

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Blumenau
Departamento de Engenharia de
Controle e Automação e Computação



Gabriel Alves Silvestre

Mapeamento do Fluxo de Valor da Cadeia de Produção do
Telefone sem Fio

Blumenau
2019

Gabriel Alves Silvestre

**Mapeamento do Fluxo de Valor da Cadeia de
Produção do Telefone sem Fio**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Engenheiro de Controle e Automação.
Orientador: Prof. Dra. Caroline Rodrigues Vaz

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Blumenau
Departamento de Engenharia de
Controle e Automação e Computação

Blumenau
2019

Gabriel Alves Silvestre

Mapeamento do Fluxo de Valor da Cadeia de Produção do Telefone sem Fio

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

Comissão Examinadora

Prof. Dra. Caroline Rodrigues Vaz
Universidade Federal de Santa Catarina
Orientador

Prof. Dra. Ana Julia Dal Forno
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Glauco Garcia Martins Pereira da
Silva
Universidade Federal de Santa Catarina

Blumenau, 21 de fevereiro de 2019

Dedico este trabalho aos meus pais,
sem os quais não chegaria a lugar algum.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, Edenir Kraus Silvestre e Cleide Maria Alves Kraus Silvestre, por não medirem esforços para realizar meus sonhos e por sempre acreditarem em mim. Pelos conselhos e por todo apoio, dando forças para que eu chegasse até aqui.

Aos professores do curso de Engenharia de Controle de Automação, e especialmente, aos meus colegas da UFSC, que ao longo destes cinco anos dividiram comigo aprendizados, sofrimentos e risadas.

A minha orientadora Caroline Rodrigues Vaz pela paciência e oportunidade, por estar sempre disponível para discussões e aprendizados, às quais foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores da Banca Examinadora por terem aceitado o convite para assistir ao trabalho e pelas contribuições sugeridas.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho e que me tornaram uma pessoa melhor.

"Como indivíduo não sou importante, porém como ferramenta não tenho limites."
(Autor Desconhecido)

Resumo

O acelerado processo de globalização tem como resultado o aumento expressivo da competitividade entre indústrias do mesmo nicho, o que antes eram mercados exclusivos agora passam a ser visíveis e acessíveis. Uma das estratégias para tornar-se competitiva é reduzir os desperdícios e manter foco apenas nas atividades que agregam valor perceptível pelo cliente. Neste cenário o Lean Manufacturing, através de suas ferramentas, tem sido aplicado em diversas indústrias com objetivo de reduzir desperdícios. Neste trabalho uma das respectivas ferramentas, o Mapeamento do Fluxo de Valor, é aplicada no processo produtivo do telefone sem fio, dentro de uma indústria de produtos eletrônicos. Desta forma, tornou-se possível mapear e analisar os problemas do estado atual deste processo industrial e elaborar o mapa do estado futuro com melhorias através da automação industrial. O principal resultado no estado futuro proposto conta a automação parcial do processo de tampografia, com a redução do número de operadores e de 40% do tempo do processo.

Palavras-Chave: 1. Manufatura Enxuta 2. Mapeamento do fluxo de valor. 3. Telefone

sem fio

Abstract

The accelerated process of globalization has resulted in a significant increase in competitiveness between industries in the same niche, which were once exclusive markets now becoming visible and accessible. One of the strategies to become competitive is to reduce waste and focus only on activities that add value to the customer. In this scenario, Lean Manufacturing, through its tools, has been applied in several industries aiming to reduce waste. In this work one of the respective tools, Value Stream Mapping, is applied in the productive process of the cordless telephone, within an electronics industry. In this way, it became possible to map and analyze the problems of the current state of this industrial process and to elaborate the future state map with improvements through industrial automation. The main result in the proposed future state is the partial automation of the stampography process, with the reduction of the number of operators and 40 % of the process time.

Keywords: 1. Lean Manufacturing 2. Value stream mapping 3. Cordless Phone.

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Estruturação do trabalho. | 19 |
| Figura 2 – Etapas do MFV (Rother e Shook [1]) | 28 |
| Figura 3 – Cadeia produtiva do setor de telecomunicações, em destaque a categoria da empresa alvo do mapeamento - Adaptado [2]. | 35 |
| Figura 4 – Método SYSMAP [3]. | 37 |
| Figura 5 – Quantidade de artigos selecionados em cada revista. | 39 |
| Figura 6 – Fluxograma dos principais processos da produção do telefone sem fio. | 46 |
| Figura 7 – Mapa atual da produção do telefone sem fio. | 48 |
| Figura 8 – Tempo dos processos da produção do telefone sem fio. | 51 |
| Figura 9 – Mapa futuro da produção do telefone sem fio. | 55 |
| Figura 10 – Máquina de Tampografia: Tampão(1), Clichê(2), Tinteiro(3) e Gabarito(4) | 57 |
| Figura 11 – Etapas da tampografia no estado atual. | 58 |
| Figura 12 – Estado atual da célula de injeção. | 59 |
| Figura 13 – Estado futuro da célula de injeção. | 60 |
| Figura 14 – Movimento horizontal do tampão. | 61 |
| Figura 15 – Fluxo de material. | 75 |
| Figura 16 – Fluxo de informação. | 76 |
| Figura 17 – Ícones gerais. | 76 |

Lista de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Trabalhos encontrados nas bases internacionais. | 38 |
| Tabela 2 – Resumo orientativo. | 39 |
| Tabela 3 – Família de Produtos: Família V - em verde, Família WS - em laranja, Família TS - em vermelho, Família C - em amarelo e Família T - em cinza | 43 |
| Tabela 4 – Descrição dos tempos dos processos produtivos do telefone sem fio. . . | 51 |
| Tabela 5 – Descrição dos tempos de espera entre os processos do telefone sem fio. | 52 |
| Tabela 6 – Mudanças entre estado atual e estado futuro. | 64 |

Lista de Siglas e Abreviaturas

| | |
|--------|--|
| 5S | <i>Seiri, Seiton, Seisō, Seiketsu, Shitsuke</i> |
| AGV | <i>Automated Guided Vehicle</i> |
| BJPOM | <i>Brazilian Journal of Operations & Production Management</i> |
| GEPROS | <i>Gestão da Produção Operações e Sistemas</i> |
| IJIE | <i>Iberoamerican Journal of Industrial Engineering</i> |
| JIT | <i>Just-in-Time</i> |
| JIEM | <i>Journal of Industrial Engineering and Management</i> |
| LM | <i>Lean Manufacturing</i> |
| MFV | <i>Mapeamento do Fluxo de Valor</i> |
| MIT | <i>Instituto de Tecnologia de Massachusetts</i> |
| TPM | <i>Manutenção Produtiva Total</i> |
| STP | <i>Sistema Toyota de Produção</i> |
| TRF | <i>Troca Rápida de Ferramentas</i> |
| UFSC | <i>Universidade Federal de Santa Catarina</i> |

Sumário

| | | |
|-----------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 | Contextualização e Problemática da Pesquisa | 13 |
| 1.2 | Objetivos | 16 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral | 16 |
| 1.2.2 | Objetivo Específicos | 16 |
| 1.3 | Justificativa | 16 |
| 1.4 | Delimitação do Tema | 17 |
| 1.5 | Estrutura da pesquisa | 18 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 20 |
| 2.1 | Lean Manufacturing | 20 |
| 2.1.1 | Breve Histórico Lean Manufacturing | 21 |
| 2.1.2 | Desperdícios no Lean Manufacturing | 22 |
| 2.1.3 | Ferramentas do Lean Manufacturing | 23 |
| 2.2 | Mapeamento do Fluxo de Valor | 26 |
| 2.2.1 | Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor | 28 |
| 2.2.1.1 | Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor | 28 |
| 2.2.1.1.1 | Definir Família de Produtos | 29 |
| 2.2.1.1.2 | Mapa do Estado Atual | 29 |
| 2.2.1.1.3 | Mapa do Estado Futuro | 30 |
| 2.2.1.1.4 | Plano de Implementação | 32 |
| 2.2.1.2 | Informações do MFV | 32 |
| 2.2.1.3 | Simbologia e Padrões | 33 |
| 2.3 | Automação Industrial | 33 |
| 2.4 | Setor de Telecomunicações | 34 |
| 3 | METODOLOGIA | 36 |
| 3.1 | Classificação da Pesquisa | 36 |
| 3.2 | Procedimentos da Pesquisa | 37 |
| 3.3 | Local da Pesquisa | 39 |
| 3.4 | Instrumentos para Coleta de Dados | 40 |
| 3.5 | Análise e Tabulação dos Dados | 41 |
| 3.5.1 | Gráfico de Pareto | 41 |
| 3.5.2 | Fluxograma | 41 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 43 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.1 | Definição da Família de Produtos | 43 |
| 4.2 | Elaboração do Mapa do Estado Atual | 44 |
| 4.2.1 | Processos Produtivos | 44 |
| 4.2.2 | Mapa do Estado Atual | 46 |
| 4.3 | Elaboração do Mapa do Estado Futuro | 54 |
| 4.3.1 | Implantação do Kaizen em Todos os Níveis | 54 |
| 4.3.2 | Automação da Tampografia | 56 |
| 4.3.2.1 | Tampografia | 56 |
| 4.3.2.2 | Descrição do Problema | 58 |
| 4.3.2.3 | Solução Proposta | 60 |
| 4.3.3 | Utilizar AGVs para a Movimentação de Material | 61 |
| 4.4 | Síntese dos Ganhos com Aplicação do MFV | 64 |
| 5 | CONCLUSÕES | 65 |
| 5.1 | Considerações Finais | 65 |
| 5.2 | Propostas para Trabalhos Futuros | 66 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 67 |

1 Introdução

Este capítulo irá contextualizar o tema, apresentar a problemática da pesquisa, os objetivos (geral e específicos), a justificativa, a delimitação e a estrutura da pesquisa.

1.1 Contextualização e Problemática da Pesquisa

A evolução dos meios de telecomunicação e dos meios de transporte aliados a um movimento de transformação política e cultural fazem da globalização um processo inevitável. Em síntese, a globalização é o evento de reorganização do sistema global de produção, caracterizada pela elevação do grau de competição entre as empresas, capaz de transformar mercados ao destruir e criar pequenas, médias até mesmo grandes empresas.

A globalização da economia torna a concorrência entre as empresas cada vez maior e mais complexa [4], e como consequência deste fenômeno, o mercado está cada vez mais competitivo, o que obriga as empresas a buscar e encontrar soluções rápidas e inovadoras com objetivo de reduzir custos e tempos e aumentar tanto produtividade quanto a qualidade [5].

Antes as empresas locais atuavam no mercado local de forma quase exclusiva, porém agora com a possibilidade de expansão a um nível global a exclusividade das empresas locais não é mais verdade. O aumento da concorrência global acaba por obrigar as empresas a reduzir o tempo de lançamento de produtos, e além disso, oferecer estes a um preço competitivo [6].

A competitividade pode ser traduzida como disputa pelo mesmo espaço entre empresas do mesmo nicho (mesmo fim comercial), e para poder prosperar uma empresa deve garantir uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes. A vantagem competitiva é a demonstração de superioridade em alguma característica, de acordo com Moura [7] a vantagem competitiva é um diferencial da empresa em relação aos concorrentes visando suprir as necessidades do mercado. Este diferencial consiste em diversas características as quais destacam a empresa de seus respectivos concorrentes, dentre estas as principais características estão atender requisitos dos clientes e oferecer produtos inovadores e com alto valor agregado, tudo isto com menor preço e dentro do prazo adequado [8].

Para ser competitiva uma indústria deve adotar uma estratégia competitiva, isto é, organizar as tomadas de decisão com objetivo de alcançar uma posição competitiva frente ao mercado. Para Fleury [9] uma das possíveis estratégias competitivas é a Excelência Operacional, que consiste em desenvolver e lançar no mercado produtos ou serviços que otimizem a relação entre qualidade e preço. A otimização está atrelada a diversos fatores como capacidade de reduzir custo, aumentar a qualidade e flexibilidade e manter um ciclo

constante de inovação entre outros. Fatores como flexibilidade, qualidade do produto e velocidade no atendimento das necessidades do mercado são novos marcos para mensurar o sucesso empresarial [10].

Ao longo do tempo foram criados inúmeros métodos e sistemas de produção com intuito de obter processos otimizados, dentre estas metodologias o conceito de Lean Manufacturing (LM), por vezes designado como produção enxuta, Sistema Toyota de Produção (STP) ou simplesmente Lean, tem amplo impacto e grande importância. O termo Lean Manufacturing destacou-se através do livro *The machine that changed the world* [11], publicado originalmente em 1990 por James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos, como resultado de um amplo estudo sobre a indústria automobilística mundial realizado pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), no qual se evidenciaram as vantagens no uso do STP.

Para Macedo e Possamai [12] o *Lean Manufacturing* é constituído por ferramentas para auxiliar de forma expressiva o desenvolvimento da vantagem competitiva devido a melhoria do grau de inovação e qualidade do produto, do sistema de produção puxada, da redução de estoques, e mais do que isso, permitem atenuar e eliminar essas deficiências para atingir uma produção eficiente. Para Chauhan e Singh [13] as indústrias enfrentam uma concorrência elevada causada principalmente por uma crise de recursos essenciais, como energia e materiais, e por isso manufatura enxuta é uma vital para o sucesso.

Segundo Medeiros et al. [14] o *Lean Manufacturing*, em síntese, é um modelo no qual busca-se aumentar a produtividade através da redução ou eliminação dos desperdícios por meio das atividades que não agregam valor dentro dos processos produtivos. No modelo de produção *Lean*, um dos objetivos fundamentais é eliminar todas as atividades que não acrescentam valor, os processos necessários para desenvolver e produzir um produto devem ser sempre pensados de forma a agregar valor para o produto final [15]. Atividades que não acrescentam valor ao produto final não são um fator motivador para o cliente realizar a compra, ou seja, são responsáveis por aumentar custo e tempo sem ter um impacto visível.

Somada a redução de custos, ao implementar a Manufatura Enxuta é obtido um maior nível de flexibilidade para adaptar-se às mudanças nas demandas dos clientes, entregar o que cliente precisar, quando precisar e na quantidade em que precisar, especialmente em decorrência da redução do lead time. Uma vez que estes requisitos (demandas) tornaram-se os critérios para conseguir mais clientes, inúmeras organizações optaram por adotar de tal filosofia em seus ambientes produtivos [16].

Uma das principais ferramentas deste modelo de produção é o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), criado para facilitar a visualização dos fluxos de material e informação de todas as partes do processo, da matéria prima mais básica a montagem final. Devido a este estudo completo, do começo ao fim da produção, esta ferramenta proporciona a realização de um estudo profundo e detalhado do estado do processo, e por isso, permite

também interpretar e propor melhorias para o fluxo ao longo de toda a cadeia produtiva de determinado produto.

Em razão da facilidade na visualização e do estudo completo dos processos (do início ao fim da cadeia produtiva) o MFV tem outras funcionalidades, e pode ser utilizada como uma ferramenta de comunicação, como um plano de negócios e como gerenciador do processo de mudança [1]. O mapeamento do fluxo, de forma simples, consiste em seguir o caminho da produção de uma família de produtos (conjunto de produtos) desde o consumidor (cliente) ao fornecedor da matéria prima, e ao longo deste caminho desenhar a mapa do estado atual e seus respectivos fluxos de material e informação [17]. Esta ferramenta é aplicada para mapear o estado atual do sistema produtivo e também para projetar o estado futuro desejado. Para projetar o estado futuro é necessário pensar em como o fluxo deveria acontecer, ou seja, elaborar estratégias para propor formas melhores de fluxo.

Uma das estratégias para melhorar o fluxo de valor é o desenvolvimento e a implantação de tecnologias de automação dos processos, já que através da automatização é possível aumentar a produtividade e por consequência reduzir desperdícios e o custo final. Um sistema automatizado pode contribuir de diversas maneiras para o aumento da competitividade. Dentre elas, podemos ressaltar: o aumento da qualidade do produto, devido a precisão das máquinas; a redução de custos de estoque, e menor tempo gasto nos projetos e fabricação de novos produtos com a utilização de máquinas aptas a desempenhar diferentes operações [18].

O processo de automação não atinge apenas a produção em si, substituindo o trabalho braçal por robôs e máquinas computadorizadas, mas também propicia enormes ganhos de produtividade ao integrar tarefas distintas com a elaboração de projetos, o gerenciamento administrativo e a produção [19]. A automação não é apenas uma tendência tecnológica, mas um esforço das indústrias em aumentar produtividade, melhorar o controle das informações dos processos e, por consequência, alcançar resultados financeiros melhores do que a concorrência [20].

Com esta conjuntura, a necessidade de reduzir desperdícios para aumentar a competitividade e os benefícios proporcionados pela automação dos processos, é factível utilizar a ferramenta de mapeamento do fluxo de valor para mapear um processo de manufatura, projetar o estado futuro com as melhorias necessárias, implementar tais melhorias através da automação de partes do processo, isto é, aplicar automação para reduzir desperdícios.

Neste contexto, este trabalho está com o foco voltado a produção do telefone sem fio dentro de uma indústria de produtos eletrônicos, no quesito do mapeamento do estado atual da cadeia produtiva, ou seja, estudar esta cadeia e projetar o estado futuro com aperfeiçoamentos em razão da automação industrial.

