *setup* pela equipe de produção, as dificuldades no cumprimento da programação da produção e materiais pelo PCP, e as ineficiências no processo pela equipe da engenharia (Figura 4.10).

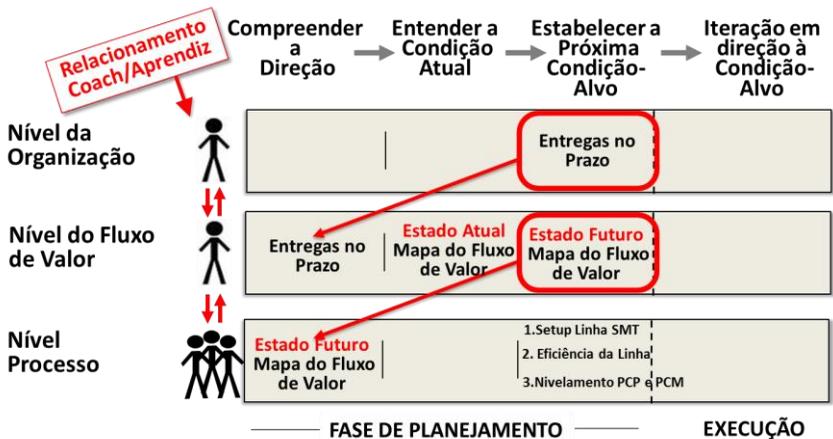


Figura 4.10 - Desdobramento da KATA entre os níveis da empresa em estudo

Fonte: Rother (2010).

Sendo assim, definiu-se que na iniciativa, observando a estrutura da empresa, o diretor industrial desempenharia o papel de *Coaching*, e os supervisores seriam os aprendizes. No caso do processo de *setup*, o papel de aprendiz foi realizado pela supervisora de produção.

Com as frentes de melhoria definidas, pôde-se passar para a próxima fase. O resultado do ciclo de pesquisa-ação da primeira fase é apresentado no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Ciclo da pesquisa-ação – Fase 1

Planejado	Na primeira fase do método, planejou-se identificar os objetivos que a empresa tinha como visão em curto prazo, e desdobrá-la por meio do mapeamento de fluxo de valor, definindo, assim, as frentes de melhoria.
Realizado	O mapeamento de fluxo de valor foi realizado em duas etapas: a primeira fase pela coleta do pesquisador e, posteriormente, com a complementação da equipe da fábrica. Identificaram-se os desperdícios do processo, presentes em todo o fluxo, e os problemas associados. Priorizaram-se as frentes de melhoria, tendo como aprendizes os supervisores da produção, engenharia e PCP/ Almoxarifado.
Observado	Observou-se que a principal dificuldade da empresa, no momento, era o do cumprimento de entrega do produto final do cliente no prazo, sendo este um grande desafio, comum em empresas de produção <i>make-to-order</i> , devido às dificuldades de mensurar e sincronizar tanto as atividades de manufatura quanto as administrativas. Percebeu-se que na equipe não havia a visão total do fluxo de valor, e que a construção do mapa permitiu um melhor entendimento deste fluxo, e as principais causas de suas interrupções. Além disso, percebeu-se a dificuldade de comunicação entre as áreas, e a existência do pensamento em silos.
Refletido	A visão geral do processo, desde as fases administrativas no momento do pedido até todo o processo de manufatura, permitiu que a equipe percebesse o impacto dos processos e atividades no <i>Lead Time</i> total dos produtos. A utilização da ferramenta do Mapa de Fluxo de Valor, desconhecida para a maior parte da equipe, gerou uma expectativa quanto ao atingimento da situação futura do processo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

4.2 Fase 2 - Capacitação da equipe

Na segunda fase do método, planejou-se que a equipe de supervisores e o diretor industrial fossem treinados na rotina da Toyota Kata. A capacitação da equipe foi feita por meio de um treinamento com a equipe, na qual ensinou-se como acontecem as atividades da Kata de

Coaching e Kata de melhoria. Na reunião, houve a participação do diretor industrial, e dos supervisores de produção, engenharia e PCP.

Recomenda-se que a implantação da rotina Toyota Kata seja realizada por meio do “aprender fazendo” (ROTHER, 2010). Por isso, tendo a equipe o entendimento inicial, a aprendizagem completa da rotina será realizada efetivamente na prática.

O papel do Pesquisador, nesse caso, foi o de ensinar a abordagem, além de orientar e cobrar o padrão, até que a mesma esteja totalmente compreendida e assimilada pelo *Coach*, pelo aprendiz e pela equipe.

A análise da segunda fase da pesquisa-ação é apresentada no Quadro 4.2. Findando a segunda fase, terminam-se as fases de pré-requisito. Por isso, a partir da terceira, deu-se, neste trabalho, o foco na iniciativa de redução do *setup*.

Quadro 4.2 – Ciclo da pesquisa-ação – Fase 2

Planejado	Na fase de capacitação da equipe, planejou-se um treinamento expositivo, realizado pelo pesquisador, no qual seria explicado todo o funcionamento da Rotina Toyota Kata para equipe da empresa em estudo.
Realizado	O treinamento da abordagem Kata foi realizado pela equipe, com a participação do diretor industrial e dos gestores (supervisores) e analista das áreas.
Observado	Houve um <i>feedback</i> positivo em relação ao entendimento do funcionamento da rotina Toyota Kata pela equipe participante. A equipe afirmou que a rotina se trata de algo simples, de fácil entendimento.
Refletido	Aparentemente, a realização do treinamento foi o suficiente para o entendimento da rotina, mas só a prática os desenvolve para a utilização mais correta da melhoria contínua. O acompanhamento do pesquisador como 2 ^a <i>Coach</i> garantirá o uso correto da Kata de <i>Coaching</i> e da Kata de Melhoria.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

4.3 Fase 3 – Entrega do Desafio

Quando são terminadas as fases de pré-requisitos, nas quais se identificou a necessidade da redução do tempo de *setup*, o seu alinhamento com o objetivo geral da organização, além da capacitação da

equipe na rotina da Toyota Kata, pode-se entrar, especificamente, na fase de entrega do desafio.

Assim, diante do mapa futuro, houve o momento de realizar a entrega do desafio ao aprendiz e à sua equipe, determinando o processo a ser trabalhado. O que se espera nessa fase são os seguintes resultados: o desafio da redução do *setup* entregue, e a equipe conscientizada da importância da melhoria para o fluxo de valor.

No caso em estudo, a equipe operacional envolvida no processo de *setup* não participou da construção do mapeamento de fluxo de valor. Como se definiu na fase anterior, os operadores do processo integrariam a equipe de melhoria, liderados pelo aprendiz. Portanto, os mapas foram mostrados e explicados para a equipe operacional, para que todos compartilhassem o conhecimento sobre a situação atual e sobre o objetivo futuro do fluxo de valor do processo, enxergando o impacto do problema no sistema como um todo. Um dos fatores considerado diferencial na abordagem nesta fase é fornecer, além da noção sobre a melhoria no próprio setor ou espaço de trabalho, uma visão sistêmica do impacto desta no fluxo de valor.

A partir do entendimento do mapa de fluxo de valor por inteiro, apresentaram-se os problemas das esperas no processo produtivo, o alto *Lead Time*, o atraso nas entregas aos clientes, e o impacto do alto tempo de *setup* nesses resultados. Destacou-se o relacionamento do processo de *setup* com o desafio de atender os clientes no prazo e redução do *Lead Time*.

O segundo passo dessa fase caracterizou-se em fornecer conhecimento teórico para a realização da melhoria. Apresentou-se à equipe de melhoria a sequência de passos do método desenvolvido para a aplicação do SMED, na qual são definidas as condições alvo que devem ser atingidas pela equipe após a realização dos ciclos de Kata.

No caso da empresa em estudo, a equipe responsável pelo processo de melhoria do *setup* foi representada pela aprendiz, a supervisora de produção, sendo os demais membros os três operadores da linha SMT. O papel de *Coach*, assim como em outros trabalhos de melhoria, foi realizado pelo diretor industrial.

Foi desenvolvido um modelo de *storyboard* para ser utilizado pela empresa na iniciativa. O mesmo está apresentado na Figura 4.11.

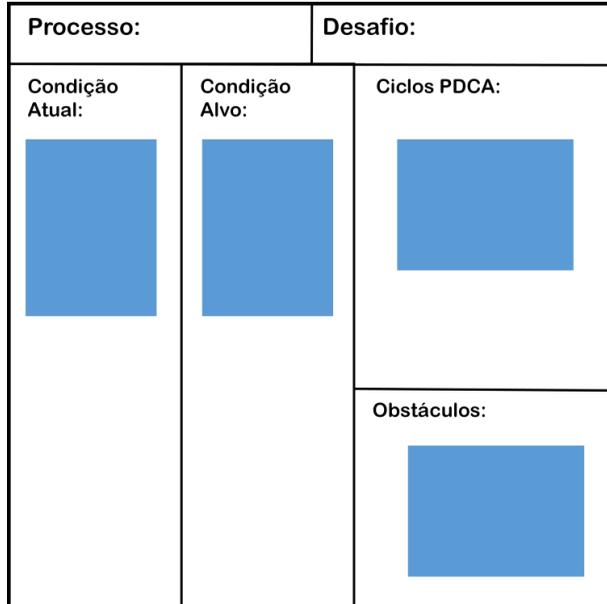


Figura 4.11 - Modelo de *Storyboard* utilizado
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Colocou-se o *storyboard*, no qual serão documentados os ciclos de Kata de *Coaching* e Kata de Melhoria, onde as coisas acontecem (*Gemba*). No caso em estudo, ao lado da linha SMT (Figura 4.12).