A indústria eletrônica, e em específico do telefone sem fio, foram escolhidos em razão de sua relevância, Teixeira e Toyoshima [21] afirmam que o complexo eletroeletrônico

agrega os principais segmentos industriais da atual fase do capitalismo, por se constituir no mais dinâmico do novo paradigma tecnológico e produtivo e um difusor de inovações para os demais segmentos. Dentre os setores que o compõem, o de telecomunicações pode ser considerado como um dos mais relevantes, devido ao alto grau de encadeamento com outros setores, permitindo dinamizar o funcionamento de várias atividades econômicas.

Teixeira [21] também destaca que em razão da própria necessidade de obter informação de maneira eficaz, acessar informação de forma mais fácil, em conjunto com a globalização é um dos fatores responsáveis por aumentar o número de pessoas que utilizam os meios de comunicação, o que por consequência amplia o mercado de eletrônicos.

Assim, a realização deste trabalho tem por objetivo responder à seguinte questão de pesquisa: “é possível utilizar a ferramenta do mapeamento do fluxo de valor para colaborar na inserção da automação industrial no processo de produção do telefone sem fio?”.

1.2 Objetivos

Este tópico tem como intuito expor o objetivo geral e os respectivos objetivos específicos para atingir a solução do problema anunciado anteriormente.

1.2.1 Objetivo Geral

Mapear o estado atual do processo de produção do telefone sem fio e projetar o estado futuro com a inserção de processos automatizados.

1.2.2 Objetivo Específicos

1. Identificar na literatura trabalhos de mapeamento do fluxo de valor em processos industriais;
2. Analisar o mapeamento do fluxo de valor do estado atual do processo de produção do telefone sem fio;
3. Elaborar o mapa do fluxo de valor do estado futuro do processo de produção do telefone sem fio utilizando a automação.

1.3 Justificativa

Para justificar a realização desta pesquisa pode-se elencar uma série de motivos dentre os quais: a lacuna bibliográfica quando trata-se de mapeamento do fluxo de valor em indústrias de produtos eletrônicos, a importância de estudar as ferramentas do Lean Manufacturing para reduzir os desperdícios e tornar os processos cada vez mais ótimos e, por fim, a própria relevância da automação dos processos industriais.

Desta forma, após uma revisão bibliográfica em quinze revistas de grande impacto no campo de Lean Manufacturing, foram encontradas dificuldades para estudar mapeamento de fluxo de valor em indústrias de produtos eletrônicos, especialmente no campo da telefone sem fio. Neste ambiente industrial foram realizados poucos estudos, então torna-se interessante estudar estes produtos e processos.

Não somente por esta lacuna na literatura, a própria importância do MFV, pois além de entender o processo no momento em questão, esta ferramenta permite projetar um cenário futuro com melhorias. Em razão do estudo detalhado do processo e da possibilidade projetar cenários futuros, o MFV apresenta-se como uma poderosa ferramenta para analisar processos, desta forma elaborar estudos sobre o mapeamento do fluxo de valor é uma maneira de facilitar sua aplicação e demonstrar seu impacto dentro de um processo.

Também é importante justificar a automação, porque este é outro caminho para otimizar um processo e alcançar um nível maior de competitividade em relação aos concorrentes. Através da automatização das indústrias é possível incrementar quantidade e qualidade da produção e, por consequência, oferecer preços melhores para os consumidores.

A tomada de decisão em relação a automatizar ou não um processo depende da elaboração de indicadores precisos e detalhados acerca de todo o processo. Desta forma é importante estudar e avaliar as ferramentas para construir tais indicadores, como o Mapeamento do Fluxo de Valor.

Somam-se a estes motivos o fato do pesquisador realizar estágio em uma indústria de produtos eletrônicos, na qual é possível desenvolver as etapas do mapeamento do fluxo de valor de forma realista, e a relevância da produção do telefone sem fio, já que este é um produto muito difundido em razão da liberdade proporcionada pela ausência de cabos (fios) que conectam o telefone a base. Em razão da presença difundida o telefone sem fio é uma ferramenta importante para a comunicação residencial e empresarial, portanto melhorar o processo produtivo do telefone sem fio é também contribuir para o desenvolvimento dos meios de comunicações.

1.4 Delimitação do Tema

Para este trabalho foram necessárias algumas delimitações, sendo a primeira, os estudos serão voltados para o processo produtivo específico do telefone sem fio, sem levar em consideração outros produtos presentes na embalagem do telefone como base telefônica, fonte de alimentação, bateria e cabos. Vale destacar, que os processos de produção do telefone sem fio, da base telefônica e da fonte de alimentação são semelhantes, desta forma ao implantar melhorias para um os outros também poderiam utilizá-la. Também não será avaliada a influência de qualquer outro produtos produzidos na indústria.

O fluxo do processo será considerado a partir do momento em que a matéria prima está na indústria, isto é, todo o processo de compra e negociação da matéria prima não

serão estudados. Além disso, o fluxo será considerado até o momento da montagem final (produto embalado), sem levar em consideração a cadeia logística (transporte até consumidor ou cliente) e expedição. Em suma, o foco do estudo é o processo interno da indústria no qual o pesquisador realiza o estágio, que é responsável por transformar um conjunto de matérias-primas em um produto final.

A ferramenta foco é o Mapeamento do Fluxo de Valor, sem avaliar outras ferramentas do Lean Manufacturing ou de qualquer outra metodologia de produção. A pesquisa será limitada em realizar o mapeamento do fluxo de valor do estado atual do processo e projetar o estado futuro, sendo que os resultados da análise para o estado futuro não serão implementados. Independente dos resultados obtidos para o estado futuro, nesta pesquisa não serão avaliados os impactos da aplicação prática do estado futuro.

O estado futuro da pesquisa está em análise para implementação de algumas melhorias, porém neste trabalho não foi possível validar os ganhos para a empresa em razão do tempo de entrega final.

1.5 Estrutura da pesquisa

A escrita deste trabalho está segmentada em cinco capítulos, estes capítulos descrevem os pontos principais da aplicação do MFV com objetivo de inserir a automação industrial em uma indústria eletrônica.

O primeiro capítulo, a Introdução, visa contextualizar o trabalho desenvolvido, descrever os objetivos tanto gerais quanto específicos, a justificativa e as delimitações do trabalho.

No segundo capítulo, é apresentada uma revisão teórica dos conceitos do Lean Manufacturing, desde sua origem aos tipos de desperdício e as principais ferramentas. Em seguida é apresentada uma descrição detalhada da ferramenta alvo deste trabalho, o mapeamento do fluxo de valor. Ainda neste capítulo, é apresentada uma breve definição de automação bem como uma breve descrição da Indústria Eletrônica e do Telefone sem fio.

No terceiro capítulo é feita uma descrição das metodologias utilizadas, em sequência é realizada uma apresentação da empresa onde ocorreu a realização desta monografia. Também neste capítulo é efetuada uma exposição das principais etapas de aplicação do mapeamento do fluxo de valor.

No quarto capítulo, são apresentados os resultados da aplicação do mapeamento do fluxo de valor, assim como os pontos críticos e as análises tanto do estado atual quanto do estado futuro. Também são apresentadas as propostas de melhoria com automação industrial.

O quinto capítulo, finaliza o trabalho com os principais pontos da aplicação do mapeamento do fluxo de valor, principais resultados e sugestões para trabalhos futuros. A Figura 1 apresenta a estruturação do trabalho:

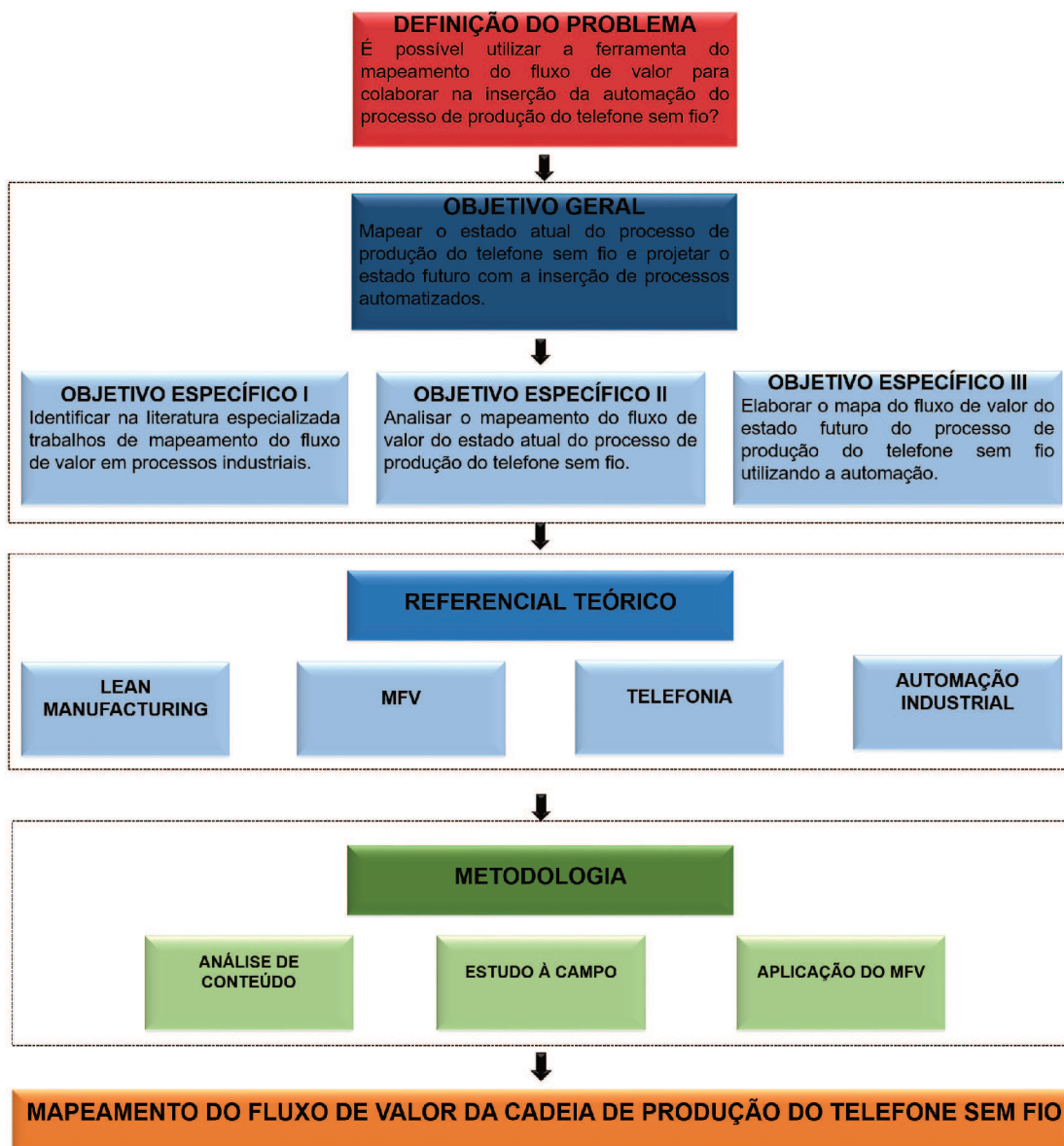


Figura 1 – Estruturação do trabalho.

2 Fundamentação Teórica

A fundamentação tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica e apresentar os principais conceitos do Lean Manufacturing, com foco na ferramenta de Mapeamento do Fluxo de Valor e nos tipos de desperdícios, da indústria eletrônica, em especial a telefonia, e também da automação de processos e algumas de suas tecnologias.

Este capítulo está dividido em três momentos, sendo eles: i) *Lean Manufacturing*; ii) Mapeamento do fluxo de valor; iii) Automação Industrial e iv) Segmento de telefonia no Brasil.

2.1 Lean Manufacturing

Na história da indústria não é raro encontrar modelos e métodos de produção elaborados para guiar o processo produtivo das indústrias. O intuito ao criar um modelo de produção é alcançar a maior nível produtividade possível, isto é, ser capaz de transformar a matéria prima em produto de modo a respeitar critérios como qualidade, tempo, segurança, e preço entre outros. A organização do sistema produtivo de uma empresa tem por intuito melhorar características como eficiência, qualidade e flexibilidade. Nos últimos anos os sistemas tradicionais de produção sofreram mudanças em razão do aumento da concorrência e da conseqüente intensificação da competitividade entre as empresas [22].

Por muito tempo o modelo de produção em massa manteve domínio e a importância, ainda assim, apesar da popularidade este modelo necessita de grandes investimentos, e tem limitações em relação a flexibilidade da produção [23]. Henry Ford ao introduzir seus conceitos de produção, apresentou novas implantações que permitiram a reduzir a quantidade de esforço humano na montagem de um produto, aumentar a produtividade e diminuir os custos [24]. Entretanto, o modelo de produção em massa tradicional como empregado por Henry Ford, não era flexível e não permitia produzir diferentes produtos, ou seja, a produção estava fortemente atrelada a um determinado produto e quando havia mudança na demanda era difícil alterar o processo produtivo.

A redução da popularidade do modelo de produção em massa é principalmente influência do livro *A máquina que Mudou o Mundo* [11], lançado em 1990 por James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). O livro é um dos trabalhos de maior impacto e reconhecimento no campo do Lean Manufacturing, esta obra é resultado de um estudo de 5 anos sobre a indústria automobilística, através do qual os autores exploraram os modelos de produção e no qual ficou evidente a superioridade do *Lean Manufacturing* frente ao modelo de produção em massa tradicional.

Assim como Roman et al. [25] destacam, o sucesso deste livro está atrelado à clareza

dos conceitos e a organização da apresentação dos resultados obtidos com implementação da filosofia enxuta em empresas de todo o mundo. No decorrer do livro Womack, Jones e Roos abordam as origens do Lean Manufacturing, onde apresentam o declínio do modelo de produção em massa e a ascensão do modelo de produção enxuta. Para Cardoza e Carpinetti [23] esse modelo é uma resposta das empresas japonesas frente ao sistema tradicional de produção em massa americano.

Segundo Honorato e Cezar [26] com a divulgação de Womack, Jones e Roos [11] as empresas começaram a gradualmente mudar seus sistemas de produção para este novo paradigma (Lean Manufacturing), e por consequência, obtiveram ganhos significativos em qualidade, produtividade, flexibilidade, ao mesmo tempo em que reduziram custos e prazos de entrega. Veiga et al. [27] destacam a existência de um grande volume de trabalhos que abordam melhorias significativas obtidas com o Lean Manufacturing no desempenho da competitividade.

Embora a publicação de *A máquina que Mudou o Mundo* em 1990 seja uma referência, o termo produção enxuta teve origem em Krafcik [28], este último era membro do grupo de estudos da indústria automobilística do qual Womack, Jones e Roos faziam parte. Segundo Limad e Zawislak [29] o termo produção enxuta tinha como intuito retratar um modelo de produção fundamentado em conceitos como eliminação do desperdício, fluxo contínuo e produção de acordo com a necessidade do cliente (produzir no momento e na quantidade necessários).

Em suma, a definição mais comum para *Lean Manufacturing* é uma sistemática que tem como objetivo identificar e eliminar os desperdícios de um sistema produtivo, para reduzir o custo operacional e satisfazer o desejo dos clientes ao menor preço. Além dos desperdícios, também tem foco voltado para a área de qualidade, através da ideia de melhoria contínua [30]. De fato, é possível conceituar o *Lean Manufacturing* como um conjunto de metodologias e ferramentas (alguns autores chegam a definir Lean como uma Filosofia) centradas em reduzir ou eliminar desperdícios [31] [32]. Esta redução de desperdícios deve-se principalmente a eliminação das atividades que não agregam valor para o cliente.

2.1.1 Breve Histórico Lean Manufacturing

O surgimento do Lean Manufacturing é atribuído a indústria de automóveis japonesa Toyota, na década de 50 no Japão pós Segunda Guerra Mundial. Os idealizadores desta filosofia de produção são Taiichi Ohno, um dos engenheiros da Toyota, e Eiji Toyoda, o presidente da Toyota na época. Após o fim da Segunda Guerra Mundial, o Japão passava por grandes dificuldades em razão do fim da Segunda Guerra Mundial, e em uma tentativa de evitar o colapso da companhia, Eiji Toyoda e Taiichi Onho foram aos Estados Unidos, onde passaram algum tempo na fábrica da Ford em Detroit (EUA), lá

analisaram e estudaram o modelo de produção em massa dos americanos [34].

Ahlemeyer et al. [35] apresentam que ao contrário de outras empresas, havia dificuldades para a implantação de um sistema de produção em massa, em decorrência dos efeitos da Segunda Guerra Mundial, da cultura trabalhista local, do mercado interno com poucas oportunidades e do mercado internacional com alta competitividade e concorrência. Ahlemeyer [35] também argumenta que estas restrições levaram ao surgimento de um sistema de produção cujo objetivo era evitar desperdícios, produzir na quantidade exata, permitir maior participação e autonomia dos funcionários, praticar a qualidade total e trabalhar de forma integrada com fornecedores e clientes.

Então, após estudar o modelo de produção em massa americano perceberam que o mesmo precisava de melhorias para funcionar em um mercado com as características do mercado japonês. Neste estudo notaram que muitas tarefas eram repetitivas e não agregavam valor para o produto final, existia uma separação entre projeto e produção do produto e que havia presença de estoques intermediários na linha de produção.

2.1.2 Desperdícios no Lean Manufacturing

A diretriz e foco do Lean Manufacturing, e seu grande diferencial, é busca pela eliminação dos desperdícios. Desta forma, antes de criar ferramentas e metodologias para reduzir e eliminar o desperdício é interessante definir, conceituar, classificar e entender o que é desperdício.