Figura 4.12 - Colocação do *Storyboard* ao lado da linha
Fonte: Autor (2016).

A partir do desafio entregue, deu-se início efetivamente aos ciclos de Kata de Melhoria e Kata de *Coaching*, finalizando assim a 3ª fase do método. A análise de pesquisa-ação desta fase é apresentada no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 - Ciclo da pesquisa-ação – Fase 3

Planejado	Na terceira fase do método, planejou-se a conscientização da equipe sobre a importância do processo de <i>setup</i> em relação ao fluxo de valor, e a entrega do desafio.
Realizado	Definiu-se a equipe de melhoria no processo (<i>coach</i> , aprendiz, e equipe do aprendiz). Realizaram-se as reuniões para a entrega do desafio à equipe de melhoria.
Observado	A equipe demonstrou estar motivada, responsabilizando-se por colocar imediatamente o <i>storyboard</i> no local de trabalho. A visão do mapeamento de fluxo de valor criou na equipe a percepção da necessidade da melhoria. O treinamento de como deveria acontecer o processo de melhoria pareceu ter sido bem entendido pela equipe.
Refletido	Os passos sugeridos nesta fase, com vistas ao entendimento do problema e necessidade da melhoria, levando, assim, à promoção do engajamento pela iniciativa, mostraram-se adequados, pois a equipe apresentou os resultados esperados para esta fase.

Fonte: Elaboração própria (2016).

4.4 Fase 4 – Ciclos de Kata de melhoria e Kata *Coaching*

Por último, chega-se à fase 4 do método, na qual são realizados os ciclos de Kata de melhoria e a Kata de *Coaching*. Seguindo o método desenvolvido, apresentam-se os registros dos ciclos de acordo com as quatro condições alvo definidas no método proposto.

4.4.1 Condição-alvo 1

Para que fosse atingida a primeira condição-alvo definida, foi necessária a realização de um experimento. O registro do *Storyboard* está representado no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 - Registro de Ciclos de Kata 1ª Condição-alvo

Condição Atual	Condição-Alvo	Obstáculo	Data	O que foi planejado	O que se espera	O que aconteceu	O que se aprendeu	
Os elementos formadores do <i>setup</i> não são totalmente conhecidos pela equipe	Todos os elementos de trabalho do <i>setup</i> conhecidos e listados	Falta de uma visão integrada do <i>setup</i> pela equipe	P D C A	22/09/2016	Reunir a equipe de operadores, verificando quais as atividades realizadas por cada um até chegar a listagem de todos os elementos	Conhecer todos os elementos, a fim de conhecer melhor o processo, e para que futuramente possa eliminar os desperdícios.	Os elementos de trabalho foram listados; a ordem e o responsável pela execução foram representados no layout da linha SMT	A reunião da equipe para a discussão de todo o processo fez com que todos os questionassem como o processo é realizado atualmente.
			Ciclo 1					

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Para o primeiro ciclo de PDCA, primeiramente, a equipe se reuniu em frente ao *storyboard* para o registro da primeira condição atual e alvo, e planejamento da ação a ser realizada, com o objetivo de atingir a primeira condição-alvo.

Em seguida, foi realizada a primeira sessão de *Coaching*. Foi dado ao *Coach* um cartão com o roteiro de perguntas a ser realizadas, até que o mesmo aprendesse e incorporasse a sequência de perguntas. Esse ciclo durou cerca de 15 minutos. O pesquisador, realizando o papel de 2º *Coach*, auxiliou a equipe no cumprimento do padrão da Kata de *Coaching*, tirando as dúvidas que surgiram no decorrer do processo.

Diante da primeira condição-alvo, a equipe planejou a descrição de como o processo acontece atualmente, destacando cada elemento de trabalho por meio da discussão de todos os executores do processo, adquirindo, assim, uma visão geral de toda a atividade. Solicitou-se ao *Coach* o período de sete dias para que ele voltasse e realizasse a próxima sessão de *Kata Coaching*, verificando os resultados obtidos.

Como resultado, obteve-se a lista com todas as atividades realizadas no *setup*, por todos os operadores envolvidos diretamente (Quadro 4.5).

Quadro 4.5 - Lista de Atividades do *Setup*

Gravadora
1 - Ligar a máquina;
2 - Pegar as placas manualmente (que já devem estar disponíveis na mesa própria);
3 - Conferir se as quantidades de placas correspondem às quantidades solicitadas na OF;
4- Ajustar os <i>conveyors</i> ;
5 - Conferir se existe programa da placa que será montada (caso não exista deverá ser criado);
6 - Criar programa no software da gravadora;
7- Testar o programa feito com uma placa com fita;
8 - Ajustar os demais <i>conveyors</i> (saída) e <i>buffer</i> ;
9 - Realizar a gravação de todas as placas;
10 - Realizar a “bipagem” de todas as placas.
Impressora
11 - Ajustar o <i>buffer</i> antes da impressora ou as placas nos magazines;
12 - Retirar o estêncil da placa que está saindo, juntamente com a pasta;
13 - Retirar toda a pasta/ cola e colocar nos potes apropriados;
14- Limpar o estêncil do lote que está saindo;
15 - Limpar estêncil da placa que está entrando - para retirar possíveis sujeiras;
16 - Trocar a programação da impressora ou fazer o programa da placa que está entrando;
17 – Testar as fiduciais;
18 - Pegar o pote de pasta e colocar a pasta sobre o estêncil;
19 - Colocar uma placa e aplicar pasta;
20- Ajustar o <i>conveyor</i> de saída da <i>printer</i> .
Inspeção SPI
21 - Trocar o programa SPI ou solicitar que a EI faça o programa;
22- Ajustar o <i>conveyor</i> da SPI;
23- Escanear a placa e encontrar as fiduciais;
24- Fazer a inspeção da primeira placa na SPI;

25- Ajustar os <i>conveyors</i> e buffer da insersora;
26- Levar os estênceis da produção que acabou para o almoxarifado.
Inersora
27 - Após a saída da última placa, retirar os carrinhos;
28 - Retirar as bandejas;
29 - Retirar os rejeitos do lote anterior e identificá-los;
30 - Enviar o programa para a insersora do computador que fica na linha ou na EI;
31 - Colocar os carrinhos do próximo <i>setup</i> ou ajudar a retirar os <i>feeders</i> para que possa iniciar novamente o <i>setup</i> (no caso de <i>setup</i> que não há carrinho suficiente sobrando);
32 - Colocar as bandejas no local indicado no <i>setup</i> ou máquina, conforme programação;
33 - Bipar todos os <i>ID's</i> (bipar <i>feeder</i> , <i>ID</i> e operador em cada item);
34 - Corrigir as posições dos componentes (sempre que tira o carrinho ou desliga a máquina);
35 - Colocar os pinos de apoio na mesa caso necessário;
36 - Ajustar os <i>conveyors</i> do telescópio, entrada do forno;
37 - Trocar o programa do forno (às vezes é necessário esperar esquentar ou esfriar);
38- Montar a primeira placa;
39 - Entregar a primeira placa para a qualidade - conferir polaridades;
40 - Aguardar liberação.
AOI
1 - Trocar o programa da máquina;
2 - Ajustar os <i>conveyors</i> ;
3 - Ajustar o magazine.
Setup Inersora
1 - Verificar se o material está disponível no almox;
2 - Fazer a retirada do material (placas, componentes e estêncil);
3 - Solicitar a impressão do setup, planilha de bipagem - atualização com valor na EI;

4 - Fazer a bipagem dos ID's para verificar em qual posição no setup eles são inseridos;
5 - Colocar etiquetas em todos os ID's com a posição no <i>setup</i> ;
6 - Alimentar os <i>feeders</i> conforme a posição indicada no setup, dar ponto e colocar na posição do carrinho conforme setup;
7 - Fazer as emendas sempre que for necessário;
8 - Alimentar as bandejas e identificá-las;
9 - Fazer o ajuste nas varetas para que uma apenas seja usada para bipagem;
10 - Verificar se todos os <i>feeders</i> e posições estão devidamente alimentados conforme setup;
11 - Caso falte algum componente solicitar ao almox junto com os componentes críticos;
12 - Alimentar os itens faltantes assim como os críticos;
13 - Anotar os componentes que vierem diferentes do setup – exemplo, estavam em rolo e vieram em bandejas - no <i>setup</i> ;
14 - Solicitar que sejam realizadas as alterações conforme os componentes vierem.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Dessa forma, a equipe fez a identificação de todos os procedimentos executados no *setup* da linha SMT. Para a maior visualização e representação do processo, as atividades realizadas por operador foram representadas na planta da linha SMT (Figura 4.13).

Na linha SMT, três operadores atuavam diretamente no processo de *setup*. As atividades de troca da linha eram realizadas e divididas entre eles. Em outra iniciativa isolada de redução do *setup*, a empresa já havia direcionado um operador dedicado para a realização do *setup off-line*. Já os outros dois operadores eram responsáveis por fazer toda a troca direta na linha, sem uma padronização exata entre as atividades feitas por cada um.