De acordo com Lorenzini et al. [33] desperdício pode ser definido como qualquer atividade capaz de integrar custo, porém incapaz de adicionar um valor perceptível para cliente. Para Faria et al. [36], desperdícios são atividades que não agregam valor e que resultam em gastos como tempo e dinheiro, além de outros custos desnecessários, e não geram lucro. Segundo Lima e Martins [37], tudo o que não agrega valor ao produto, do ponto de vista do cliente, é classificado como desperdício, além disso, todo desperdício apenas adiciona custo e tempo.

De acordo com o livro publicado por Shingeo Shingo [38], uma das referências no Lean Manufacturing com amplo reconhecimento, o Sistema Toyota de Produção identifica sete tipos de desperdício: produção em excesso, atraso, transporte, processo, estoque, transporte e produtos defeituosos. Os sete tipos de desperdícios são [33][36][39][40]:

- Superprodução: produção em quantidades maiores que o necessário, isto é, maior do que a capacidade de consumir do mercado. Além da produção em excesso, produzir no momento errado, ou seja, a antecipação ou atraso em relação às necessidades de mercado. Pode ocorrer em razão da falta de coordenação entre a demanda e a produção, quanto às quantidades e períodos para produzir determinado produto.

- Transporte: movimentação de materiais, peças, equipamentos e produtos de forma desnecessária ou ineficiente, geralmente causada por um arranjo físico (layout) inadequado. Pode ser reduzido por meio da elaboração de um arranjo físico adequado, ao reduzir as distâncias percorridas.
- Estoque: excesso de insumos (matéria, peças) ou produtos acabados ou semi acabados estocados em grandes volumes, significam desperdícios de investimento e espaço. Sua redução deve ser feita através da eliminação das causas da necessidade de manter estoques. Este desperdício requer um espaço físico para alocar os produtos, pessoas para realizar a manutenção e organização, e equipamentos para a movimentação. Além disso, os produtos em estoque podem ficar defasados em relação aos produtos corrente (obsolescência).
- Movimentação: deslocamentos desnecessários de operadores durante o processo produtivo, é a movimentação dos operadores para realização das atividades do processo. Pode ocorrer por consequência de maquinário, layout ou ergonomia ineficientes.
- Produtos defeituosos: trata-se da produção de produtos em não conformidade com as especificações, o que acaba por provocar retrabalho ou o descarte dos mesmos. Este desperdício acarreta em várias perdas, caso seja necessário o retrabalho a mão de obra, equipamentos, estoque, transporte e insumos serão utilizados novamente para produzir um mesmo produto. Caso seja descartado, todos o investimento (insumos, mão de obra, equipamento entre outros) serão perdidos.
- Atraso (Espera): intervalo em que máquina e mão-de-obra permanecem ociosas por alguma característica do processo, momento em que operador precisa esperar por máquinas, ferramentas ou processos anteriores. A eliminação deste desperdício pode ocorrer com a sincronização do fluxo de trabalho e o balanceamento das linhas de produção.
- Processamentos: excesso de processos e problemas de projeto, como superdimensionamento do processo e adição de tarefas desnecessárias. É importante aplicar metodologias de engenharia e análise de valor, que consistem na redução do número de peças, matéria prima, pessoas ou operações necessárias para produzir determinado produto.

2.1.3 Ferramentas do Lean Manufacturing

A implantação da Lean Manufacturing ocorre através da utilização de uma série de ferramentas, que tem por objetivo auxiliar na eliminação dos desperdícios, aumento da qualidade, melhoria contínua e demais pilares da filosofia enxuta. Cada uma destas ferra-

mentas é constituída por práticas e princípios os quais visam guiar e facilitar a introdução e fixação da cultura de enxuta dentro da organização.

É interessante destacar que a implantação do modelo de Manufatura Enxuta não é restrita a um determinado conjunto de ferramentas, ou seja, não é necessário utilizar integralmente todas as ferramentas da metodologia.

As principais ferramentas são:

- Just-in-Time (JIT): é um sistema para alinhar a produção dos produtos com a demanda dos clientes, o que é capaz de evitar a formação de estoque e aumentar a flexibilidade da produção. Para Lima et al. [37] através do JIT cada processo é suprido com os itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo. [22] corrobora com este pensamento, e destaca que, em um processo produtivo com o Just in time as partes necessárias para a montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são realmente necessárias e somente nas quantidades necessárias.
- 5S: O nome é derivado de cinco sentidos que tem origem na língua japonesa: *Seiri* (utilidade), *Seiton* (ordem/organização), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (saúde/padronização) e *Shitsuke* (disciplina). Este conjunto de sentidos visa a organização, limpeza e disciplina para promover um local de trabalho adequado ao controle visual e a produção enxuta [41] [42].
- Kanban: também de origem japonesa, significa cartão ou marcador, em resumo tem como finalidade indicar e controlar produção. É um modelo de produção e movimentação de materiais do sistema JIT, através do sistema de cartões é possível indicar a necessidade de materiais (peças, matéria prima) e assim garantir que o mesmo esteja disponível a tempo manter continuidade da execução das atividades. O Kanban também tem por objetivo reduzir os níveis de estoque, ao buscar sempre manter o mínimo possível de estoque sem comprometer a produção [4] [22].
- Kaizen: pequenas melhorias que ocorrem de forma contínua dentro da empresa, motivo pelo qual muitas vezes estas ferramentas é chamada de melhoria contínua. Estas melhorias devem ter a participação de todos os agentes envolvidos, na atividade ou processo a ser melhorados, por meio de sistemas de sugestão (motivo da importância da participação de todos os agentes). Tem foco na aumento da qualidade e a eliminação de desperdícios, um evento Kaizen pode ser definido como uma equipe (composta por pessoas de todos as áreas) dedicada à implementação de uma ferramenta Lean em uma área em particular durante certo intervalo de tempo [41] [43].
- Gerenciamento da Qualidade: destina-se a satisfazer as necessidades dos consumidores ao menor custo possível por intermédio de processos de melhoria contínua

dos produtos e serviços [41] [43]. Os principais componentes são o envolvimento e treinamento de funcionários, equipes de solução de problemas, métodos estatísticos, metas de longo prazo e reconhecimento de que a ineficiência

- **Manufatura Celular:** adequar os postos de trabalho e o layout da produção de acordo com a sequência de produção de uma dada família de produtos, com sequências e operações diferentes, para encontrar a maneira mais eficiente de utilizar os recursos e garantir o fluxo contínuo e a flexibilidade da mão-de-obra. Esta flexibilidade permite aumentar ou diminuir o número de trabalhadores necessários e então adaptar-se às mudanças de demandas [41] [42] [43].
- **Manutenção Produtiva Total:** a manutenção preventiva ampla, deve englobar todos os setores, e rotineira realizada pelos próprios operadores (por quem utiliza as máquinas ou equipamentos), otimizar o desempenho, a confiabilidade e a produtividade do equipamento. Com o objetivo de diminuir a requisição e a dependência das áreas de apoio, como o departamento de manutenção. É uma intervenção realizada por pessoal especializado, preparada e programada antes do acontecimento da falha. Em razão de ser realizada antes da falha é possível manter a qualidade do produto, pois uma máquina em condições inadequadas pode gerar produtos defeituosos, e ao mesmo tempo que reduzir as paradas e desperdícios, o que também afetaria o fluxo de produção [4] [41] [44].
- **Poka-yoke:** em síntese são dispositivos à prova de erros, ou seja, através desta ferramenta são desenvolvidos e implementados mecanismos para evitar a ocorrência de falhas durante o processo produção. Dentro do poka-yoke existem duas categorias: o primeiro é de alerta, no qual o poka-yoke é ativado e um alarme sonoro ou visual é disparado para alertar o operador, já o segundo é de controle, no qual o poka-yoke é ativado e a máquina ou processo é desligado (parado) até a falha ser corrigida [42].
- **Trabalho Padronizado:** por meio da padronização dos processos e atividades é possível definir uma referência, a qual deve ser seguida toda vez que determinada ação for realizada. Esta referência geralmente é obtida após um estudo para encontrar qual a melhor maneira de realizar tal ação, ou seja, qual a maneira de produzir que reduz o número de recursos (mão de obra, insumos), assim também são reduzidos os riscos (falhas, perda da qualidade) e a produtividade é elevada [4] [42].
- **Troca Rápida de Ferramentas (TRF):** ferramenta para reduzir o tempo gasto para ajustar máquinas e equipamentos da linha de produção, em outras palavras, é o tempo de necessário para preparar uma máquina para a produção de um produto. Para a troca rápida de ferramentas deve-se estudar de forma detalhada o procedimento de ajuste das máquinas, para então reduzir o tempo despendido. Segundo

Marodin e Saurin [44] na TRF o procedimento de ajuste deve ser analisado, classificado entre atividades internas (nas quais é necessário parar a produção) e externas (nas quais não é necessário parar a produção), reduzir ou eliminar o maior número possível de atividades, converter as atividades internas em externas e por fim padronizar o procedimento.

Entretanto, é importante destacar que estas são apenas algumas das principais ferramentas, sendo que as mesmas foram abordadas em função de sua importância para dentro do metodologia Lean Manufacturing e do próprio desenvolvimento deste trabalho.

2.2 Mapeamento do Fluxo de Valor

Mapas de Fluxo de Valor são uma espécie de guia da transformação Lean, isto porque através deles é possível identificar, compreender e analisar os desperdícios dos processos atuais, e desta forma planejar melhorias [45]. Através do mapeamento do fluxo de valor é possível descrever o estado atual do processo, identificar os tipos de desperdícios presentes, e assim projetar um estado futuro com um fluxo de valor enxuto.

Esta ferramenta teve origem nos diagramas de fluxo de material e informação utilizadas nos processos produtivos da Toyota, sendo estudada e difundida mais tarde por Mike Rother e John Shook [22] [46]. No livro *Aprendendo a Enxergar*, publicado em 1998, Rother e Shook definem fluxo de valor como todas as ações, tanto as que agregam quanto as que não agregam valor, desde a matéria prima mais básica até os produto final entregue ao cliente, do momento de concepção ao lançamento do produto.

Conforme Rother e Shook [1] analisar o fluxo de valor é observar o todo, não apenas processos individuais, e também melhorar o todo e não apenas partes. Em *Aprendendo a Enxergar* o MFV é descrito como uma ferramenta que ajuda a ver e entender o fluxo de materiais e informações. Ainda no livro, o MFV é definido de maneira simples: seguir o caminho da produção do produto do cliente final ao fornecedor, e cuidadosamente desenhar uma representação visual de cada processo, tanto do fluxo de material quanto de informação, em seguida, criar um conjunto de questões para então desenhar o mapa do estado futuro de como o valor deveria fluir.

Para Honorato e Cezar [26] o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta da produção enxuta para planejar o negócio e gerenciar processo nas empresas. Ainda de acordo com os autores, esta ferramenta é uma das maneiras de iniciar a implantação do sistema enxuto de produção dentro de uma organização. Segundo Guimarães et al. [22] o Value Stream Mapping é uma ferramenta para mapear os processos, analisar as atividades que agregam e que não agregam valor, o que permite identificar o tempo de produção e verificar as oportunidades de melhoria e os desperdícios.

De acordo Lima et al. [43] o MFV é uma análise detalhada dos materiais e informações que fluem através dos vários níveis de uma estrutura de produção. Kuhlang [46] corrobora com esta definição, e destaca que o VSM é um método muito eficaz para obter uma visão geral do fluxo de valor dentro de uma organização.

Jeong e Phillips [47] apresentam o mapeamento do fluxo de valor como um método visual para mapear o fluxo da transformação desde a matérias-prima ao produto final, além disso, os autores acrescentam que a premissa do VSM é entender o fluxo de produto da perspectiva do cliente para melhorar o rendimento, reduzir o tempo de ciclo e ajudar a projetar um sistema de produção.

Rother e Shook [1] apresentam um conjunto de motivos pelos quais o MFV é uma ferramenta essencial: ajuda visualizar mais do que o simplesmente a nível de processo, permite enxergar o fluxo, mais do que desperdício, o mapeamento ajuda a ver as fontes de desperdício; fornece uma linguagem comum para tratar os processos de manufatura; torna as decisões sobre o fluxo aparentes, desta forma é possível discutir sobre as mesmas ao invés de tomar decisões básicas ou pré-definidas; forma uma base para um plano implementação do Lean Manufacturing; destaca a ligação entre o fluxo de informação e o fluxo de material, o que nenhuma outra ferramenta faz; é uma ferramenta qualitativa que descreve, com detalhes, qual é o caminho para obter um produção com fluxo.

O mapeamento do fluxo de valor apresenta uma série de vantagens e benefícios, Souza et al. [48] ressalta que o MFV permite identificar oportunidades sistêmicas e garantir que os esforços na implementação de melhorias tragam resultados para o fluxo como um todo, e não apenas pontualmente. Outra vantagem segundo Thome et al. [49] é que diferente da maioria das técnicas de mapeamento de processos que, muitas vezes, documentam apenas o fluxo básico do produto, o VSM também documenta o fluxo das informações dentro do sistema, como movimentação de materiais, lead times, níveis de estoque e utilização de recursos.

De acordo com Lima et al. [37] através do MFV é possível identificar as fontes de desperdício, fornecer uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura, tornar as decisões sobre o fluxo visíveis, e evitar a implementação de algumas técnicas isoladamente, o que acaba por formar uma base para um plano de implementação. Os autores também evidenciam que o grande diferencial do MFV é capacidade de reduzir significativamente a complexidade do sistema produtivo, além de oferecer um conjunto de diretrizes para a analisar possíveis melhorias.

Thome et al. [49] após uma revisão da literatura, converge com Lima et al. [37] e destaca que os principais resultados têm relação com a redução dos sete desperdícios, especialmente a redução do tempo de espera, a redução do tempo de processamento e a redução dos níveis de estoque. Thome et al. [49] destaca ainda, que em alguns casos a redução do número de setups alcançou 50% e a redução de lead time 48%, números expressivos que reforçam a importância desta ferramenta.

Mesmo com uma série de benefícios a aplicação MFV apresenta desvantagens como a dificuldade para mapear quando existem muitos processos ou múltiplos fluxos, a transição entre o estado atual e o estado futuro não é bem definida e a ausência de índices para realizar cálculos de viabilidade e payback.

2.2.1 Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor

2.2.1.1 Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor

Com propósito de auxiliar na aplicação do mapeamento do fluxo de valor, Rother e Shook [1] formularam um guia prático (manual) com uma cadeia lógica para esclarecer quais as partes fundamentais desta ferramenta e como aplicá-las. Em vista do do grande número de trabalhos que utilizaram este guia, e também em razão da linguagem clara e objetiva, tal guia é parte vital do mapeamento realizado neste trabalho.

O MFV é segmentado em quatro etapas principais (Figura 2): escolher uma família de produtos, separar as produtos similaridades, desenhar o mapa do estado atual, uma visão geral do funcionamento atual da produção, criar mapa de estado futuro, uma visão geral de como o sistema deve parecer quando os desperdícios forem removidos ou atenuados, e elaborar uma plano de ação, uma descrição da transição do estado atual para o estado futuro.



Figura 2 – Etapas do MFV (Rother e Shook [1])

2.2.1.1.1 Definir Família de Produtos

Esta etapa é necessária principalmente quando a empresa possui um portfólio de produtos muito variado, isto é, quando possui diferentes fluxos de valor entre um produto e outro. Para definir uma família são utilizados critérios de similaridade, produtos que possuam processos e equipamentos semelhantes durante sua produção formaram uma família [22] [50].

Rother e Shook [1] destacam a importância de focar em uma família de produtos, isto porque, os clientes preocupam-se apenas com produtos específicos (produtos que os mesmos utilizam) e não com todos os produtos produzidos. Por este motivo, independente do tamanho da família ou do tipo de produto, é fundamental construir o mapa tendo como referência a visão e a percepção do cliente.

Apesar de inicialmente escolher apenas uma família, conforme ocorre a evolução para as próximas etapas do mapeamento do fluxo de valor, outras famílias também podem ser mapeadas, ou ainda, as melhorias desenvolvidas para uma família podem impactar de forma positiva nas demais famílias. O que é de suma importância que as famílias sejam bem definidas, de forma que os ganhos através das melhorias possam ser mensurados de forma correta, e os ganhos com o MFV fiquem claros.

2.2.1.1.2 Mapa do Estado Atual

É elaborado para que obter-se uma visão global do fluxo de valor e encontrar os desperdícios associados, de modo que as pessoas possam trabalhar em conjunto para identificar e solucionar problemas através da proposição de melhorias. Para elaborar o mapa do estado atual é necessário coletar informações de todas as partes do processo, a fim de conhecer de forma exata as características do processo produtivo. Além de coletar, é também necessário classificar os dados, como as atividades que agregam valor e que não agregam valor [25] [49].

Esta é uma etapa fundamental durante a aplicação do MFV, isto porque as melhorias propostas no estado futuro têm como referência as informações elaboradas neste momento. É importante estudar e analisar os processos de forma fidedigna, para que o mapa seja uma representação adequada do processo, sendo assim ao colher as informações é essencial ter acesso aos locais dos processos e estoques para que seja possível obter dados mais próximos da realidade atual. Rother e Shook [1] destacam alguns pontos importantes para obter um mapa adequado:

- Fazer uma visita prévia rápida ao longo do fluxo de valor, para ter uma noção primária do fluxo e da sequência dos processos. Após isso, retornar ao início e iniciar o mapeamento propriamente dito.