Após os sete dias solicitados, o *Coach* voltou para a realização de mais uma sessão de Kata de Coaching. Eles observaram que a primeira condição foi atingida, devido à equipe ter conseguido descrever os elementos identificados no *setup*. Mudou-se então para a segunda condição-alvo.

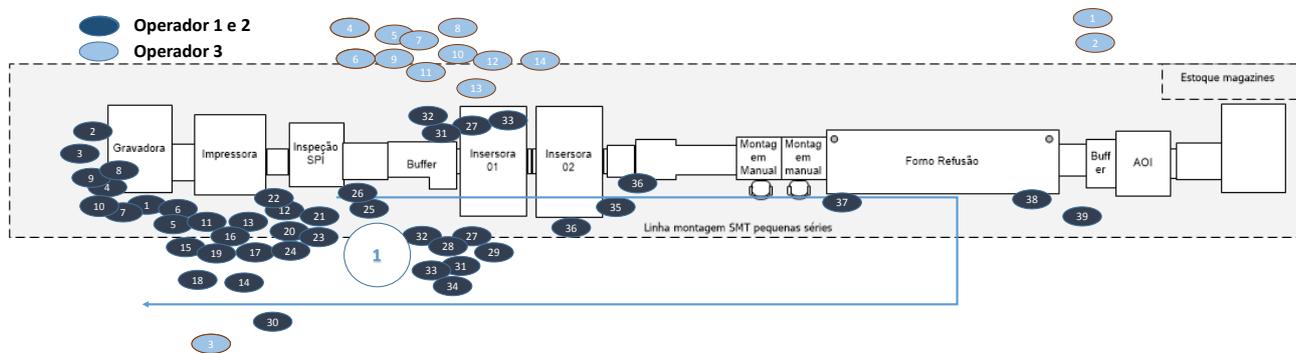


Figura 4.13 - Representação de Atividades do *Setup* da Linha SMT
 Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

4.4.2 Condição-alvo 2

Para que a segunda condição fosse também atingida, novamente a equipe realizou a Kata de *Coaching* e Kata de Melhoria, e preencheu-se mais uma vez o *storyboard*, considerando esta a nova condição-alvo: elementos do *setup* classificados entre elementos internos e externos. A nova condição atual foi definida com os elementos de trabalho conhecidos, mas não classificados. O registro está apresentado no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 - Registro de Ciclos de Kata 2º Condição-atual

Condição Atual	Condição-Alvo	Obstáculos		Data	O que foi planejado	O que se espera	O que aconteceu	O que se aprendeu
Os elementos de trabalho do <i>setup</i> são conhecidos, mas não estão classificados entre internos e externos	Os elementos de trabalho de <i>setup</i> estão classificado entre internos e externos	A falta do entendimento anterior sobre princípios do SMED	P D C A	06/10/2016	Reunir a equipe, para verificar quais elementos podem ser realizados com as máquinas trabalhando, de forma a reduzir o <i>setup</i>	Espera-se que os elementos externos possam ser identificados, e as oportunidades expostas	Os Elementos de trabalho foram classificados. Descobriu-se que deve ser privilegiado a máquina de inserção, com maior tempo de ciclo e <i>setup</i> mais complexidade	Quando trabalha-se em uma linha integrada, deve-se focar nas atividades externas dos processos gargalos.
				Ciclo 1				

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Novamente, a equipe se reuniu, e planejou-se uma nova ação: as atividades identificadas na condição anterior deveriam ser classificadas e analisadas. O aprendiz e a equipe preencheram o *storyboard* e apresentaram ao *Coaching*. Novamente, solicitou-se uma semana para a realização da atividade.

O Quadro 4.7 apresenta a atividade pela equipe de melhoria: os elementos do *setup* classificados entre internos e externos.

Quadro 4.7 - Atividades do *setup* classificadas em Internas e Externas

Gravadora	Classif.
1 - Ligar a máquina;	Interno
2 - Pegar as placas (que já devem estar disponíveis na mesa própria);	Externo

3 - Conferir se as quantidades de placas estão de acordo com as quantidades solicitadas na OF;	Externo
4- ajustar os <i>conveyors</i> ;	Externo
5 - Conferir se existe programa da placa que será montada (caso não exista deverá ser criado);	Externo
6 - Criar programa;	Externo
7- Testar o programa feito com uma placa com fita;	Externo
8 - Ajustar os demais <i>conveyors</i> (saída) e <i>buffer</i> ;	Externo
9 - Realizar a gravação de todas as placas;	Interno
10 – Realizar a “bipagem” de todas as placas;	Externo
Impressora	Classif.
1 - Ajustar o buffer antes da impressora ou as placas nos magazines;	Interno
2 - Retirar o estêncil da placa que está saindo, junto com a pasta;	Interno
3 - Retirar toda a pasta/ cola e colocar nos potes apropriados;	Externo
4- Limpar o estêncil com ultrassom;	Externo
5 - Limpar estêncil da placa que está entrando - para retirar possíveis sujeiras;	Externo
6 - Trocar a programação da impressora ou fazer o programa da placa que está entrando;	Interno - externo
7 - Após o programa feito testar as fiduciais;	Interno
8 - Pegar o pote de pasta e colocar a pasta sobre o estêncil;	Interno
9 - Colocar uma placa e aplicar pasta;	Interno
10- Ajustar o <i>conveyor</i> de saída da impressora	Interno

Inspeção SPI	Classif.
1 - Trocar o programa SPI ou solicitar que a EI faça o programa;	Interno – externo
2- Ajustar o <i>conveyor</i> da SPI;	Interno
3- Escanear a placa e encontrar as fiduciais;	Interno

4- Fazer a inspeção da primeira placa na SPI;	Interno
5- Ajustar os <i>conveyors</i> e buffer da SIPLACE;	Externo
6- Levar os estênceis da produção que acabou para o almoxarifado;	Externo
Inersora	Classif.
1 - Após a saída da última placa, retirar os carrinhos;	Interno
2 - Retirar as bandejas;	Interno
3 - Retirar os rejeitos e identificar;	Interno
4 - Enviar o programa para a SIPLACE do PC que fica no setup ou na EI;	Interno – externo
5 - Colocar os carrinhos do próximo setup ou trocar os <i>feeders</i> do carrinho para completar o <i>setup</i> (no caso de <i>setup</i> que não há carrinho suficiente sobrando);	Interno – externo
6 - Colocar as bandejas no local indicado no setup ou máquina, conforme programação;	Interno
7 - Bipar todos os ID's (bipar feeder, ID e operador em cada item);	Interno
8 - Corrigir as posições dos componentes (sempre que tirar o carrinho ou desligar a máquina);	Interno
9 - Colocar os pinos de apoio na mesa caso necessário;	Interno
10 - Ajustar os <i>conveyors</i> do telescópio, entrada do forno;	Interno
11 - Trocar o programa do forno (as vezes é necessário esperar esquentar ou esfriar);	Interno
12- Montar a primeira placa.	Interno
13 - Entregar a primeira placa para a qualidade conferir polaridades;	Interno
14 - Aguardar liberação.	Interno
AOI	Classif.
1- Terminar as placas que estão saindo do forno;	Interno
2 - Fazer a inspeção de todas;	Interno
3- Trocar o programa da máquina;	Interno
4 - Ajustar os <i>conveyors</i> ;	Interno

5 - Ajustar o magazine;	Externo
6 - Se tiver placa no buffer tem que terminar todos as placas para depois começar a trocar para a próxima placa;	Interno
7 - Alguém tem que ficar tirando placas do forno para que esvazie o buffer;	Interno
Setup Inserora	Classif.
1 - Verificar se o material está disponível no almox;	Externo
2 - Fazer a retirada do material (placas, componentes e estêncil);	Externo
3 - Solicitar a impressão do setup, planilha de bipagem - atualização com valor na EI;	Externo
4 - Fazer a bipagem dos ID's para verificar em qual posição no setup eles são inseridos;	Externo
5 - Colocar etiquetas em todos os ID's com a posição no <i>setup</i> ;	Externo
6 - Alimentar os <i>feeders</i> conforme a posição indicada no setup, dar ponto e colocar na posição do carrinho conforme setup;	Externo - interno
7 - Fazer as emendas sempre que for necessário;	Externo
8 - Alimentar as bandejas e identificá-las;	Externo - interno
9 - Fazer o ajuste nas varetas para que uma apenas seja usada para bipagem;	Externo
10 - Verificar se todos os <i>feeders</i> e posições estão devidamente alimentados conforme setup;	Externo
11 - Caso falte algum componente, solicitar ao almox. junto com os componentes críticos;	Externo
12 - Alimentar os itens faltantes assim como os críticos;	Externo
13 - Anotar os componentes que vierem diferentes do <i>setup</i> – exemplo, estavam em rolo e vieram em bandejas - no <i>setup</i> ;	Externo
14 - Solicitar que sejam realizadas as alterações conforme os componentes vierem.	Externo

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

O tempo gasto nas atividades elencadas varia bastante para qualquer tipo de *setup*, devido a fatores como complexidade da placa e número de componentes de um lote, por isso, não se procurou definir exatamente o tempo gasto em cada uma delas.