- Iniciar pelo fim do processo ao invés de iniciar no recebimento da matéria prima e continuar nos processos posteriores. Esta metodologia permite começar com o processo que está diretamente ligado ao cliente, que pode ser utilizado para definir o ritmo dos demais processos, além de ser possível enxergar de maneira clara as necessidades do cliente.
- Utilizar o próprio cronômetro e não confiar, não depender ou levar em consideração tempo padronizados ou informação que você não foram obtidas pessoalmente.
- Mapear todo o fluxo de valor, mesmo que muitas pessoas estejam envolvidas. Se diferentes pessoas mapearem diferentes processos, ninguém será capaz de compreender o fluxo todo.

Na Figura 2 as setas no estado atual e no estado futuro estão em dois sentidos, o intuito é indicar que conforme são realizadas melhorias o estado futuro transforma-se no estado atual, e então um novo estado futuro deve ser elaborado.

2.2.1.1.3 Mapa do Estado Futuro

Com base nos problemas e pontos críticos identificados na mapeamento do estado atual é possível construir um mapa do estado futuro, no qual ocorre redução dos desperdícios, criação de uma fluxo contínuo e outras melhorias. Ou seja, o mapeamento do estado futuro é elaborado através da incorporação das oportunidades de melhoria identificadas no mapa do estado atual [25] [49].

O estado futuro ideal deve estar o mais próximo possível dos conceitos Lean Manufacturing, isto é, eliminar processos que não agregam valor, produzir de acordo com as necessidades do cliente, manter um fluxo contínuo e principalmente reduzir e até mesmo eliminar desperdícios. O objetivo de construir um mapa do estado futuro é elaborar uma cadeia produtiva na qual cada processo esteja conectado ao seu respectivo consumidor através do fluxo contínuo e da produção puxada, além disso, cada processo deve produzir exatamente o que cliente precisar, na quantidade e no momento em que este precisar.

Para alcançar um estado futuro enxuto Rother e Shook [1] apresentaram sete diretrizes importantes:

- Produzir de acordo com o takt time: Tendo como referência as vendas e os necessidades dos clientes calcular o takt time, o takt time é obtido através do quociente entre o tempo disponível de trabalho por turno e a demanda do cliente por turno. Cada processo deve ficar tão próximo quanto possível do takt time, assim é possível adequar a produção ao consumo do mercado, para então produzir apenas o que o cliente precisar no momento em que precisar. Em resumo, o takt time deve guiar o ritmo de produção de cada processo.

- Manter fluxo contínuo sempre que possível: os processos produtivos devem estar fortemente ligados ao cliente através do fluxo contínuo. O correto é concluir uma peça ou produto apenas quando o próximo processo precisar, assim é possível obter um fluxo contínuo, eliminar estoques intermediários e, por consequência, alcançar um lead time menor.
- Usar supermercados onde fluxo contínuo não for possível: como alguns processos são designados para operar com tempos de ciclo muito rápidos ou lentos, precisam produzir múltiplas famílias de produtos ou a matéria prima está fisicamente a uma distância elevada torna-se impraticável manter um fluxo contínuo. Quando não for possível fluxo contínuo, a alternativa é implantar os supermercados, que são estoques intermediários com intuito de controlar de maneira assertiva a produção. O processo seguinte deve consumir o estoque do supermercado, e o supermercado consegue determinar o que o processo atual deve produzir, quando produzir e o quanto produzir.
- Enviar a programação da produção para um processo apenas: para definir o ritmo de produção é necessário enviar o controle de produção (agenda de produção), para tanto, este controle deve ser enviado a apenas um processo, e este processo deve definir o ritmo dos demais processos. Na maior parte das vezes um dos últimos processos dentro da empresa escolhido como processo puxador.
- Distribuir a produção de produtos diferentes uniformemente: uniformizar a produção, distribuir a produção de diferentes produtos igualmente durante um período de tempo. Ao invés de produzir todo o produto A em um período e todo o produto B em outro, alternar a produção de pequenos lotes de cada produto.
- Criar puxada inicial: estabelecer um ritmo de produção nivelado criando um fluxo de produção previsível, além disso, através de uma prática chamada “retirada compassada”, realizar a liberação no seu sistema puxador de uma pequena quantidade de trabalho e retirar simultaneamente a mesma quantidade de produtos acabados no final do processo
- Ser capaz de produzir qualquer produto a qualquer momento: ao reduzir o tempo de configuração dos equipamentos e produzir pequenos lotes, é possível produzir toda peça todo dia.

Ao projetar e construir o mapa do estado futuro devem ser considerados os conhecimentos e limitações da empresa, para em um primeiro momento propor melhorias e mudanças que não estão ligadas às tecnologias de processo (comprar novos equipamentos, por exemplo). Então, depois de identificar e eliminar todas as fontes de desperdício não causadas por fatores tecnológicos, podem analisadas projetos com novas tecnologias [51].

2.2.1.1.4 Plano de Implementação

Descrever, em uma página, como como alcançar o estado futuro e colocar o mesmo em prática. Então assim que o estado futuro tornar-se realidade, um novo mapa do estado futuro deve ser desenhado. Basicamente, consiste em uma melhoria contínua do fluxo de valor [52].

Este documento contém o planejamento da transição do estado atual para o estado futuro, e é importante colocar este plano em prática tão breve quanto possível para evitar mudanças do mapa elaborado para a realidade.

Neste trabalho não será realizada esta etapa pois as melhorias elaboradas para o estado futuro não serão implementadas, como descrito nas delimitações (Capítulo 1.4) não foi possível validar os ganhos para a empresa em razão do tempo de entrega final deste trabalho.

2.2.1.2 Informações do MFV

Para elaborar o mapa atual e o mapa futuro existe um conjunto de dados vitais para compreender os processos, através destas informações torna-se possível examinar os processos, encontrar desperdícios e propor as respectivas melhorias:

- Tempo de ciclo (T/C): tempo para completar um processo, é equivalente ao tempo para produzir um produto dentro de estação de trabalho, máquina ou equipamento.
- Tempo de troca (T/R): tempo para mudar o tipo de produto produzido, tempo necessário para alterar as configurações da máquina para produzir um produto diferente do atual.
- Disponibilidade: tempo disponível de trabalho sem levar em consideração manutenção, limpeza ou qualquer outro tipo de pausa. É o tempo que a máquina está realmente disponível para produzir.

Outras informações relevantes são o tamanho do lote, o número de operadores, índice de rejeição, tempo de agregação de valor. Além destes dados, outra informação de extrema relevância é em relação ao tempo. O lead time é o tempo total para a produção de um produto desde a matéria prima a expedição para o cliente, para calcular o lead time é necessário somar os tempos desde a matéria prima a expedição para o cliente. O tempo de processamento é o tempo de agregação de valor dos processos.

Para facilitar a visualização do lead time na parte inferior do mapa de fluxo de valor existe uma linha do tempo, esta linha descreve o tempo de cada processo e tempo de estoque de forma individual, desta forma é fácil distinguir cada um dos tempos e perceber os pontos críticos. Ao fim da linha desta linha do tempo é apresentado o somatório dos tempos de processamento e o lead time, então para obter-se uma índice da eficiência

entre é calculado o quociente entre a soma dos tempos de de processamento e o lead time (relação entre o tempo de agregação de valor e o lead time).

2.2.1.3 Simbologia e Padrões

Para construir o mapa de fluxo de valor é importante utilizar os elementos padrões da ferramenta, desta forma a comunicação é facilitada e é possível evitar erros. O mapa é uma representação gráfica e lógica do fluxo do processo, caracterizado pela facilidade na visualização, para tanto utiliza ícones e símbolos para elaborar os mapas do estado atual e do estado futuro. Estes ícones e símbolos são classificados de acordo com três categorias: fluxo de material, fluxo de informação e ícones gerais. O Anexo II apresenta uma lista com estes símbolos e suas respectivas descrições.

2.3 Automação Industrial

Definir automação é uma tarefa árdua, isto porque ao longo do tempo este conceito sofreu transformações, principalmente devido a evolução tecnológica. Para Nogueira [53] automação é um conceito amplo, que envolve técnicas de controle capaz de fornecer uma resposta adequada em função das informações recebidas do processo em que atua. Segundo Silveira e Lima [54] automação é um conjunto de técnicas destinadas a tornar automáticas a realização de tarefas, substituindo a mão de obra humana, com esforço muscular e mental, por elementos eletromecânicos computáveis.

Em convergência com Silveira e Lima [54], tanto para Balfe et al. [55] quanto para Chavaillaz et al. [56] automação trata-se da transferência das tarefas do operador para uma máquina, ou seja, uma máquina desempenhar uma tarefa ao invés de operadores humanos. Ribeiro [57] reafirma os conceitos anteriores, ao descrever que automação é substituir o trabalho humano por uma máquina, mais do que isso, para o autor automação é a operação de uma máquina, ou sistema, automaticamente ou por controle remoto, com a mínima interferência do operador humano.

A automação dos processos pode apresentar melhorias na eficiência, na segurança, na velocidade, e principalmente, no custo. De acordo com Rossi e Póvoa [58] a automação dos processos industriais é um importante meio para a construção e consolidação do processo de modernização do parque industrial brasileiro. Para [59] o fator propulsor da automação é a busca por maior qualidade e flexibilidade dos processos, que são características fundamentais do Lean Manufacturing, além disso, o autor também apresenta que através destes fatores a automação é capaz de tornar os equipamentos mais eficientes, e desta forma, reduzir custos e tornar empresas mais competitivas.

O processo de automação não atinge apenas a produção em si, substituindo o trabalho braçal por robôs e máquinas computadorizadas, mas também propicia enormes ganhos de

produtividade ao integrar tarefas distintas com a elaboração de projetos, o gerenciamento administrativo e a produção [19]. Benefícios da automação também incluem a redução da carga de trabalho do operador e uma redução nos custos do trabalho. O que torna a automação muito atraente para as empresas que desejam aumentar a eficiência e reduzir custos [55].

O sucesso no desenvolvimento e na implantação da automação industrial necessita essencialmente da análise detalhada do sistema e da integração dos principais componentes [60], ou seja, para obter sucesso na automação industrial é necessário analisar de forma detalhada o sistema. Esta análise detalhada pode ser realizada através do mapeamento do fluxo de valor, já que esta ferramenta permite uma fácil visualização do processos.

2.4 Setor de Telecomunicações

O setor de telefonia, pode ser definido como todas as atividades necessárias para realizar a transmissão de voz, com fio ou sem fio. Dentre estas atividades a produção de um dos equipamentos fundamentais para realizar a comunicação por voz: o telefone, em específico, o telefone sem fio, que é o foco deste trabalho.

A importância em estudar o segmento encontra-se na necessidade de melhorar continuamente o processo produtivo do telefone sem fio, o que por consequência, irá melhorar a qualidade da comunicação. Teixeira e Toyoshima [21] destaca que o setor é um dos mais relevantes do nicho eletroeletrônico, Galina e Plonski [2] aponta que o segmento de telecomunicações é um dos que mais investem em P&D no Brasil, Araújo et al. [61] corrobora com Galina e Plonski [2] e afirma que o setor de telecomunicações é um dos que mais investe em inovação no Brasil.

O setor de telecomunicações é caracterizado por ter um início atrelado a fortes monopólios estatais, conforme destaca Galina e Plonski [2] até a década de 1980, o setor era caracterizado pela monopolização nacional em serviços (operação de telefonia), ainda que na estrutura da produção de equipamentos também existisse a presença de empresas privadas.

Teixeira e Toyoshima [21] destaca que no Brasil até 1997 o serviço de telefonia era prestado em regime de monopólio estatal, motivo pelo qual existia grande ineficiência, já que faltavam investimentos do setor público para atender a uma demanda crescente. Em razão destas dificuldades, realizou-se uma série de privatizações, dentre as quais a do Sistema Telebrás, uma das maiores operações do gênero no país, seu leilão arrecadou R\$22 bilhões à época, com um ágio de 63% sobre o preço mínimo estipulado.

Com uma participação menor do setor público tanto nas operações quanto na produção dos equipamentos, surgiram a indústria de telecomunicações não estava restringida a operadoras e fornecedores de equipamentos, mas também empresas que detêm tecno-

logia em outras áreas como semicondutores, software, internet e comércio eletrônico, e multimídia [2].

A figura Figura 3 apresenta uma panorama geral da cadeia produtiva do setor de telecomunicações, como citado anteriormente o foco será a produção do telefone sem fio, dentro da categoria equipamentos para consumidor final. Não por acaso, a empresa na qual será realizado o estudo de caso é do mesmo setor, ou seja, é uma fabricante de produtos eletrônicos de telecomunicação para o consumidor final.

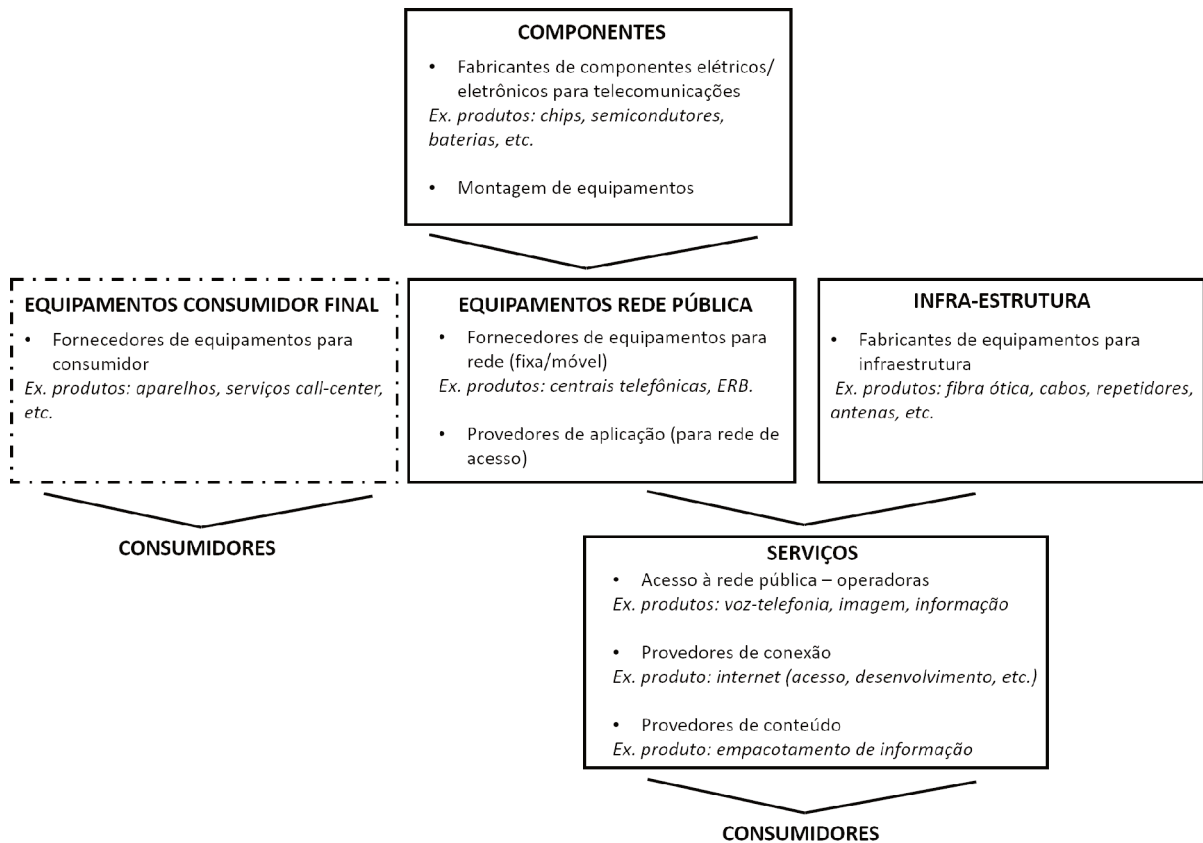


Figura 3 – Cadeia produtiva do setor de telecomunicações, em destaque a categoria da empresa alvo do mapeamento - Adaptado [2].

Deste modo, os conceitos e as temáticas apresentadas servirão de subsídios para embasar o entendimento das análises que serão desenvolvidas nos próximos capítulos. Antes, porém, serão apresentados os procedimentos metodológicos.

3 Metodologia

Com objetivo de conferir maior confiabilidade a esta pesquisa e atingir todos os objetivos é necessário definir a metodologia a ser utilizada, visando esclarecer e orientar os procedimentos de forma coerente e organizada, e assim facilitar o trabalho do tanto do pesquisador quanto do leitor. Este capítulo apresenta os aspectos relativos à delimitação da metodologia científica, o método adotado, a classificação, o objeto da pesquisa, o local da pesquisa, o instrumento para coleta de dados e a tabulação dos dados.

3.1 Classificação da Pesquisa

O método escolhido para esta pesquisa foi o indutivo por fornecer bases lógicas à investigação, que segundo Silva e Menezes [62, p.26] “é um método proposto pelos empiristas como Bacon, Hobbes, Locke e Hume. Consideram que o conhecimento é fundamental na experiência, não se levando em conta princípios pré-estabelecidos”. No raciocínio indutivo a generalização deriva de observações de casos da realidade concreta. A pesquisa pode ser classificada segundo Silva e Menezes [62] em quatro diferentes formas:

- 1) Quanto à natureza;
- 2) Quanto aos objetivos;
- 3) Quanto à abordagem;
- 4) Quanto aos procedimentos técnicos.

A presente pesquisa pode ser classificada, quanto à natureza como uma pesquisa aplicada, pelo seu interesse prático na empresa de telefonia, especificamente no processo do telefone sem fio. Em função de seus objetivos serem dirigidos a gerar conhecimentos com aplicabilidade prática, na busca da solução de problemas específicos, essa pesquisa tem objetivos exploratórios e descritivos. Em relação ao quesito abordagem o presente trabalho enquadra-se como uma pesquisa predominantemente qualitativa, conforme Minayo et al. [63] que corresponde a questões muito particulares, onde não se consegue quantificar. Esta trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e atitudes. Em relação aos procedimentos técnicos esta pesquisa enquadra-se dentro da classificação de Gil [64] como uma pesquisa bibliográfica, por ser elaborados a partir de material publicado anteriormente, principalmente de livros, artigos de periódicos e materiais disponibilizados na Internet. Lakatos e Marconi [65], afirmam que a pesquisa é um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados e disponibilizados de grande importância. É também classificada como um estudo de caso, pois tem o objetivo de alcançar um conhecimento amplo e detalhado do tema a partir de um estudo profundo de um ou pouco objetos relacionados a ele [64]. Triviños [66, p.133] corrobora conceituando

que o estudo de caso “é uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente”. Para Yin [67] o estudo de caso é uma investigação empírica de fenômenos contemporâneos, dentro do seu contexto real.

3.2 Procedimentos da Pesquisa

A pesquisa foi realizada em três momentos: i) levantamento do referencial teórico; ii) levantamento de dados na empresa e, iii) análise e interpretação dos dados.

Primeiramente, para construção do referencial teórico e também para a justificativa desta pesquisa, foi realizada uma revisão de literatura estruturada, utilizando o método SYSMAP (Scientometric and sYStematic yielding MApping Process), que tem por objetivo apresentar de uma forma estruturada os principais processos para realização de uma revisão de literatura de um tema que o pesquisador não tem conhecimento ou na qual o pesquisador busca identificar detalhes específicos sobre determinado aspecto e/ou contexto, através da combinação da análise cientométrica e análise de conteúdo [3].

O modelo SYSMAP consiste em cinco (5) fases (conforme mostra a Figura 4), sendo elas: i) construção da coleção de artigos (Amostra I); ii) processo de filtragens; iii) análise cientométrica; iv) análise de conteúdo (Amostra II) e; v) construção das lacunas/opportunidades de pesquisa.



Figura 4 – Método SYSMAP [3].

Para este contexto, foi aplicada a análise bibliométrica, que é uma técnica para o mapeamento dos principais: autores, periódicos e palavras-chave sobre determinado tema. Uriona Maldonado et al. [68] afirmam que essas técnicas são ferramentas que se apoiam em uma base teórica metodológica reconhecida cientificamente, que possibilitam o uso de métodos estatísticos e matemáticos para mapear informações, a partir de registros bibliográficos de documentos armazenados em bases de dados.

Em uma primeira análise dos temas foram realizados levantamentos nas bases de dados internacional de maior impacto no meio acadêmico, para tanto, através do portal do capes foram selecionadas duas bases: Scopus e Web of Science. Após selecionar as bases de dados, foram definidas as palavras chave, de acordo com o tema e o foco do trabalho, para realizar a buscas usou-se: *Lean Manufacturing*, *Value Stream Mapping* e *Electronic Industry*. Desta forma, foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 – Trabalhos encontrados nas bases internacionais.

| Base de Dados | Palavras-chave | |
|----------------|------------------------------------|--|
| | <i>Lean AND Eletronic Industry</i> | <i>Value Stream Mapping AND Eletronic Industry</i> |
| Scopus | 21 | 3 |
| Web of Science | 0 | 0 |

Na Tabela 1 é visível a diferença entre artigos que tratam de *Lean Manufacturing* e artigos que tratam do *Value Stream Mapping* dentro das indústrias de produtos eletrônicos. Esta disparidade entre o número de artigos reforça a necessidade de estudar e aplicar o não só o *Lean Manufacturing*, mas especialmente o mapeamento do fluxo de valor nas indústrias de produtos eletrônicos.

Visto o limitado número de artigos relacionando *Lean Manufacturing* e *Value Stream Mapping* com a industria eletrônica, para construir um referencial teórico coerente foi necessário buscar trabalhos que abordam *Lean Manufacturing* e *Value Stream Mapping* em outros ambientes, que não só industrias eletrônicas. A base de dados nacional utilizado para esta pesquisa foi o Qualis da CAPES, quadriênio de 2013-2016. Na qual, foram identificados 48 periódicos na área de engenharia de produção (Anexo I). Para esta pesquisa foram selecionadas as revistas que são da área de *Lean Manufacturing* ou que apresentam uma área/temática sobre o tema no escopo da revista.

Desta forma a pesquisa foi realizada em 8 revistas, usando como palavras-chaves "*Lean Manufacturing*"and/or "*Value Stream Mapping*", no mês de agosto e setembro de 2018. A Figura 5 apresenta a quantidade de artigos encontrados em cada uma das revistas selecionadas para a pesquisa:

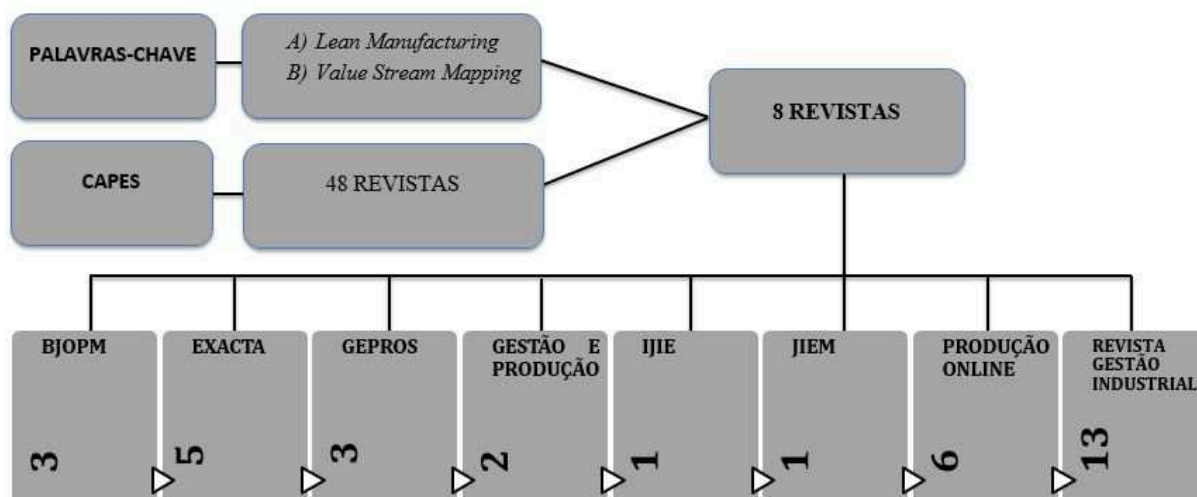


Figura 5 – Quantidade de artigos selecionados em cada revista.

Assim, foi possível descrever sobre cada um dos temas utilizando os trabalhos mais atuais e relevantes encontrados na literatura científica especializada, no qual foram abordados e discutidos no capítulo 2, especificamente Lean Manufacturing e Mapeamento do Fluxo de Valor. A Tabela 2 apresenta o resumo orientativo da revisão de literatura e sua relação com os objetivos da pesquisa:

Tabela 2 – Resumo orientativo.

| Fatores Pesquisados | Aspectos Observados | Referências da Literatura | Questões para responder aos objetivos da pesquisa |
|-------------------------------------|--|--|--|
| Lean Manufacturing | - Definições; - Histórico; - Desperdícios; - Ferramentas. | 3,10,21,22,23,24,25,26,27 28,29,30,31,32,32,33,34,35 36,37,38,39,40,41,42,43 | Objetivo específico 1 |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | - Princípios; - Definições; - Benefícios. | 2,21,25,36,42,44,45,6,47,48 | Objetivo específico 1, 2 e 3 Metodologia Análise dos dados |
| Automação | - Definições; - Melhorias. | 18,50,51,52,53,54,55 | Objetivo específico 3 Análise dos dados |
| Telefonia | - Importância; - Caracterização; - Panorama geral. | 1,20,56 | Objetivo específico 2 e 3 Análise dos dados |

Desta forma, o resumo orientativo da pesquisa vem para apresentar e justificar os aspectos levantados na revisão de literatura estruturada e exploratória. A Tabela 2 mostra os assuntos pesquisados, os principais autores que falam sobre lean manufacturing, automação industrial e eletrônica, e a relação com as questões para responder os objetivos desta pesquisa.

3.3 Local da Pesquisa

A Empresa alvo do mapeamento é uma indústria brasileira fabricante de produtos eletrônicos, que tem em seu portfólio mais de trinta produtos visando atender os mais

diversos clientes. A empresa possui quatro plantas industriais em três estados do Brasil, sendo que a sede e respectivo alvo deste trabalho localiza-se em Santa Catarina. A companhia também possui escritórios internacionais e tem seus produtos exportadas para mais de 20 países, além disso, está presente em mais de 98% dos municípios brasileiros com potencial de consumo de eletroeletrônicos.

Para manter-se a frente a mercado e acompanhar as novidades tecnológicas, investe cerca de 5% do seu faturamento em pesquisa e desenvolvimento, desta forma conta com um dos maiores centros de pesquisa e desenvolvimento (P&D) do Brasil e da América Latina. Ao todo, conta com de 3 mil colaboradores, além de revendedores e assistências técnicas credenciadas no país.

O modelo de produção adotado é o Lean Manufacturing com a produção puxada e a utilização de diversas ferramentas como Kanban, Kaizen, Heijunka, TPM, PokaYoke e células de produção. Os conceitos Lean Manufacturing são bem conhecidos e através deles alcançou um nível maior de flexibilidade e continuidade no fluxo, o que é extremamente importante em razão do grande portfólio de produtos.

O controle dos processos produtivos da empresa é de responsabilidade do setor de Engenharia Industrial, no qual o autor deste trabalho realizou estágio. Este setor é responsável por atividades como organizar linha de produção, criar procedimentos e instruções de trabalho, ajustar parâmetros produtivos entre outros. A Engenharia Industrial tem também como função realizar auditorias nos processos, analisar os índices produtivos, propor e implementar melhorias (Kaizens) e buscar novas tecnologias.

Apesar da aplicação de diversas ferramentas Lean e da produção puxada existem ainda problemas no sistema produtivo, dentre eles o número de estoques intermediários, a movimentação entre os processos e o elevado número de testes e inspeções.

3.4 Instrumentos para Coleta de Dados

Para obter as informações de referência para construir o mapa é necessário percorrer as linhas de produção. Ao longo da trajetória pelo fluxo do produto um engenheiro de processos descreveu de forma geral os procedimentos produtivos, e além de observar e anotar estas informações, também foram abordados alguns dos funcionários ligados às áreas de produção nas quais foram mapeados os processos.

Além dos dados acerca do processo, durante as abordagens aos funcionários também foram elaboradas perguntas informais sobre os processos, estas perguntas tinham como intuito apoiar a criação do mapa do estado futuro. Dentre estas perguntas estavam a possibilidade de alterar o layout da planta industrial, reduzir o número de colaboradores por célula, trocar máquinas ou equipamentos e principalmente a possibilidade de automatizar os processos.

O número de etapas, tipo de processo e tempo de ciclo de toda a cadeia de processos foram observados, medidos e registrados pelo próprio pesquisador. Os tempos de estoque de matéria prima e dos estoques intermediários foram obtidos a partir de consultas aos colaboradores da empresa.

3.5 Análise e Tabulação dos Dados

Depois de percorridas as áreas envolvidas e de coletadas as respectivas informações referentes aos tipo, tempo e ordem dos processos foram organizadas sob a forma de gráficos, tabelas e fluxogramas para facilitar a consequente construção do mapa. Dentre as principais ferramentas utilizadas para segmentar e organizar as informações estão o fluxograma de processos, em razão da facilidade na visualização, e o gráfico de Pareto, em razão da capacidade de encontrar as principais atividades.

3.5.1 Gráfico de Pareto

Muitas vezes os processos dentro das indústrias, e até nas empresas em geral, surgem problemas e o grande desafio é identificar a principal causa raiz, ou seja, encontrar o principal fator responsável por tal problema. Para auxiliar nesta identificação uma das ferramentas indicadas é o gráfico de Pareto, que tem como função apontar quantitativamente as causas mais significativas, com maior peso, em ordem decrescente [69].

O gráfico de Pareto é uma espécie de gráfico de barras, onde cada uma das causas é descrita em razão da sua contribuição, da sua relevância, para determinado problema. Esta ferramenta surgiu do princípio que poucas causas tinham grande relevância no problema, exerciam grande influência, enquanto um grande número de causas triviais, pouco relevantes, exerciam pouca influência no problema [70].

3.5.2 Fluxograma

O fluxograma de processos é uma forma de descrever processos, onde processo pode ser compreendido como um conjunto de máquinas, equipamentos, ferramentas, métodos, matérias-primas e pessoa para alcançar um objetivo que pode ser um produto ou serviço. O fluxograma tem por função apresentar a sequência de cada uma das etapas do processo, e os pontos em que as decisões são tomadas por meio de formas geométricas simples. Para Ricardo [71] o fluxograma é uma representação gráfica com objetivo de analisar, visualizar e planejar processos, onde formas geométricas diferentes implicam ações (instruções, comandos) distintos.

O fluxograma dispõe as informações de forma linear, e é utilizado para mostrar etapa a etapa de determinado procedimento. Através desta ferramenta é possível perceber as confluências e as opções a serem escolhidas [72]. Conforme destaca Tavares [72] é de fácil

entendimento, e normalmente é usado para melhorar a performance de um procedimento, característica que pode ser muito útil para apoiar o mapeamento do fluxo de valor.

Ricardo [71] corrobora com Tavares [72] ao citar que esta ferramenta é capaz de facilitar o entendimento do processo, auxiliar na identificação de possíveis melhorias, e até mesmo na identificação de gargalos e redundâncias que não agregam valor para o cliente, outro ponto de congruência com o mapeamento do fluxo de valor.

4 Resultados e Discussões

Este capítulo tem por objetivo relatar o processo de aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor no processos produtivos do telefone sem fio dentro de uma industria de produtos eletrônicos. O presente capítulo está dividido em quatro etapas, sendo estas: Definição da Família de Produtos, na qual é descrita a escolha da família de produtos, Elaboração do Mapa do Estado Atual, na qual é apresentado o cenário produtivo atual, Elaboração do Mapa do Estado Futuro, na qual são apresentadas propostas de melhoria para o cenário futuro, e por fim, a Síntese dos Ganhos com Aplicação do MFV, onde estão resumidos os potenciais ganhos com aplicação do MFV.

4.1 Definição da Família de Produtos

Conforme citado no capítulo 3.3 Local da Pesquisa, a empresa possui um portfólio com grande número de produtos, portanto para separar estes produtos em famílias de acordo com critérios de similaridade de processos é necessário construir uma tabela. A Tabela 3, a seguir, apresenta os produtos e cada um dos respectivos processos produtivos ao longo da sua produção, além disso, após examinar e organizar os produtos conforme o número de processos similares foram criadas cinco famílias de produtos:

Tabela 3 – Família de Produtos: Família V - em verde, Família WS - em laranja, Família TS - em vermelho, Família C - em amarelo e Família T - em cinza

| | | PROCESSO PRODUTIVO | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|--------------------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Inj. 1 | Inj. 2 | Tamp. | SMD A | SMD B | SMD C | Mont. 1 | Mont. 2 | Mont. 3 | Mont. 4 | Mont. 5 | Mont. 6 | Mont. 7 | Mont. 8 | Mont. 9 |
| V | PT | X | X | X | X | X | | X | X | X | | | | | | |
| | GD | X | X | X | X | X | | X | X | X | | | | | | |
| W | 300 | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | | | |
| | 150 | X | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | | | |
| | 2300 | X | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | | | |
| | SQ | X | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | | | |
| | SV | X | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | | | |
| P | TS1 | X | X | X | X | X | | X | | | X | | | X | X | |
| | TS2 | X | X | X | X | X | | X | | | X | | | X | X | |
| | TS3 | X | X | X | X | X | | X | | | X | | | X | X | |
| | TS4 | X | X | X | X | X | X | X | | | X | | | X | X | |
| U | C1 | | X | X | X | | X | X | | | | | | | X | X |
| | C2 | | X | X | X | | X | X | | | | | | | X | X |
| | C3 | | X | | X | | X | X | | | | | | | X | X |
| | C4 | | X | | X | | X | X | | | | | | | X | X |
| T | AG | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | | | | | X |
| | IC | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | | | | | X |
| | T1 | X | X | X | X | | X | X | | X | | | | | | X |
| | T1 | X | X | X | X | X | X | X | | | X | X | | | | X |
| | T2 | X | X | X | X | X | X | X | | | X | X | | | | X |
| | T3 | | X | X | X | | X | | X | X | | | | | | X |

A família de produtos de telefone sem fio é a família TS e está representada pela cor vermelha na Tabela 3, no total engloba quatro produtos (TS1, TS2, TS3 e TS4), optou-se por esta família de produtos, além dos critérios já citados no Capítulo 1 como relevância do produto para melhorar a comunicação, também em razão do alto volume de vendas e por possuir um número elevado de processos em comum, ou similares, com as outras famílias de produtos. Desta forma, desperdícios mapeados para esta família podem também estar

presentes nas demais famílias. Mais do que isso, algumas das melhorias elaboradas para esta família do telefone sem fio podem ser replicadas às demais famílias.