Além das atividades que são realizadas com a máquina parada, percebeu-se, na análise, a necessidade de privilegiar as atividades realizadas na troca da máquina de inserção. Devido ao caráter automatizado da linha, e da atuação da mesma equipe em todas as máquinas do processo, constatou-se que a máquina, que deveria ter toda a equipe em prontidão para sua troca, era a máquina de inserção, pois possui o maior tempo de ciclo do processo SMT, além de possuir um *setup* mais complexo que as outras máquinas.

Assim, o *setup* das outras máquinas poderia ser realizado anteriormente à parada da máquina de inserção, gargalo do processo produtivo, já que existe um número de operadores limitado. Dessa forma, a configuração do *setup* proposta da linha está representada na Figura 4.14.

Na nova configuração, o processo de *setup* de todas as máquinas começa à medida que o lote passa por cada uma delas, diferente de como acontecia anteriormente, em que o *setup* de todas as máquinas iniciava-se quando a última peça saía da máquina de inserção. Um operador é responsável pela execução do *setup* em cada etapa do processo, enquanto o outro mantém o papel de reabastecer a máquina de inserção, ou resolver quaisquer problemas que a máquina venha ter.

Dessa forma, obteve-se a segunda condição-alvo, pela definição das atividades que podem acontecer externas ao processo, e a definição de um novo padrão de trabalho, conhecido pela equipe. Na data estabelecida, o *Coach* voltou para uma nova sessão de *Coaching*, na qual concordou que a segunda condição-alvo havia sido atingida. Assim, encaminhou-se para a terceira condição-alvo.

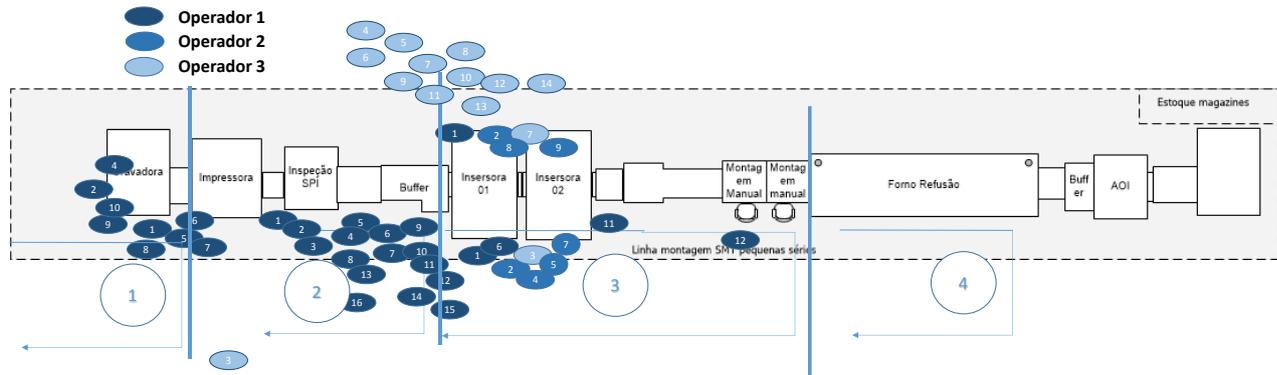


Figura 4.14 - Representação de novo padrão das atividades do *setup* no *layout* da Linha
 Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

4.4.3 Condição-alvo 3

Atingindo, assim, a segunda condição-alvo, a equipe definiu a próxima, que, pelo método definido, era a conversão efetiva das atividades para o padrão desejado. Assim, o Quadro 4.8 representa o ciclo de Kata realizado.

Quadro 4.8 - Registro de Ciclos de Kata 3º Condição-alvo

Condição Atual	Condição-Alvo	Obstáculos		Data	O que foi planejado	O que se espera	O que aconteceu	O que se aprendeu
O <i>Setup</i> não está padronizado de forma a externalizar as atividades que ocorrem fora do <i>setup</i>	Trabalho padronizado, externalizando as atividades que podem ocorrer fora do <i>setup</i> interno, de forma que este ocorra mais rapidamente	Falta de determinação dos papéis de cada operador no desenho no novo processo	P D C A	15/10/2016	Implantar o novo padrão criado pela equipe de <i>setup</i> , por meio da definição das atribuições de cada um através de uma reunião	Padronizar para reduzir o tempo de <i>setup</i> da máquina de inserção, privilegiando o seu tempo de parada em relação às outras máquinas, e realizando nas paradas somente o <i>setup</i> interno	O novo padrão foi rapidamente absorvido pela equipe, pois foi a própria equipe que analisou, e propôs a nova forma de fazer	O <i>setup</i> realizado separadamente por máquina mostrou-se mais vantajoso na prática. A separação do <i>setup</i> por máquina se mostrou possível e eficaz
				Ciclo1				

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Na sessão de Kata de *Coaching*, a aprendiz apresentou o novo padrão proposto. O *Coach* concordou com a implantação do novo padrão, e questionou quando poderia verificar os resultados advindos da mudança.

De acordo com a análise das atividades realizadas pelos operadores, verificou-se que o processo de inserção era o processo gargalo. Assim, o *setup* das outras máquinas poderia ser realizado anteriormente à máquina de inserção parada.

Percebeu-se, também, a necessidade de um dos operadores ficar disponível para o carregamento da máquina, já que, durante o processo de inserção, há uma demanda de reabastecimento caso a máquina necessite de mais componentes; e para atender outros tipos de parada que acontecem na alimentação de material. Os dois operadores encaminham-se e realizam as atividades que precisam ser feitas.

Planejou-se, então, que a equipe formada pelos três operadores começasse a realizar o *setup* de acordo com o novo padrão estabelecido.

Conforme o planejado, a mudança ocorreu de forma bem fácil, sem impedimentos, devido aos próprios operadores terem participado da criação do novo padrão. Observou-se que houve uma redução significativa no tempo de troca, nos casos em que os componentes já se encontravam preparados para o *setup* seguinte. Assim, a equipe alcançou a terceira Condição-alvo.

Os resultados foram apresentados para o *Coach* na reunião seguinte, e aprovado o avanço da equipe para a próxima condição-alvo do método.

4.4.4 Condição-alvo 4

Com as três primeiras condições alvo atingidas, chega-se à quarta e última, na qual objetiva-se simplificar tanto o *setup* interno quanto o externo. Esta condição-alvo permite uma maior criatividade da equipe, já que possibilita o planejamento de ações por meio de ciclos de PDCA, focando em benefícios em qualquer procedimento que possa reduzir ou simplificar o processo. Os ciclos registrados nesta fase estão representados no Quadro 4.9.

Quadro 4.9 - Registro de Ciclos de Kata - 4ª Condição-alvo

Condição Atual	Condição-Alvo	Obstáculos		Data	O que foi planejado	O que se espera	O que aconteceu	O que se aprendeu
Processo de <i>setup</i> com a presença de desperdícios que afetam a disponibilidade da linha	Processo de <i>setup</i> simplificado, com a eliminação dos obstáculos que afetam na redução até o padrão de menor que 10 minutos	Grande tempo gasto na emenda de fitas de mesmos componentes	P D C A	30/10/2016	Desenvolver e Montar base para imobilização do alicate usado nas emendas.	Tornar as emendas mais rápidas, já que o operador tem dificuldades de segurar a ferramenta e Realizar ao mesmo tempo	Foi desenvolvido um suporte que prende o alicate na bancada e facilitando o seu uso, resultando a redução do tempo e melhoria ergonômica da atividade	Pequenas ações mudam as atividades tornando-as mais fáceis. A ação foi compartilhada e o setor de recebimento também está usando.
				Ciclo 1				
		10/11/2016		Padronizar o tipo de fita em que pode ser feita a emenda adesiva, sem a necessidade da emenda metálica	Dinimir em cerca de 1,5 minutos o tempo de emenda, sem aumentar o % de emendas que arrebatam durante o processo	Não foi percebido um aumento no % de rompimentos de fita durante a atividade.	A utilização das emendas metálicas podem ser descartadas para alguns tipos de fita, sem interferir na eficiência da Linha.	
		Grande demora na separação de materiais vindos do almoçarifado		20/11/2016	Melhorar a forma de fornecimento de materiais vindos do almoçarifado	Reduzir o tempo gasto pela separação de materiais de acordo com a numeração dos <i>feeders</i>	Eliminou-se retrabalho realizado na bipagem de materiais na linha, incorporando a primeira separação de materiais no almoçarifado, facilitada pelo uso de cores.	Redução significativa nos elementos realizados na linha pela separação de materiais
				Ciclo 3				

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

A quarta condição-alvo é baseada na simplificação e redução dos processos de *setup* interno e externo. No caso em estudo, a equipe reuniu-se para discutir quais seriam os principais obstáculos para que fosse atingida a simplificação e redução do processo de *setup*.

Para essa condição-alvo, a equipe, em uma reunião de brainstorming, elencou uma lista de obstáculos que prejudicam o atingimento da

condição-alvo pela equipe. Esses deveriam ser escolhidos, um a um, para serem abordados nos planos de ação.

Na escolha dos obstáculos a serem tratados, a equipe tentou considerar na priorização o impacto das mudanças no processo, e as ações que não necessitassem de grande investimento para que fossem realizadas.

Assim, o primeiro obstáculo escolhido pela equipe foi a demora na realização das juntas entre fitas e rolos de componentes a serem colocados na máquina de inserção. Como a empresa trabalha com pequenas séries, e o material muitas das vezes, como já foi dito, não é fornecido da forma ideal, em rolos inteiros, mais fáceis de serem encaixados nos *feeders* (compartimentos nos quais os componentes são colocados para serem inseridos na máquina), é necessário que sejam realizadas várias emendas, para que a máquina não precise parar a todo momento para ser recarregada.

A realização dessa junção consistia em dois momentos: primeiramente, na colocação de uma pequena peça metálica que prende os dois pedaços de fita, com o auxílio de uma ferramenta semelhante a um alicate, que é chamado de crimpador, em um processo que dura cerca de dois minutos e meio por junção (Figura 4.15).

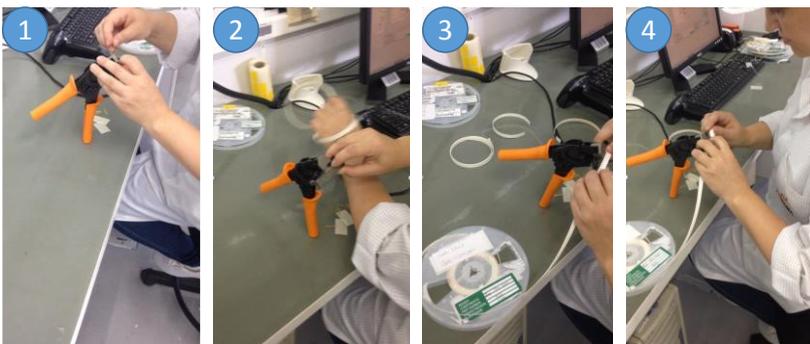


Figura 4.15 - Sequência de passos para junção com peça metálica
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Posteriormente, coloca-se mais um adesivo, que garante a fixação entre as fitas, e o correto posicionamento entre elas, e promove uma melhor adequação ao processamento (Figura 4.16).

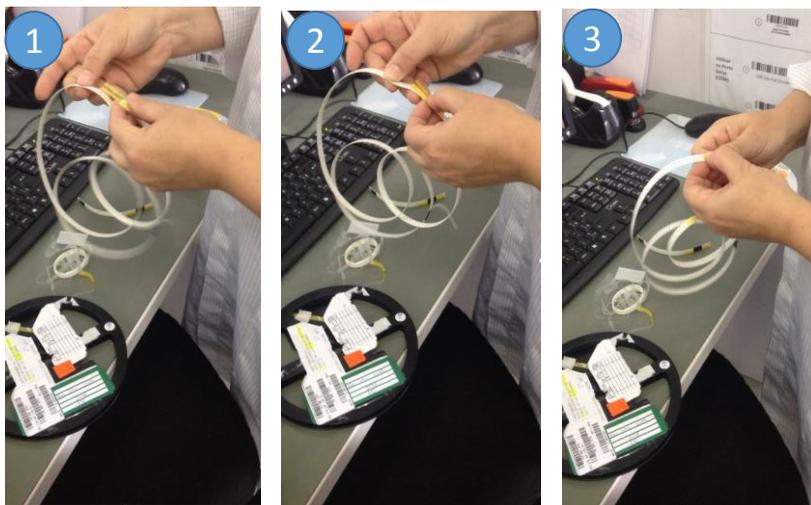


Figura 4.16 - Atividade de junção com adesivo
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Dessa forma, analisando a atividade, o primeiro obstáculo encontrado pela equipe foi a dificuldade apresentada pela operadora na realização das atividades. Como se pode observar na sequência de passos apresentados na Figura 4.15, a equipe percebeu que a dificuldade e a variação de tempo advêm da necessidade da operadora de, ao mesmo tempo, segurar o crimpador, e realizar a atividade, o que exige grande destreza, já que as peças e os encaixes são bem pequenos.

A Figura 4.17 apresenta o passo a passo para a realização da emenda. Primeiramente, a operadora coloca o componente metálico no crimpador (1), depois o primeiro pedaço de fita de componentes (2), o segundo pedaço de fita (3), e com todas as partes inseridas na ferramenta (4), pressiona-se o crimpador.

Assim, a partir desse primeiro obstáculo, a equipe resolveu planejar o desenvolvimento de um suporte, para que o crimpador pudesse ficar fixo, e o operador não tivesse a necessidade de manuseá-lo durante a junção. Essa ação foi apresentada ao *Coach* na primeira sessão de *Kata de Coching* em direção à condição-alvo 4. Concordeu-se que a equipe apresentaria a alternativa na próxima sessão de *Kata de Coching*, após 15 dias.

No estudo de possibilidades para a solução, considerando primeiramente as restrições na empresa de não realizar grandes

investimentos, decidiu-se por instalar um suporte bem ao lado da bancada em que a operadora trabalhava, no qual o crimpador fosse colocado.

Assim, as mãos da operadora ficavam livres para a realização da tarefa, tornando-a bem mais simples e de fácil realização. Pode-se verificar a melhoria pela sequência de passos na Figura 4.16. A mudança representou uma redução de cerca de 30 segundos por emenda realizada, caindo de 60 segundos em média para 30 segundos.

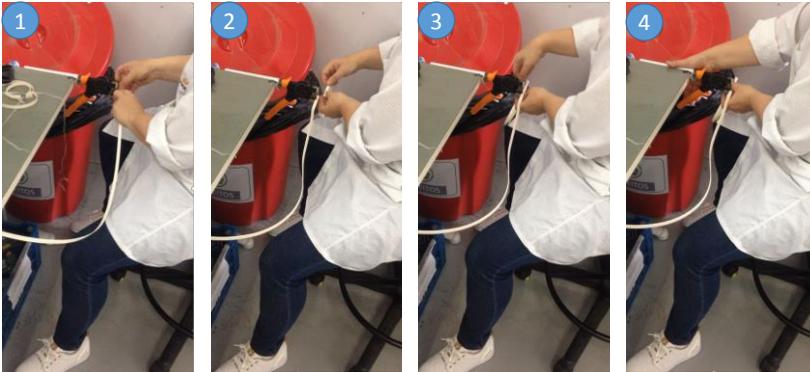


Figura 4.17 - Processo de junção com crimpador no suporte
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Diante do resultado obtido nesse ciclo de PDCA, a equipe registrou o acontecido no *storyboard* e preparou-se para o próximo ciclo. Resolveu-se manter no mesmo obstáculo. A equipe de melhoria percebeu a possibilidade de se utilizar, em casos específicos, somente o adesivo para a união entre as fitas de componentes. Foi sugerido pela equipe que, para os tipos de fitas e rolos de componentes menores, seria possível a utilização somente da fita adesiva, já que a utilização da emenda metálica servia como reforço, pois, em alguns casos, a união realizada somente pela fita adesiva não suportava o processamento da máquina, e acabava arrebentando durante o processo.

Observou-se que, além da união pela peça metálica e do crimpador, era realizada a colocação de um adesivo para realizar a união entre os dois pedaços de fita de componentes. Levantou-se que, para os tipos de rolos de componentes mais finos, seria possível a utilização somente da fita adesiva, já que a utilização da emenda metálica era somente utilizada como reforço.

Assim, a equipe planejou a padronização de componentes que pudessem ter somente a junta adesiva, e os que efetivamente tinham a necessidade da junta com a peça metálica, esperando, assim, reduzir o tempo gasto nas juntas, sem oferecer perda de eficiência na máquina de inserção por paradas causadas por corte das juntas durante o processo.

Esse foi o planejamento para o próximo ciclo de PDCA. Ocorreu uma nova sessão de Kata de *Coaching*, apresentando os resultados da ação anterior e propondo a nova ação. O *Coach* orientou que a equipe analisasse se não haveria o aumento dos casos de rompimento de fita durante o processo, e concordou com o planejamento tomado. Combinou-se que, duas semanas depois, fossem apresentados os resultados obtidos. Os dois tipos de emenda estão apresentados na Figura 4.18.

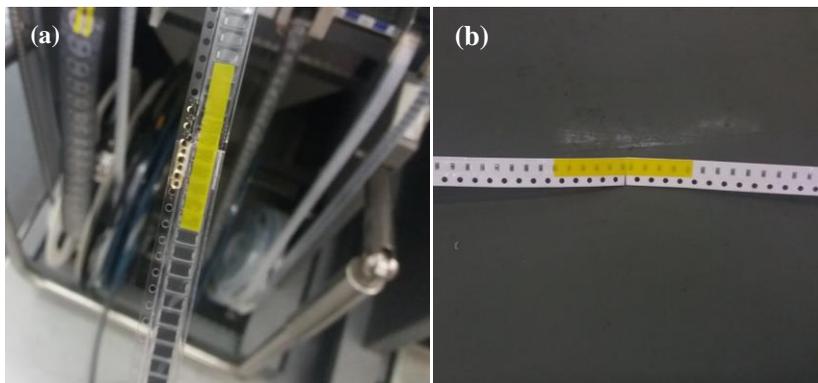


Figura 4.18 - Tipos de emendas de componentes a) Com peça metálica; b) Sem peça metálica

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

A ação planejada foi colocada em prática. A equipe percebeu que a junta realizada somente com a fita adesiva suportou para os casos definidos. Não foi constatado pelos operadores um aumento no percentual de rompimento das fitas durante o processo, de acordo com o esperado.