4.2 Elaboração do Mapa do Estado Atual

4.2.1 Processos Produtivos

Para estar próximo à visão do cliente, a busca por informações teve início na parte mais próxima aos clientes, neste caso são os canais de venda (canais de distribuição). Estes canais enviam os pedidos de vendas ao departamento comercial, que em seguida envia uma previsão mensal de vendas para o departamento de planejamento e controle da produção (PCP). Com esta previsão o PCP repassa ao departamento de compras e logística a demanda de matéria prima, assim o departamento de compras é responsável por adquirir as matérias primas necessárias junto aos fornecedores. O PCP também é responsável por elaborar o plano de produção e repassar os cartões com as respectivas demandas de produção para os departamentos produtivos.

A empresa conta com dois espaços para armazenar produtos e matéria prima: um almoxarifado, que está localizado no lugar onde ocorre a produção, local este no qual está sendo realizado o mapeamento, e um centro de distribuição (CD), que está em localizado em um lugar diferente da produção, e que não está na abrangência deste trabalho. O centro de distribuição é o primeiro local a receber a matéria prima, neste centro estão grandes quantidades de matéria prima (quantidade em dias não foi mensurada). Além da matéria prima, pelo CD passam todos os produtos que saem da planta fabril, ou seja, todos os produtos finalizados são enviados da planta fabril para o centro de distribuição, e do centro de distribuição são enviados para os clientes. Um caminhão faz o transporte dos produtos finalizados da planta fabril para o CD todos os dias.

Todas as matérias primas entram na fábrica através do almoxarifado, neste local as matérias primas são organizadas e disponibilizadas para a produção do telefone, dentro da fábrica existem três categorias principais de processos: a montagem, a injeção e inserção. A injeção é o processo através do qual a matéria prima é transformada em uma peça plástica, o processo de injeção está organizado sob formato de célula, e na mesma célula de injeção ocorre o processo de tampografia (impressão) da marca. A inserção de placas é o processo através do qual componentes como capacitores, resistores entre outros são inseridos na placa eletrônica, existem dois tipos principais de inserção: automática e manual. A inserção de componentes e a injeção de plásticos não são processos dependentes, ou seja, estes processos podem acontecer de forma paralela.

Após a injeção e a montagem das placas (automática e manual), as peças injetadas e as placas são enviadas para a montagem onde o produto é montado, testado e embalado. Na montagem também existem células, estas células são separadas por famílias de produtos.

Todos os produtos embalados são organizados em pallets e levados ao setor de expedição onde são enviados ao centro de distribuição.

A seguir são apresentados os principais processos para produção do telefone, dentre estes processos principais existem etapas secundárias que não agregam valor, porém são necessárias como testes, inspeções e transportes.

Distinção dos principais processos de produção do telefone sem fio:

- **Injeção de Plástico:** a máquina injetora tem como entrada a resina plástica e como saída uma peça injetada. Na injeção a resina plástica é abastecida na máquina injetora de forma automática. No fim do ciclo, um manipulador robótico desloca-se até o molde para remover as peças injetadas. Após retirar do molde este manipulador transfere as peças para uma mesa intermediária.
- **Tampografia:** o operador retira as peças da mesa intermediária, realiza uma inspeção para verificar a qualidade das peças injetadas, e em seguida posiciona uma peça por vez na máquina de tampografia. Esta máquina tem como função imprimir a marca da empresa no produto. Após tampografar, o operador armazena a peça em uma caixa.
- **Montagem Placas Automática:** matéria prima são as placas e os componentes (capacitores, resistores, entre outros) que são inseridos e soldados automaticamente. A saída deste processo são as placas semi montadas.
- **Montagem Placas Manual:** componentes que não podem ser inseridos através da máquina de inserção automática precisam ser inseridos na placa manualmente, para tanto existe uma linha de produção com operadores para realizar a inserção manual.
- **Montagem Final:** o operador deve montar o telefone com a peça injetada e com placa completamente montada. Em seguida, deve abrir e montar uma embalagem de papelão (caixa), na sequência, este mesmo operador deve inserir o telefone em uma embalagem plástica e posicionar o mesmo dentro da caixa.

No fluxograma da Figura 6 é possível acompanhar a sequência lógica na qual os processos ocorrem e entender a ligação entre cada um dos processos. Além dos processos, são apresentadas as matérias-primas (entradas) e os resultados (saídas) de cada um dos processos.

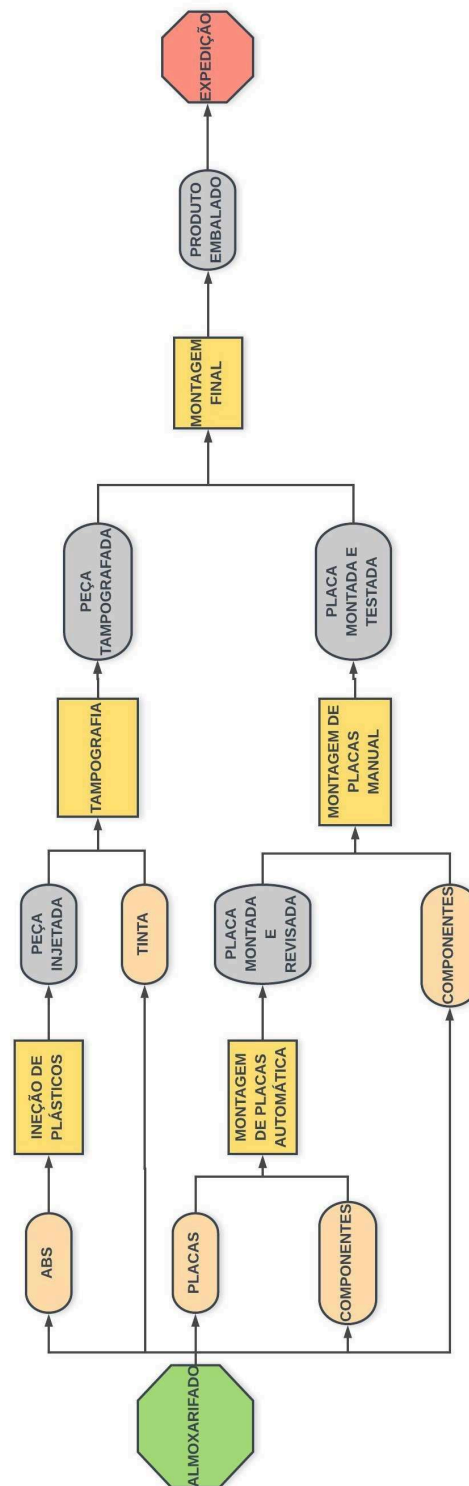


Figura 6 – Fluxograma dos principais processos da produção do telefone sem fio.

4.2.2 Mapa do Estado Atual

Após percorrer a linha de produção, observar os processos, examinar as máquinas e equipamentos, cronometrar as operações utilizando como referência os conceitos e recomendações do capítulo 3 (Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor) tornou-se possível

elaborar o Mapa do Fluxo de Valor para o telefone sem fio na respectiva empresa:

Os padrões produtivos definidos pela empresa são de que um mês tem 22 dias de trabalho, o turno de trabalhos para as famílias variam conforme o departamento, para a família TS são considerados três turnos na injeção e na montagem automática e para os demais é considerado um turno geral com total de 8 horas trabalhadas. Ao subtrair os tempos de todos os intervalos, como alimentação e ginástica laboral, o tempo útil de trabalho a ser considerado é de 6,8 horas por turno, portanto ao converter tem-se 408 minutos ou 24480 segundos.

A família TS abordada neste mapeamento tem em média uma demanda de 54.000 produtos por mês, porém esta demanda não é fixa podendo variar em razão de uma alteração no volume de vendas. O departamento comercial é responsável por repassar ao PCP uma estimativa da demanda mensal bem como as possíveis variações, e seguida, com esta previsão o PCP deve avaliar o volume em estoque e com base na quantidade de produtos em estoque deve elaborar o plano de produção. A empresa tem como filosofia trabalhar com estoque de produtos acabados, isto é, dos 54.000 produtos uma parte já deve estar em estoque e o plano de produção será elaborado para completar o restantes e qualquer oscilação na demanda. Claramente esta filosofia de estoque de produtos acabados é contrária aos conceitos do Lean Manufacturing, que classifica estoque como um dos tipos de desperdícios. Neste mapeamento o efeito deste estoque não será analisado, já que o mesmo encontra-se em outra unidade da empresa, o Centro de Distribuição.

Com base no plano de produção o departamento de suprimentos realiza os pedidos de matéria prima, a frequência dos pedidos de matéria-prima varia conforme o pedido mínimo exigido pela fornecedor, em alguns casos o pedido mínimo é equivalente a necessidade de um mês, em outros casos é equivalente a necessidade a até três meses. Em razão disto, algumas matérias primas tem estoque de até 90 dias, o que novamente é contrário aos conceitos Lean Manufacturing, ainda assim, grande parte deste estoque está localizado no Centro de Distribuição, que não é o foco deste mapeamento. O materiais permanecem armazenados no CD até que sejam solicitados pela fábrica, neste momento são enviadas as respectivas matérias primas para o almoxarifado da fábrica.

No almoxarifado, entram as matérias-primas para a injeção de plásticos (resina plástica), para a montagem manual e automática de placas (placas e componentes) e para tampografia (tinta). Tanto na injeção quanto na tampografia as matérias primas não são utilizadas exclusivamente para a produção da família TS, ou seja, a matéria-prima aplicada na produção desta família também é aplicada na produção de outras famílias. Por consequência do compartilhamento e do estoque em outro local, calcular a quantidade de estoque (dias de estoque) exato na fábrica é uma tarefa difícil. Para contornar este problema, o autor optou por fazer uma estimativa levando em consideração o número de famílias que utiliza a matéria-prima e a quantidade de matéria-prima disponível no almoxarifado. Desta forma, obteve-se um estoque de matéria-prima de 10 dias para a

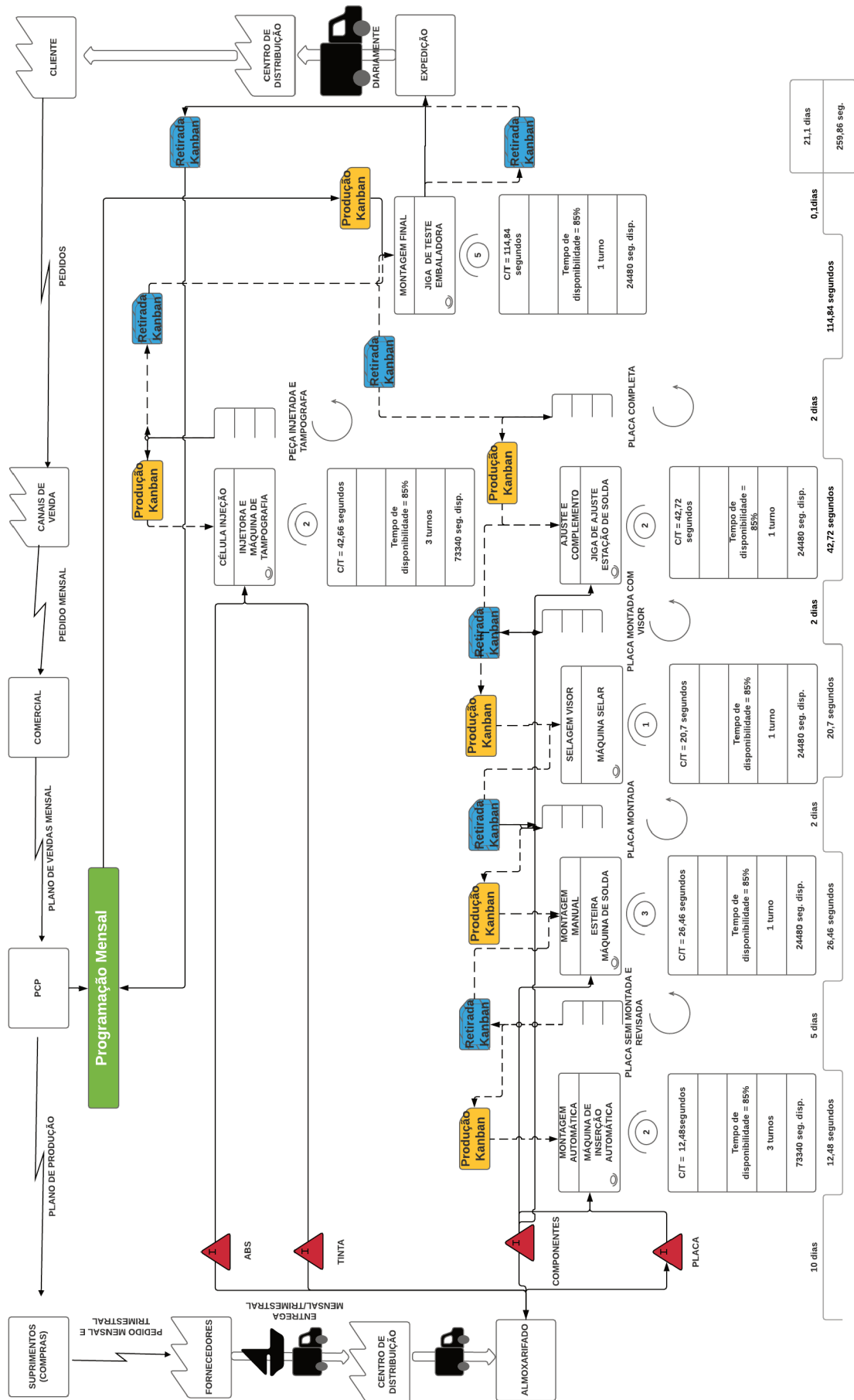


Figura 7 – Mapa atual da produção do telefone sem fio.

família TS.

Na célula de injeção, localizada no departamento de injeção, o transporte da resina plástica do almoxarifado para a máquina injetora é feito de forma automática automática através de sucção, o tempo total de injeção de todas as peças (transformar matéria-prima em injetado) é de 34,38 segundos. No fim da injeção, um manipulador robótico desloca-se até o molde da injetora para remover as peças injetadas. Após retirar do molde este manipulador transfere as peças para uma mesa intermediária, nesta mesa um operador inspeciona as peças, para assegurar que nenhuma peça esta deformada ou torta, e então armazena as peças em uma caixa, com exceção do visor. Além do processo de injeção o injetado tem de ser tampografado, sendo assim, após o manipulador liberar o injetado na mesa o operador deve posicionar um injetado por vez na máquina de tampografia. Após tampografar, o operador armazena o injetado em uma caixa, o tempo para tampografar é e armazenar é de de 8,28 segundos por injetado, sendo assim o tempo total na célula de injeção é de 23,52. O injetado segue nesta caixa para o supermercado de injetados, similar a um depósito no qual o injetado permanecem armazenados até que sejam necessários na produção.

Na montagem automática, localizada no departamento de inserção automática, o transporte das placas e componentes do almoxarifado para o departamento de inserção automática é feito através de um veículo elétrico de pequeno porte guiado por um operador. Os componentes são fornecidos em rolos, semelhante a uma fita com componentes inseridos, as máquinas inserção automática são abastecidas com estes rolos e são programadas para inserir os componentes em uma posição pré-determinada. A placa passa por uma série de módulos de inserção que posicionam os componentes, para em seguida soldar os mesmos na placa, existe um processo automático de revisão (visão computacional) para garantir que todos os componentes foram inseridos e estão no local correto. Todo o processo de inserção automática requer 12,48 segundos por placa, após este processo a placa está semi montada (alguns componentes são inseridos apenas na montagem manual) e revisada, em seguida a placa é armazenada em um gabinete (específico para guardar placas), e por fim, o gabinete é transportado para a um supermercados de placas localizada na inserção manual.

Depois da montagem automática é necessário a etapa de montagem manual, esta etapa é necessária pois as máquinas de inserção automática não são capazes de inserir alguns componentes (em razão da posição, tamanho ou mesmo do tipo), entre estas etapas existe um supermercado de placas, o transporte do estoque para a montagem manual também é feito através de um veículo elétrico guiado por um operador. Na montagem manual, 8 operadores ao longo de uma esteira inserem na placa semi montada os componentes que a montagem automática não é capaz de inserir, após a inserção o operador deve colocar a placa em uma esteira que faz o transporte até uma máquina que realiza a solda do componente na placa. Na saída deste processo, existem outros 3 operados para cortar,

remover rebarbas, separar as placas e armazenar as placas em caixas. O tempo por placa para passar através de todos estes processos é de 24,46 segundos.

Em seguida ocorre a selagem do visor, é necessário adicionar o visor e seu respectivo suporte ao telefone, nesta etapa existem 6 operadores que retiram o visor de um kit de visores, inserem um suporte e visor, e em seguida verificam se o posicionamento está correto. Nesta etapa é vital que os terminais do visor estejam alinhados com os terminais da placa, após verificar este alinhamento o operador realiza o encaixe do visor na placa, o tempo por placa desta operação é de 20,7 segundos.

Depois de adicionar o visor, ocorre a etapa de ajuste e complemento, no ajuste 6 operadores realizam configurações eletrônicas para a operação adequada do aparelho, em sequência, 8 operadores realizam o complemento. O complemento é a última etapa de inserção de componentes, nele são inseridos a cápsula e o eletreto, estes componentes são inseridos e soldados manualmente pois não são compatíveis com nenhuma das máquinas de solda (inserção automática ou inserção manual). O tempo para realizar o complemento é de 42,72 segundos por placa.