Assim, a equipe decidiu passar para o outro obstáculo levantado, que foi a demora na organização dos componentes para colocação na máquina de inserção. No caso, foi levantado pela equipe o tempo gasto na separação dos materiais na linha, já que os componentes são

encaminhados do almoxarifado misturados em caixas, as vezes até com material de *setups* diferentes.

Quando o material chega à linha, a operadora, como mostrado na Figura 4.19, precisa colocar cada fita ou rolo de componente no determinado *feeder* (1), para que sejam colocados no carrinho (2) e posteriormente serem colocados na máquina (3). Os *feeders* são numerados, e a localização dos componentes é definida de acordo com um processo de otimização de montagem, realizado no setor de engenharia.



Figura 4.19 - Colocação de Componentes na máquina de inserção
Fonte: Elabora pelo autor (2016).

Para identificar em qual *setup* e *feeder* o componente pertence, a operadora tem que realizar o procedimento sequenciado na Figura 4.20: pegar cada componente (1) bipar componente (2), verificar qual é o *feeder* sinalizado, colar uma etiqueta (4), anotar a qual *feeder* e *setup* o componente pertence (5) e colocar na caixa do *setup* que o componente pertence (6).



Figura 4.20 - Anotação de localização dos componentes no *feeder*
 Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Após verificar cada componente, a operadora organiza os mesmos na correspondente ordem que ficarão nos *feeders*. Como representado na Figura 4.21, a operadora observa o que foi anotado no adesivo (1) e separa em montes de acordo como serão colocados nos carrinhos (2).

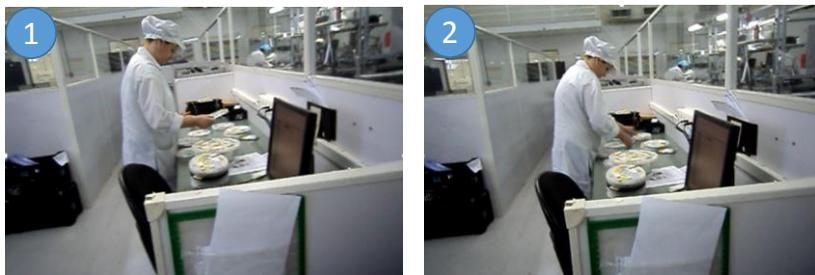


Figura 4.21 - Separação de materiais na ordem dos *feeders*
 Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Esse processo de separação chega a demorar, como no caso em estudo, duas horas, podendo afetar diretamente a linha quando a produção anterior for de um lote pequeno.

Para o planejamento de uma nova ação, a equipe teve que estudar como era realizada a separação no almoxarifado. Constatou-se que o responsável pela separação dos componentes já possuía o trabalho de bipar cada componente para identificar a saída. Após isso, os componentes eram colocados de qualquer forma nas caixas, sem referência alguma da localização nos *feeders*.

Verificando a possibilidade de melhorar a entrega dos materiais, e evitar o retrabalho, já que a operadora na linha precisava bipar novamente todos os componentes, foi pensado então, pela equipe, que atividade de separação poderia começar a ser feita no almoxarifado.

Para que não fosse simplesmente passado o trabalho anteriormente realizado na linha para o almoxarifado, refletiu-se em simplificar a separação. Foram criadas divisórias nas caixas, que correspondiam a intervalos de numeração dos *feeders*, e para esses intervalos foram estabelecidas determinadas cores. Na planilha de separação, que já era utilizada pelo funcionário do almoxarifado, programou-se para, no momento da seleção do componente, este ficasse na cor correspondente na divisória da caixa, como é representado na Figura 4.22, no momento em que o componente é bipado (1), aparece na planilha de separação a numeração do *feeder* e a linha é colorida automaticamente com a correspondente na divisória da caixa (2), facilitando o trabalho de separação da operadora (3).



Figura 4.22 - Novo Processo de separação de materiais
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Na implementação desta mudança, houve a necessidade de esforço maior da equipe, já que, diferente das anteriores, envolveu pessoas de outro setor, não participantes do processo de melhoria. No início, houve certa resistência por parte desses funcionários do almoxarifado, pelo não entendimento do que implicaria a mudança e de como aconteceria.

Quando houve a discussão e o entendimento dos ganhos que aquela mudança implicaria no processo, a equipe do almoxarifado passou a contribuir com as ideias de melhoria, além de colocar o ponto de vista de como o procedimento poderia melhorar ainda mais, como carrinhos próprios para a separação e transporte dos componentes.

Comentou-se pela equipe que a ideia de melhorar a forma de separação no almoxarifado já havia sido trabalhada anteriormente, no entanto, a solução dada não havia resultado em um processo usual, por isso, acabou caindo em desuso.

O novo processo de separação de materiais foi então implementado. Apesar de alguns ajustes ainda necessários, funcionou bem, reduzindo quase que completamente o tempo necessário de separação de materiais na linha, que chegava a mais de 2 horas em um mesmo *setup*.

Os resultados obtidos foram inseridos no *storyboard*, e apresentados ao *Coach*. Após três rodadas de ciclos PDCA da fase em estudo, implementaram-se as mudanças que resultaram em uma redução de até 40% no *setup* externo da máquina de inserção. A análise da fase 4 da pesquisa-ação é apresentada no Quadro 4.10.

Quadro 4.10 - Ciclo da pesquisa-ação – Fase 4

Planejado	Planejou-se a realização da rotina Kata, com o acontecimento dos ciclos de Kata Coaching e Kata de melhoria pela equipe, utilizando as condições-alvo definidas no método proposto.
Realizado	Realizaram-se 6 ciclos de Kata <i>Coaching</i> e Kata de melhoria, no período de aproximadamente 3 meses. Os Ciclos de Kata se deram com a participação do <i>Coach</i> (diretor industrial), o aprendiz (supervisora de produção) e a equipe do aprendiz (três operadores da linha SMT).
Observado	Por meio desses ciclos de melhoria, a equipe obteve como resultados análises pertinentes, e ideias criativas para a remoção de obstáculos encontrados. O momento de planejamento definido em cada ciclo, e o de reflexão gerado ao final dele, fez que as ideias fossem bem estruturadas e avaliadas, evitando a construção de soluções pouco usuais (como havia acontecido anteriormente em casos de melhorias construídas de maneira isolada). Nos primeiros ciclos, percebeu-se certa dificuldade da equipe

	na disciplina do cumprimento dos ciclos, devido à falta de experiência na prática da rotina.
Refletido	A estruturação do SMED, baseada na abordagem Kata, proporcionou uma maior avaliação de cada solução construída com base nos obstáculos. Uma das dificuldades encontradas foi a disciplina no cumprimento da realização dos ciclos de melhoria nos prazos estabelecidos e na realização dos ciclos de Kata, no entanto, no decorrer dos ciclos, e absorção de maior experiência, a ocorrência de ciclos se deu de forma mais natural.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

4.5 Principais Resultados Alcançados

Findados os três meses de aplicação do método, verificaram-se resultados tanto no âmbito do processo de *setup* em si, quanto no impacto dele no desafio geral definido, contando com os resultados das outras frentes de melhoria.

Em relação ao *setup*, pode-se destacar a maior rapidez na realização das atividades internas, já que foram separadas as atividades de cada máquina. Observaram-se processos de troca com tempos de parada menores que 5 minutos, inclusive de lotes de certa complexidade, e que havia a necessidade da troca do carrinho de *feeders*.

Uma das principais dificuldades no processo era em relação ao *setup* externo, que acabava, por vezes, a comprometer a eficiência da linha, devido ao conteúdo de trabalho necessário. No entanto, observaram-se ganhos que chegam de até 2 horas na separação de materiais, 30 segundos em cada emenda metálica, e a cada eliminação da atividade das juntas metálicas, que duram em média 90 segundos. Essas reduções chegam a representar 40% do total de tempo do *setup* externo. Percebeu-se também que melhorias desenvolvidas nessa iniciativa foram absorvidas por outros setores, como o a do suporte para o crimpador, que passou a ser utilizado também no setor de recebimento.

Além do processo de *setup*, foram trabalhadas as outras frentes, desenvolvidas pela engenharia e pelo PCP, que focaram, respectivamente, em procedimentos que aumentassem a eficiência da linha, evitando as paradas não programadas de máquinas; em melhorias do planejamento das atividades pelos setores, proporcionando um sistema puxado para as atividades anteriores manufatura (confecção do plano de

processo, lista de materiais e programação das máquinas) e evitando interrupções da produção por intercorrências nessa preparação; e melhorias na comunicação com os clientes no processo de recebimento e administração de materiais, reduzindo os atrasos nas entregas dos mesmos. A Figura 4.23 apresenta momentos de ciclos de Kata de *Coaching* nas três frentes.



Figura 4.23 - Sessões de Kata de Coaching nas 3 equipes de Melhoria
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

O período da realização dos ciclos de Kata na empresa iniciou-se no final de setembro e finalizou-se no início de dezembro. Analisando os dados do indicador colocado como desafio na empresa, de entrega no prazo, pode-se constatar que os únicos meses em que o indicador chegou o patamar máximo de 100% foram os meses de novembro e dezembro, observados na Figura 4.24, sendo possível inferir que as mudanças nas frentes tenham relação com o indicador.

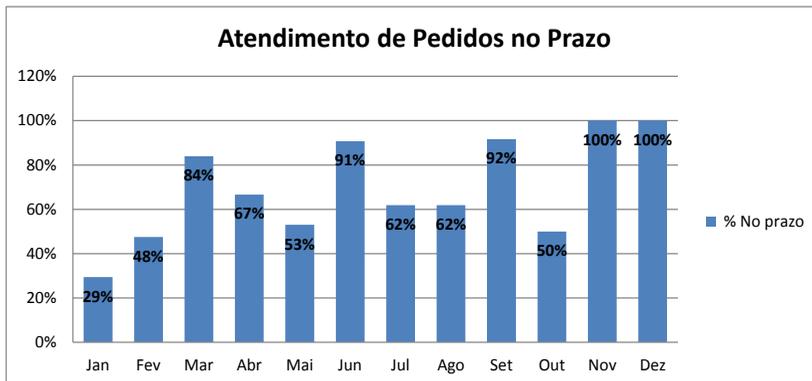


Figura 4.24 - Gráfico percentual por mês de atendimentos no prazo

Fonte: Elaboração pelo autor (2016).

Para avaliar a iniciativa do ponto de vista da equipe, realizou-se uma reunião na qual os aprendizes e o *Coach* avaliaram a experiência com o método. A equipe demonstrou receptividade ao método, levantando vários avanços com o uso do mesmo. Dentre os pontos positivos levantados pela equipe na utilização, apontou-se o fato de proporcionar um ambiente de melhoramento contínuo, sem a necessidade de longas paradas da equipe para dedicação a um projeto específico. Além disso, a promoção de uma maneira estruturada de criar e avaliar soluções foi destacada como um ponto forte do método. A equipe, com frequência, propunha mudanças, mas pouco se refletia sobre a efetividade dessas, como exemplificado no caso da tentativa anterior de separação dos componentes no almoxarifado. Assim, as iniciativas que não ocorriam totalmente como o esperado, acabavam por se perder, sem chance para ajustes.

A equipe levantou que o desdobramento de um objetivo principal entre as diferentes áreas proporcionou uma maior união entre as áreas e entre as próprias equipes. Dentre as principais dificuldades, colocou-se a necessidade de grande maturidade da equipe para que a rotina de melhoria permaneça na equipe, apesar dos contratemplos da rotina de produção.

5 CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as conclusões relacionadas ao trabalho em questão, bem como as recomendações ou sugestões para trabalhos futuros.

O presente trabalho teve por objetivo principal propor um método para redução do *setup*, utilizando como abordagem de implementação a rotina Toyota Kata.

Para isso, primeiramente, realizou-se uma revisão bibliográfica sistemática, que contribuiu para a identificação dos métodos; e, as práticas existentes na literatura, na aplicação do SMED e na análise do estado da arte sobre a metodologia. Como resultado da revisão, destacam-se as oportunidades colocadas por autores, como a necessidade de soluções mais criativas e de uma abordagem mais flexível de aplicação da metodologia; além da ênfase da importância da participação efetiva dos executores do processo para o sucesso da iniciativa. Assim, evidenciou-se a lacuna de pesquisa: estruturar um método que visasse atender a esses pré-requisitos.

Dessa forma, diante da atual discussão sobre a eficácia das abordagens de implementação *Lean*, construiu-se o método; tendo como base a rotina Toyota Kata, que difere dos métodos encontrados na literatura, que são estruturados como projetos de melhoria focados, baseado nos chamados “eventos *Kaizen*”. Além disso, o método possibilita a construção de soluções inovadoras baseadas no método científico e sua aplicação, por não ser eventual, mas contínua, propicia na prática a sustentabilidade das mudanças realizadas.

O método proposto é baseado em quatro fases: as duas primeiras trataram de pré-requisitos necessários para a utilização da abordagem Toyota Kata e as duas últimas destinadas a realização das melhorias no *setup*. A primeira fase compreendeu a identificação do problema e alinhamento com os objetivos estratégicos da empresa, em seguida na segunda fase, realizou-se a capacitação dos executores na rotina Toyota Kata. Na terceira, entregou-se o desafio e houve uma conscientização em SMED e na quarta, realizou-se os ciclos de Kata melhoria com a equipe.

Avaliou-se o método proposto por meio de uma pesquisa-ação, realizada em uma empresa de montagem com o tipo de produção *make-to-order* (fazer sob encomenda), que possuía o processo de inserção como

central para o sistema produtivo. Planejou-se a pesquisa-ação de forma a analisar a aplicação de cada fase do método proposto como um ciclo.

Como resultado da utilização das rotinas Kata, e, conseqüentemente, as realizações de ciclos PDCA, verificou-se a proposição de soluções criativas, com a forte participação dos executores do processo. Assim, obtiveram-se ganhos substanciais na atividade de *setup*, com a padronização de uma nova forma de trabalho, e simplificação de várias atividades, que, juntamente com outras oportunidades definidas, melhoraram o sistema de organização, atingindo 100% de entregas no prazo após um mês de aplicação do método.

Além disso, a equipe afirmou que a utilização do método proporcionou um ambiente de melhoramento contínuo, sem a necessidade de longas paradas da equipe para a dedicação de um projeto específico. A promoção de uma maneira estruturada de criar e avaliar soluções foram colocados como um destaque do método, além da percepção pela equipe da ligação da iniciativa com os objetivos dos níveis superiores.

Quando se fala da aplicação da abordagem *Lean* no contexto atual, vem-se a ideia da utilização dos eventos *kaizen*, abordagem de melhoria que acontece geralmente de forma pontual, sem uma grande ênfase no desenvolvimento das pessoas na solução de problemas. Pensa-se somente em problemas rotineiros e em soluções prontas.

Dessa forma, conclui-se que o trabalho contribuiu ao fornecer um método estruturado para obtenção de *setup* rápido, diferente dos existentes. Além disso, a aplicação da rotina Kata em situações reais, o desenvolvimento de abordagem de introdução da rotina em um ambiente fabril, e a forma demonstrada na condução da rotina trouxe avanços nos conhecimentos da prática da rotina Toyota Kata. As dificuldades e facilidades apresentadas pelo *coach* e pelos os aprendizes na pratica da rotina podem ser utilizadas como subsidio para futuros pesquisadores e usuários na tentativa de sua utilização.

Como apresentado na revisão, encontraram-se poucos estudos publicados sobre a utilização efetiva da rotina. O trabalho evidencia detalhadamente a aplicação da rotina Toyota Kata, demonstrando o funcionamento da Kata de melhoria, e as sessões de Kata de Coaching.

Como trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação do método proposto não só em outros tipos de empresa de montagem e manufatura, como também em processos de empresas de serviço com necessidade de

rapidez na preparação de recursos e instalações, como por exemplo, centros cirúrgicos e leitos hospitalares.

Ademais, ainda há muitas oportunidades na estruturação da introdução de melhorias, princípios e metodologias *Lean*, utilizando a abordagem Toyota Kata. Futuras pesquisas podem facilitar a aplicação da abordagem no meio prático, além de evidenciar as vantagens e desvantagens no uso da mesma.

6 REFERÊNCIAS

ALMOMANI, M. A. ALADEEMY, M.; ABDELHI, A.; MUMANI, A. **A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques.** *Computers & Industrial Engineering*, v. 66, n. 2, p. 461-469, 10// 2013.

AULINGER, G. **Coaching-Beispiele: Welche Fragen hätten Sie dem Mentee gestellt?** 2015. Disponível em: <<http://verbesserungskata.de/>>. Acesso em: 30 de Jul. de 2016

Ayob, M.; Kendall, G. **A survey of surface mount device placement machine optimisation: Machine classification.** *European Journal of Operational Research*. 186. 893-914. 10.1016/j.ejor.2007.03.042. 2008.

BACH, T. **Transferência de perfis térmicos entre fornos de refusão distintos via modelamento matemático.** 2011. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Materiais, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BENTZEN, B. S. **Reflow Soldering. STM in Focus.** Disponível em: <http://www.smtinfocus.com/processguide_reflow.html>. Acesso em: 15 jul. 2016.

BEVILACQUA, M.; CIARAPICA, F. E.; DE SANCTIS, I.; MAZZUTO, G.; PACIAROTTI, C. **A Changeover Time Reduction through an integration of lean practices: A case study from pharmaceutical sector.** *Assembly Automation*, v. 35, n. 1, p. 22-34, 2015.

CARRIZO MOREIRA, A.; CAMPOS SILVA PAIS, G. **Single Minute Exchange of Die: A Case Study Implementation.** *Journal of technology management & innovation*, v. 6, n. 1, p. 129-146, 2011.

CONFORTO, E. C.; AMARAL D. C.; SILVA, S. L. **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos.** In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. Anais do 8º CBGDP. 2011.

DAS, B.; VENKATADRI, U.; PANDEY, P. **Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning**

coil manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 71, n. 1-4, p. 307-323, 2014.

DAVE, Y.; SOHANI, N. **Single Minute Exchange of Dies: Literature Review.** *International Journal Of Lean Thinking*: Nagendra Sohani. [S. l.], p. 27-37. dez. 2012. Disponível em: <http://thinkinglean.com/img/files/Single_Minute_Exchange_of_Dies_Literature_Review.pdf>. Acesso em: 30 maio 2016.