A montagem final está organizada sob formato de célula de produção, esta célula recebe o injetado(inspecionado) e a placa(completamente montada), esta célula possui 5 operadores cada e as atividades ocorrem da seguinte maneira: o operador retira da caixa o injetado e uma placa, posiciona a placa dentro do injetado, insere o teclado, a bateria e fecha o injetado. Neste momento o telefone está formado, para garantir que o cliente irá receber um produto em funcionamento é realizado um teste das teclas e dos sons, e atualmente este teste é o gargalo de toda a produção do telefone sem fio. Este processo requer maior tempo porque todas as ações como encaixar telefone na base de teste e apertar teclas são realizadas de forma manual, além disso o próprio teste (aparelho entrar em operação) requer um tempo. Após o teste, o operador deve abrir uma embalagem de papelão(caixa), em seguida é colada uma etiqueta de identificação nesta caixa. Na sequência este mesmo operador deve inserir o telefone em uma embalagem plástica e posicionar o mesmo dentro da caixa. Após isto, o manual é inserido sobre o telefone e a caixa é fechada. Quando o número de produtos embalados e fechados chegar a cinco este conjunto é posicionado em uma esteira. No final desta esteira os cinco produtos são envolvidos em uma embalagem plástica e armazenados em um pallet até atingir 400 produtos, que é o número equivalente a um lote. Ao atingir o número equivalente ao lote, o pallet é transportado até a expedição, para então ser enviado ao centro de distribuição. O tempo total na montagem final é de 114,84 segundos.

A montagem é o processo puxador, ou seja, o PCP elabora o plano de produção e leva os cartões Kanban até a montagem final. Da montagem final para todos os processos anteriores o Kanban realiza o controle da produção. Para evitar um mapa de grandes dimensões, algumas das caixas de processo contêm mais de um tipo de processo, assim como indicado por Rother e Shook [1] processo indica uma área na qual o fluxo de material

é contínuo.

O tempo é uma medida de extrema importância nos sistemas produtivos, já que é uma das medidas de eficiência produtiva. O tempo de ciclo de cada um dos processos na Tabela 4 é possível observar os tempos de cada um dos processos:

Tabela 4 – Descrição dos tempos dos processos produtivos do telefone sem fio.

| Descrição | Tempo (min) | Tempo (s) |
|---------------------|--------------|---------------|
| Montagem Final | 1,9140 | 114,84 |
| Complemento | 0,7120 | 42,72 |
| Injeção | 0,7110 | 42,66 |
| Selagem Visor | 0,34 | 20,7 |
| Montagem Automática | 0,41 | 24,66 |
| Montagem Manual | 0,208 | 12,48 |
| Total | 4,331 | 259,86 |

Analisar diretamente os tempos de cada operação é atividade desgastante e que pode tomar demasiado tempo. O Gráfico de Pareto é a ferramenta adequada para auxiliar nesta análise, isto porque através ficam evidentes as atividades que têm maior impacto. Ao construir um Gráfico de Pareto com os tempos de produção do telefone sem fio obtêm-se o resultado da Figura 8:

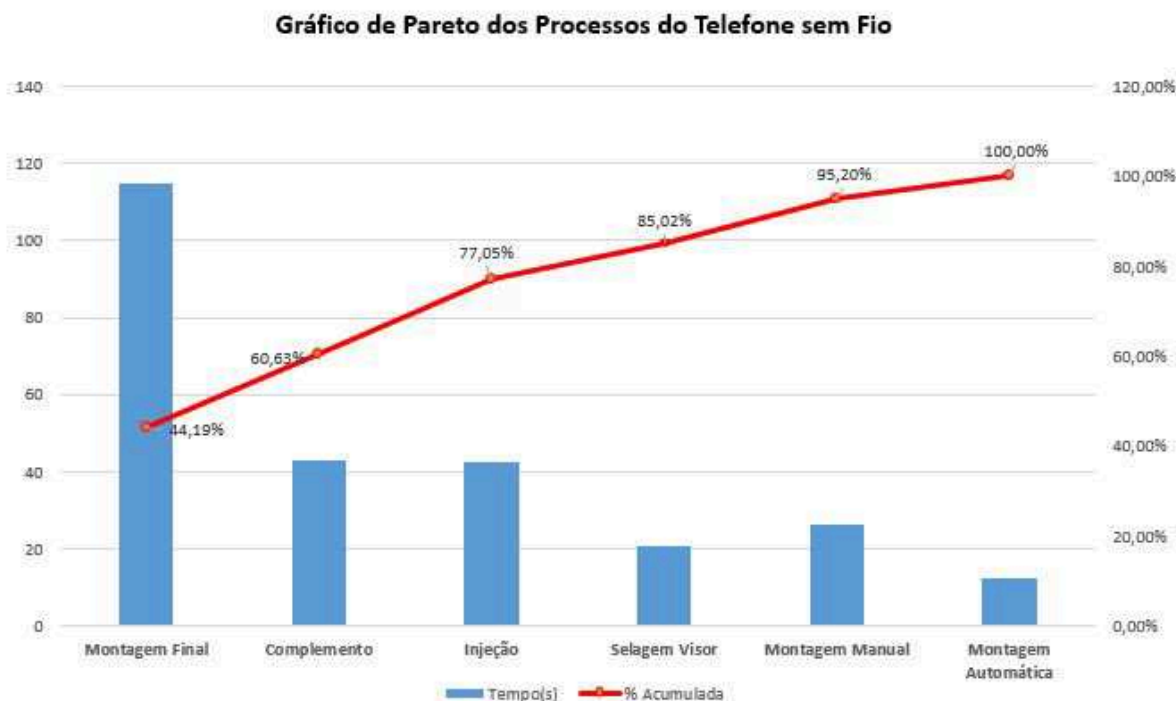


Figura 8 – Tempo dos processos da produção do telefone sem fio.

Ao examinar a Figura 8 fica evidente metade das operações (Selagem Visor, Montagem Manual e Montagem Automática) representam apenas de 23% do tempo dos processos produtivos do telefone, esta constatação pode ser utilizada para indicar em quais operações

os esforços para reduzir desperdícios e implementar melhorias devem ser concentrados. Ou seja, ao invés de investir tempo e recursos em melhorias voltadas aos processos que representam pouco tempo, é indicado implementar melhorias nas operações cujo os tempos são maiores, já que desta forma os ganhos também tendem a ser maiores. Neste sentido, é interessante avaliar melhorias para as operações que representam mais de 77% do tempo no percentual acumulado (Montagem Final, Complemento e Injeção).

Outro fator de medida de tempo relevante é o lead time, neste sentido, os estoques intermediários são ruins pois contribuem para o aumento do lead time, reduzem a continuidade do processo, isto é, tornam o fluxo contínuo apenas em partes da processo produtivo e não agregam valor ao produto. Na empresa em questão, fator de maior impacto é o estoque de matéria prima no almoxarifado. Ainda assim, durante o visita a linha de produção ficou evidente que em razão da adoção dos conceitos Lean os estoques intermediários estão disfarçados sobre o conceito de supermercado. A justificativa para estes supermercados, com volume superior a 1 dia de produção, é ter uma garantia de que a produção não irá parar caso ocorra alguma problema nas máquinas ou equipamentos, por exemplo, caso a injetora sofra problemas os operadores da montagem final ainda terão peças injetadas para montar o telefone. Na Tabela 5 é possível observar os cada um dos tempos de estoque e supermercado:

Tabela 5 – Descrição dos tempos de espera entre os processos do telefone sem fio.

| Descrição | Tempo (dias) |
|------------------|---------------------|
| Almoxarifado | 10 |
| Montagem Manual | 5 |
| Selagem Visor | 2 |
| Complemento | 2 |
| Montagem Final | 2 |
| Expedição | 0,1 |
| Total | 21,1 |

Além do aumento do lead time, os estoques intermediários (supermercados superdimensionados) utilizam recursos da empresa, dentre eles principalmente funcionários e espaço. Funcionários são necessários para transportar peças entre o estoque e a produção e também para organizar e controlar o estoque, espaço evidentemente é necessário para abrigar as peças até as mesmas sejam solicitadas pelos processos. No caso dos placas e componentes, o espaço necessário para armazenar é pequeno, o que não é verdade para o injetado, que ocupa uma grande área e onde é necessário utilização de recursos como empilhadeiras, por exemplo.

Ao comparar o valor o tempo dos processos de 259,86 segundos com o lead time de 21,1 dias é notória a discrepância de valores, como descrito anteriormente o tempo de espera da matéria prima no almoxarifado juntamente com os supermercados superestimados colaboraram para o aumento desta diferença entre o tempo de processo e o lead time. Como resultado do mapeamento do fluxo de valor na empresa em estudo identificaram-se os pontos positivos e os pontos de desperdício nos quais a automação tem maior aplicação:

Pontos positivos:

- Mesma planta industrial: maior parte dos processos são executados na mesma planta, o que facilita a programação da produção e integração dos processos. É possível encontrar e resolver problemas de forma rápida, a comunicação entre os processos, colaboradores e a supervisão é feita de forma mais eficiente.
- Padronização dos processos: os processo são realizados seguindo seus respectivos procedimentos. Neste procedimentos estão descritas as etapas dos processos bem como os pontos críticos que necessitam maior atenção. Através desta padronização é possível alcançar um alto nível de qualidade e repetibilidade nos produtos.
- A aplicação parcial dos conceitos e ferramentas do Lean Manufacturing como Gerenciamento da Qualidade, Kanban, Kaizen, Manufatura Celular.

Pontos de desperdício:

- Dependência aguda do setor de Engenharia Industrial para realizar melhorias, ainda que muitos colaboradores sejam capazes de encontrar problemas, propor uma solução e implementar a respectiva melhoria (kaizen) os mesmos aguardam a disponibilidade de algum técnico ou engenheiro do departamento de Engenharia Industrial. Isto resulta em uma elevada carga de trabalho para o pessoal deste departamento e atraso na solução e implantação de melhorias.
- Os operadores da célula de injeção tem um tempo ocioso a cada ciclo de processo, esta ociosidade tem duas causas: a falha na sincronização entre o tempo de trabalho do operador e o tempo da máquina injetora (operador tem velocidade superior ao ciclo de injeção), e a necessidade de permanecer na máquina de tampografia, o operador gasta tempo apenas para observar o processo de tampografia.
- A planta industrial é organizada sob o formato de departamentos, portanto o layout de algumas das máquinas e equipamentos não está organizado por fluxo de operações, mas sim por tipo de processo. Uma das consequências deste layout é a formação de estoques intermediários ao longo do processo e a necessidade de movimentação dos produtos semiacabados. Os estoques requerem espaço físico, para alocar os produtos, pessoas para realizar a manutenção e organização, e equipamentos para

a movimentação. Em relação a movimentação, os produtos são movimentados do processo para o estoque, e em seguida, do estoque para o próximo processo. Estes movimentos são realizados por carros elétricos que necessitam de operadores para serem guiados (dirigidos).

4.3 Elaboração do Mapa do Estado Futuro

A elaboração do mapa do estado futuro teve foco nos processos que podem ser propostas melhorias através da automação, e somente em seguida foram estudadas melhorias com outras metodologias. O foco em melhorias com automação teve como consequência melhorias voltadas aos processos em detrimento dos estoques, mesmos que os estoques também impacto dentro da empresa.

Para ficar mais próximo da produção Lean é necessário propor melhorias, sendo elas:

- Implantação conceito Kaizen em todos os níveis hierárquicos para facilitar o processo de implantação de melhorias através da automação.
- Automação parcial do processo de tampografia para diminuir tempo ocioso do operador e melhorar o fluxo dentro da célula de injeção.
- Utilizar veículos autônomos (AGVs) para o movimentar os materiais.

Na figura Figura 9 é possível verificar o mapa do estado futuro elaborado, com a indicação dos Kaizens propostos:

4.3.1 Implantação do Kaizen em Todos os Níveis

No capítulo 2.1.3 Ferramentas do Lean Manufacturing foi apresentado de maneira simples e direta o conceito de melhoria contínua, o Kaizen. Na indústria em questão, o Kaizen é uma ferramenta muito utilizada, porém a sua aplicação é muito dependente do setor de Engenharia Industrial. Esta dependência significa que desde o momento da identificação de uma possível automação (melhoria) até sua implementação, o setor é envolvido. O fator negativo desta dependência é que os colaboradores da Engenharia Industrial têm suas próprias demandas, e muitas vezes o que poderia ser resolvido em poucos dias acaba por tomar semanas, já que é necessário aguardar os períodos de disponibilidade destes colaboradores.

Além disso, o Kaizen tem como princípio a participação de todos os funcionários, desde os principais gestores ao pessoal de base, desta forma, manter o andamento do Kaizen atrelado a um determinado setor reduz a velocidade e a eficiência para implantar mudanças.

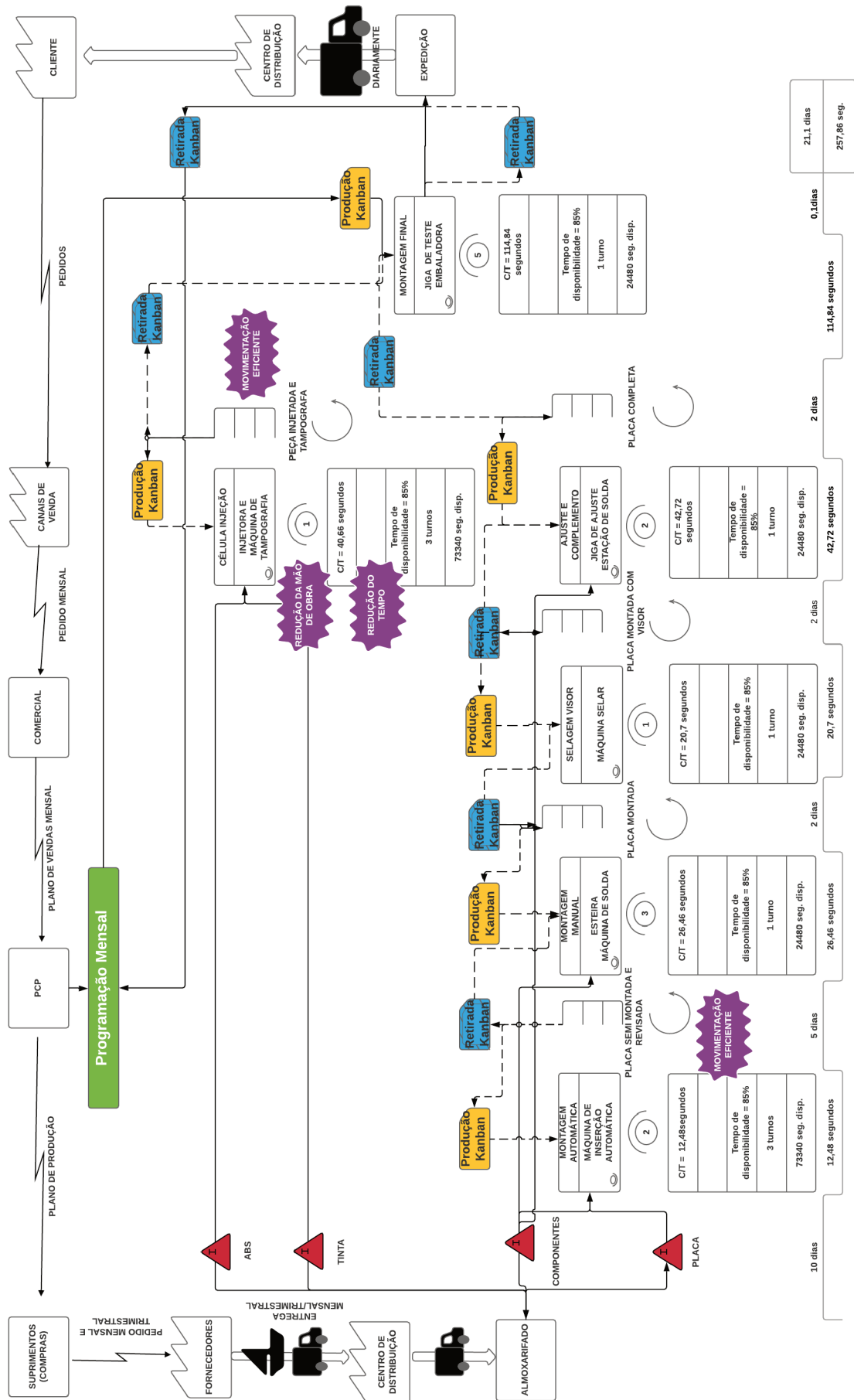


Figura 9 – Mapa futuro da produção do telefone sem fio.

Para resolver este problema, diminuir o vínculo com setor de Engenharia Industrial, uma das alternativas é fortalecer a filosofia Lean dentro da empresa, isto é, treinar facilitadores para compartilhar o conhecimento conceito Kaizen. Estes facilitadores podem ser os profissionais da Engenharia Industrial, que através de palestras, workshops, e treinamentos devem instruir os demais colaboradores a como conduzir o estudo, a avaliação e até mesmo implementação de melhorias através da automação. Assim, a medida que os programas de treinamento evoluem o número de colaboradores aptos a realizar um Kaizen cresce, e conforme estes colaboradores realizam Kaizens, eles mesmos tornam-se facilitadores.