DORO, M. M. **Sistemática para implantação da garantia da qualidade em empresas montadoras de placas de circuito impresso.** Florianópolis, 2004. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PMCI0042.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2016

Ebertech Soluções Eletrônicas. **Componentes SMT e PTH.** Disponível em: <<http://www.ebertech.com.br/manufatura.php>>. Acesso em: 15 de Set. de 2016

FERRADÁS, P. G.; SALONITIS, K. **Improving Changeover Time: A Tailored SMED Approach for Welding Cells.** *Procedia CIRP*, v. 7, p. 598-603, // 2013.

FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. M. **Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso.** *Gestão & Produção*, v. 10, n. 2, p. 163-181, 2003.

GLOVER, W.; FARRIS, J. A.; VAN AKEN, E. M.; DOOLEN, T. L. **Critical success factors for the sustainability of Kaizen event human resource outcomes: An empirical study.** *International Journal Of Production Economics*, [s.l.], v. 132, n. 2, p.197-213, ago. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.04.005>.

GLOVER, W.; FARRIS, J. A.; VAN AKEN, E. M.; DOOLEN, T. L. **Kaizen Event Result Sustainability for Lean Enterprise Transformation.** *Journal Of Enterprise Transformation*, [s.l.], v. 3, n. 3, p.136-160, jul. 2013. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/19488289.2013.818596>.

GRZYBOWSKA, K.; GAJDZIK, B. **Optymisation of equipment setup processes in enterprises** Optimizacija postupka postavljanja opreme u poduzecima. *Metalurgija*, v. 51, n. 4, p. 555-558, 2012.

HEIDERSCHIEDT, F. G. **Proposta de melhoria em um processo de pronto atendimento infantil integrando a abordagem lean e a dinâmica de sistemas**. 2015. 139 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 2015. Disponível em: <<http://www.bu.ufsc.br/teses/PEPS5585-D.pdf>>

KITCHENHAM, B. **Procedures for Performing Systematic Reviews. Joint Technical Report**, Software Engineering Group, Keele University and Empirical Software Eng., Nat'l ICT Australia, 2004.

KUMAR, B. S.; ABUTHAKEER, S. S. **Productivity enhancement by implementing lean tools and techniques in an automotive industry**. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering*, v. 10, n. 1, p. 167-172, 2012.

LACERDA, A. P.; XAMBRE, A.R.; ALVELOS, H. M. **Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry**. *International Journal Of Production Research*, [s.l.], v. 54, n. 6, p.1708-1720, 18 jun. 2015. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2015.1055349>.

LARAIA A. C.; MOODY P. E.; HALL R. W. **The Kaizen Blitz: Accelerating Breakthroughs in Productivity and Performance** The Association for Manufacturing Excellence, New York , 1999.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Os 5 Princípios**. Disponível em <https://www.lean.org.br/5_principios.aspx>. Acesso em 30 de Jun. de 2016.

LEITE, H. V. R. **Um Estudo sobre o Surgimento e a Utilização de Ferramentas Lean Orientadas ao setor de Serviços e um caso de aplicação Prática**. 2012. 114 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <http://www.biblioteca.pucpr.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquiv o=2589>. Acesso em: 15 jun. 2016.

LV, M.; ZHANG, N.; JIANG, J.; WANG, Q. **Analysis and Application of SMED in an Injection Molding Machine Based on VSM.** *Industrial Engineering, Machine Design and Automation (Iemda 2014) & Computer Science and Application (Ccsa 2014)*, p. 143-149, 2015.

MACPHERSON, S. **Closing the Lean Leadership Gap** The Lean Leadership Academy, 2012. Disponível em <http://www.cob.calpoly.edu/centralcoastlean/files/2016/02/Keynote-Closing-the-Leadership-Gap-Central-Coast-Summit.pdf> Acesso em: 15 de Mai. de 2016.

MCINTOSH, R.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R.; OWEN G. W. **Changeover improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" methodology.** *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 54, n. 1, p. 98-111, 2007.

MCINTOSH, R.; OWEN G.; CULLEY S.; MILEHAM, T. **A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology.** *International Journal of Production Research*, v. 38, n. 11, p. 2377-2395, 2000.

MELLO, C. H. P.; TURRION, J. B.; XAVIER, A. F.; CAMPOS, D. F. **Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução.** *Produção*, [s.l.], v. 22, n. 1, p.1-13, 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-65132011005000056>.

MENDES, L. G.; FORCELLINI, F. A. **Abordagens e Ferramentas na Implementação do SMED (Single Minute Exchange of Die): Uma Revisão Bibliográfica Sistemática** In: OLIVEIRA, Gilson Adamczuk; TRENTIN, Marcelo Gonçalves; MICHELON, Adriani Edith (Ed.). 6. Congresso de Sistemas LEAN: explorando a flexibilidade e o potencial do Lean Thinking. Pato Branco: UTFPR, 2016. p. 556-569. ISBN 978-85-99584-07-1 Anais. Disponível em: <http://www.pb.utfpr.edu.br/congressolean/anais/>. Acesso em: 15 de set. de 2016.

MERGUERIAN, P. A.; GRADY, R.; WALDHAUSEN, J.; LIBBY, A.; MURPHY, W.; MELZER, L.; AVANSINO, J. **Optimizing value utilizing Toyota Kata methodology in a multidisciplinary clinic.** *Journal Of Pediatric Urology*, [s.l.], v. 11, n. 4, p.1-6, 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpuro.2015.05.010>.

MEZENTSEV, M. Y.; SHABIS, A. G. **The Repairs Project as a Tool for Improving the Productivity of Equipment.** *Metallurgist*, v. 58, p. 545-549, 2014.

MORALES MÉNDEZ, J. D.; SILVA RODRÍGUEZ, R. **Set-up reduction in an interconnection axle manufacturing cell using SMED.** *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2015.

MOXHAM, C.; GREATBANKS, R. **Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: A study in a textile processing environment.** *International Journal of Quality and Reliability Management*, v. 18, n. 4, p. 404-414, 2001.

NEUMANN, C. S. R.; RIBEIRO, J. L. D. **Desenvolvimento de fornecedores: um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas.** *Production*, v. 14, n. 1, p. 44-53, 2004.

PATEL, S.; DALE, B. G.; SHAW, P. **Set-up time reduction and mistake proofing methods: An examination in precision component manufacturing.** *TQM Magazine*, v. 13, n. 3, p. 175-179, 2001.

PERALTA, C. B. L. **Lean Helthcare: pesquisa-ação para implementação de melhorias em um processo de pronto atendimento infantil.** 2014. 115 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 2014 Disponível em: <<http://www.bu.ufsc.br/teses/PEPS5566-D.pdf>>

REVEROL, Jesus. **Creating an Adaptable Workforce: Using the Coaching Kata for Enhanced Environmental Performance.** *Environmental Quality Management*, [s.l.], v. 22, n. 2, p.19-31, 2012. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/tqem.21324>.

ROTHER, M. **Toyota kata: Gestão de pessoas para a melhoria, a adaptabilidade, e resultados superiores.** New York, NY: McGraw Hill, 2010.

ROTHER, M. **About the Toyota Kata Research.** Ann Arbor, 2014 Disponível em http://www-personal.umich.edu/~mrother/KATA_Files/Research.pdf. Acesso em 08 de Set. de 2016.

- ROTHER, M. **Improvement Kata and Coaching Kata Practice Guide**. 2015. Disponível em: http://www.personal.umich.edu/~mrother/Handbook/Practice_Guide.pdf. Acesso em: 10 de Mar. de 2016.
- SAGALOVSKY, B. **Organizing for Lean: autonomy, recursion and cohesion**. *Kybernetes*, [s.l.], v. 44, n. 6/7, p.970-983, 2015. <http://dx.doi.org/10.1108/k-01-2015-0020>.
- SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System**. Cambridge, MA: Productivity, 1985.
- SHINGO, S. **O Sistema de Troca Rápida de Ferramentas**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2000.
- SINGH, B. J.; KHANDUJA, D. **Risk management in complex changeovers through CFMEA: An empirical investigation**. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, v. 10, n. 4, p. 470-494, 2012.
- SINGH, B. J.; KHANDUJA, D. **SMED: For quick changeovers in foundry SMEs**. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 59, n. 1, p. 98-116, 2010.
- SLOMP, J., BOKHORST, J. A. C.; Germs R. **A lean production control system for high-variety/low-volume environments: A case study implementation**. *Production Planning Control* 20(7) 586–595, 2009.
- SOLTERO, C. **Creating an adaptable workforce: Lean training and coaching for improved environmental performance**. *Environmental Quality Management*, [s.l.], v. 21, n. 1, p.9-22, set. 2011. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/tqem.20305>.
- SUGAI, M.; MCINTOSH, R. I.; NOVASKI, O. **Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso**. *Gestão & Produção*, v. 14, n. 2, p. 323-335, 2007.
- SURESH KUMAR, B.; SYATH ABUTHAKEER, S. **Implementation of lean tools and techniques in an automotive industry**. *Journal of Applied Sciences*, v. 12, n. 10, p. 1032-1037, 2012.

SUSMAN, G. I.; EVERED, R. D. **An assessment of the scientific merits of action research.** *Administrative Science Quarterly*, v. 23, p. 582-603, 1978.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 15. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

TROJANOWSKA, J.; ŻYWICKI, K.; VARELA, M. L. R.; MACHADO J. M. **Shortening Changeover Time - An Industrial Study.** *Proceedings of the 2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (Cisti 2015)*, 2015.