Por meio desta medida além de tornar o processo de melhoria mais ágil, pois os demais colaboradores não dependem mais de um setor, o número de Kaizens realizados tende a crescer, já que um número maior de colaboradores tem conhecimento do conceito. Este é uma medida de baixo custo, pois envolve os colaboradores da própria empresa e sua experiência, não sendo necessária nenhuma consultoria externa.

4.3.2 Automação da Tampografia

Para alcançar ganhos maiores optou-se por avaliar melhorias no processo de tampografia, isto porque este processo tem impacto relevante no lead time, conforme indicado pelo Gráfico de Pareto (Figura 8).

Como descrito no mapa do estado atual, a célula de injeção tem problemas com a sincronização e conseqüentemente não alcança um fluxo completamente contínuo. Além disso, outro grande problema é a ociosidade cíclica do operador da tampografia. Para melhorar o sincronismo entre os processos de injeção e tampografia, e por conseqüência permitir um fluxo contínuo a solução proposta é a automação parcial do processo de tampografia.

Através da implementação de um servomotor é possível reduzir o tempo dispendido no processo e tampografia, e por conseqüência, reduzir o custo em razão da melhor utilização do tempo do operador.

4.3.2.1 Tampografia

Tampografia é o nome dado ao processo de impressão em baixo relevo realizado através da transferência indireta de tinta de um tinteiro para uma peça ou produto. Através deste processo é possível gravar nomes, desenhos, logomarcas entre outras imagens em produtos de diversas formas (cilíndricas, planos, curvas), tamanhos (de acordo com as dimensões da máquina) e materiais (termoplásticos, metais, vidros). Na indústria em questão, a tampografia é uma maneira importante de registrar a respectiva marca, isto é, garantir que o produto fabricado terá a marca gravada, e além disso, que esta marca irá resistir por um longo tempo sem perder suas características [73].

Dentre as vantagens da tampografia estão a qualidade, até mesmo em pequenos detalhes e características, a baixa necessidade manutenção e paradas, e o número de impressões por ciclo, que pode variar de acordo com tamanho do objeto a ser impresso. Uma máquina tampográfica consiste no seguintes elementos básicos:

- Clichê: que contém a marca a ser impressa
- Tampão: uma espécie de almofada de silicone, responsável por realizar a transferência de tinta, ou seja, o tampão captura a tinta do clichê.
- Tinteiro: reservatório onde a tinta permanece armazenada.
- Gabarito: local para posicionar a peça a ser tampografada.

Na Figura 10 é possível visualizar uma máquina tampográfica com seus respectivos elementos básicos:



Figura 10 – Máquina de Tampografia: Tampão(1), Clichê(2), Tinteiro(3) e Gabarito(4)

Além destes três elementos principais, uma máquina tampográfica conta com sistemas e acessórios elétricos, mecânicos e eletrônicos para realizar e coordenar os movimentos. Dentre estes sistemas e acessórios estão pistões, controladores, botoeiras entre outros.

O processo de tampografia é composto pelas seguintes etapas (Figura 11):

- Início (1): máquina ainda sem o produto.
- Posicionar produto (2): o operador deve posicionar o produto a ser tampografado no gabarito.
- Preencher clichê e descer tampão (3): o clichê está localizado abaixo do tinteiro, deste modo a tinta desce até o clichê, que contém um baixo relevo no qual está a marca a ser impressa. O tampão é movimentado para baixo (desce) e após pressionar o clichê captura a tinta que permaneceu no baixo relevo.

- Subir tampão (4): o tampão é movimentado para cima (sobe) com a tinta coleta no tampão.
- Recuar clichê e descer tampão (5): retornar clichê a posição original, após isso, tampão novamente é movimentado para baixo e ao pressionar o produto realiza a transferência da tinta (marca).
- Fim (6): após a transferência da tinta, o tampão é movimentado para cima (sobe), então, operador está apto para remover o produto já tampografado do gabarito.

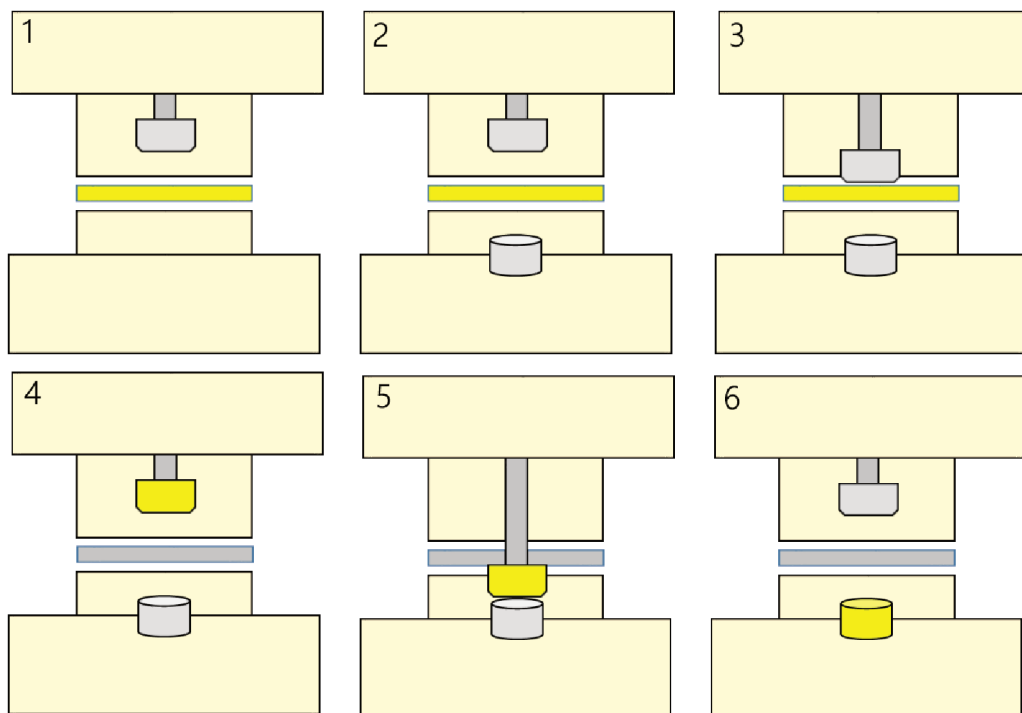


Figura 11 – Etapas da tampografia no estado atual.

4.3.2.2 Descrição do Problema

No estado atual a célula de injeção contém dois processos a injeção de plástico e a tampografia. A máquina injetora é capaz de produzir quatro peças a cada ciclo, após o fim do processo de injeção o molde é aberto e um manipulador robótico é responsável por retirar as peças do molde e levar as peças até a mesa onde um operador aguarda as peças. Após o manipulador liberar as peças, o operador transfere uma peça por vez da mesa para a máquina de tampografia. Ou seja, o operador retira uma peça da mesa e posiciona na máquina de tampografia. Depois de posicionar a peça deve acionar o comando bimanual e aguardar o processo de tampografia, isto é, aguardar todos os movimentos da máquina enquanto permanece com mãos no comando bimanual. Quando a tampografia desta peça terminar, o operador remove e armazena esta peça em uma caixa, este processo de

tampografia é repetido para cada uma das quatro peças. Quando terminar as quatro peças o operador deve aguardar até que o manipulador robótico libere mais quatro peças.

Posicionar um único produto no gabarito gera dois problemas:

- Ociosidade cíclica do operador: toda vez que uma operação de tampografia é realizada o operador gasta o tempo útil de trabalho apenas para observar os movimentos do tampão e do tinteiro enquanto permanece com as mãos no comando bimanual.
- Número elevado de movimentos: o operador precisa repetir o movimento para acionar o comando bimanual para tampografar cada um dos produtos, ou seja, a ação acionar comando bimanual é repetida quatro vezes. A sequência de colocar um produto, acionar o bimanual e retirar requer mais movimentos do que colocar quatro produtos juntos e acionar o bimanual apenas uma vez.

Na célula de injeção, localizada no departamento de injeção, o transporte da resina plástica do almoxarifado para a máquina injetora é feito de forma automática através de sucção, o tempo de injeção (ciclo) para transforma matéria-prima em injetado (peça plástica) é de 5,08 segundos. No fim da injeção, um manipulador robótico desloca-se até o molde da injetora para remover as peças injetadas. Após retirar do molde este manipulador transfere as peças para uma mesa intermediária, nesta mesa um operador inspeciona as peças, para assegurar que nenhuma peça esta deformada ou torta, e em sequência, posiciona um peça por vez na máquina de tampografia. Após tampografar as quatro peças, o operador armazena as mesmas em uma caixa. O tempo para tampografar é de 8,28 segundos por injetado.

Em razão destes dois problemas no estado atual o tempo para tampografar é de 8,28 segundos, além disso, a célula de injeção precisa de dois operadores para atender as demandas dos processos. A Figura 12 apresenta uma ilustração da célula de injeção:

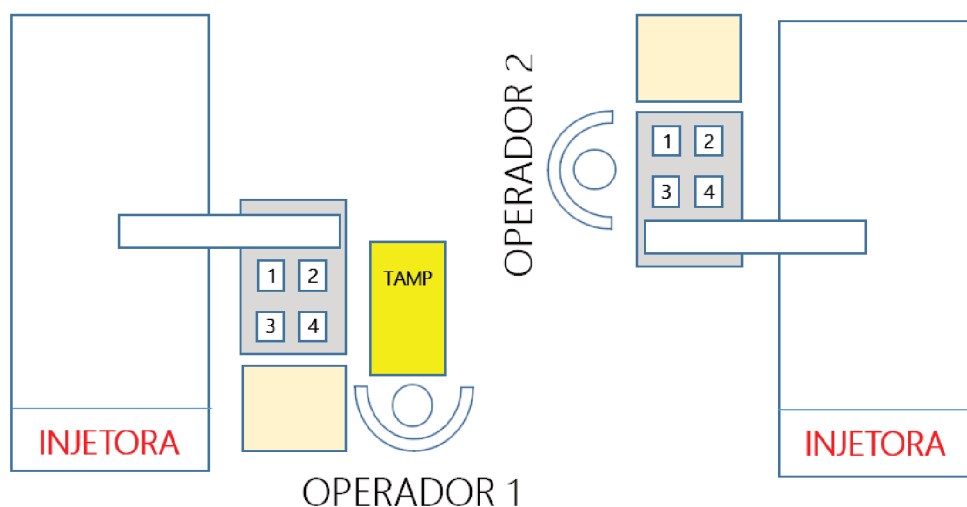


Figura 12 – Estado atual da célula de injeção.

4.3.2.3 Solução Proposta

No estado futuro o operador irá posicionar quatro peças de uma vez, após acionar o comando bimanual pode realizar outras atividades dentro da célula de injeção como guardar peças ou colocar outras peças para tampografar em outra máquina, e só precisa retornar para máquina de tampografia no momento em que as quatro peças já estiverem tampografadas. Desta forma, com a possibilidade de realizar outras atividades, é possível reduzir para um o número de operadores na célula de tampografia (no estado atual são dois operadores), com esta proposta o tempo para tampografar que no estado atual é de 8,28 segundos seria reduzido para 5 segundos, ou seja, uma redução de aproximadamente 40% no tempo. Desta forma tanto a ociosidade (subutilização da mão de obra) quanto o excesso de movimentos são eliminados, e processo torna-se mais contínuo pois são removidos os períodos de ociosidade. A Figura 12 apresenta uma ilustração da célula de injeção do estado futuro, com apenas um operador:

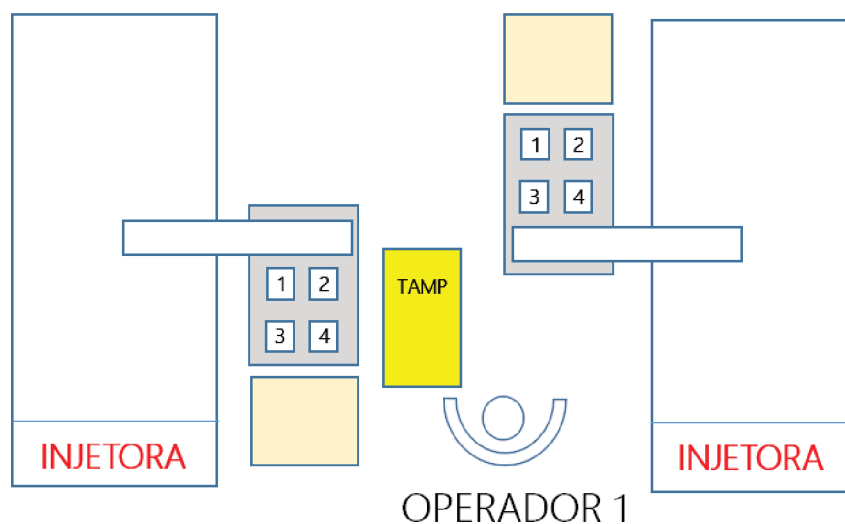


Figura 13 – Estado futuro da célula de injeção.

Para que isso seja possível (posicionar quatro peças de uma vez) é necessário aplicar uma automação parcial, por meio de um servomotor o tampão será capaz de deslocar-se horizontalmente para tampografar cada um dos produtos, o que não é possível atualmente. O ponto de coleta de tinta (tinteiro) permanece na mesma posição, e para cada produto será necessário coletar a tinta. É possível acompanhar o novo ciclo de funcionamento da máquina tampográfica na Figura 14, nesta figura pode-se observar o movimento horizontal do tampão, além da presença de quatro produtos ao invés de apenas um como no estado atual (Figura 11).

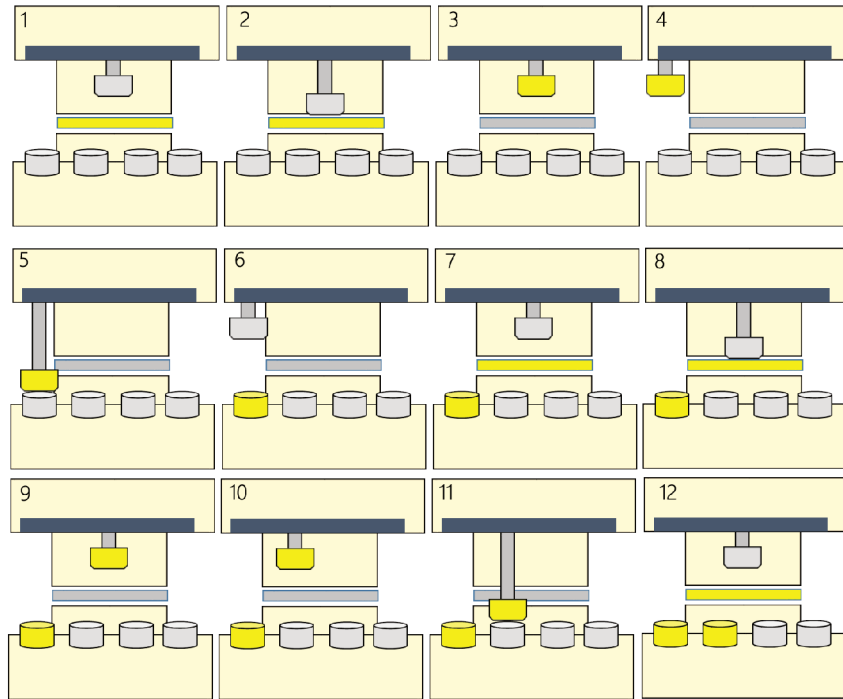


Figura 14 – Movimento horizontal do tampão.

Para garantir a integridade do colaborador e evitar quaisquer riscos a sua saúde, e de terceiros que transitem pela fábrica, a máquina tampográfica deverá contar com um sistema de cortina de segurança (também conhecida por cortina de luz ou barreira de luz), que é capaz de detectar quando algum objeto (neste caso as mãos ou outra parte do corpo) ultrapassar uma faixa de segurança e então suspender a operação da máquina. Além da cortina de luz, também é necessário instalar uma porta automática, que irá impedir o acesso durante o processo de tampografia, e só será aberta no início e no fim das operações, quando não existem movimentos da máquina.

Não é uma das metas do sistema posicionar as peças de forma automática, isto é, pegar a peça, colocá-la na máquina de tampografia e após o procedimento remover as peças, esta ainda é uma função do operador. Uma das vantagens é que esta solução pode ser aplicada de forma fácil para outros produtos, basta uma alteração no gabarito e no clichê e a automação pode ser adaptada para outro tipo de produto.

4.3.3 Utilizar AGVs para a Movimentação de Material

Em ambientes industriais as máquinas e os postos de trabalho estão sempre no mesmo lugar, isto é, as máquinas são instaladas em determinado local e permanecem neste local. Além disso, as operações são bem definidas e não sofrem grandes alterações, desta forma os movimentos de reposição de matéria-prima e produtos acabam por ser repetitivos. Em razão disto, é fácil definir posições e rotas padrões nas quais os operadores responsáveis pela reposição devem passar.

Uma alternativa a mão-de-obra humana para guiar os veículos de transporte na movimentação de produtos é a utilização de veículos guiados automaticamente (AGV, do inglês Automated Guided Vehicle). AGV é veículo movido através de uma bateria com recursos de programação, para configurar uma rota, sem precisar de um operador a bordo. Também é possível definir AGV como uma máquina sem operador capaz de percorrer uma rota pré-ajustada, ou ainda uma máquina que através de equipamentos é capaz de encontrar seu caminho [74]. De forma simples, pode-se definir AGV como um veículo para transportar (movimentar) cargas que não precisa de um operador para funcionar.

Para funcionar de forma correta sem a necessidade de operador os AGVs contam com um sistema de orientação cujo objetivo é garantir que o mesmo realize a caminho correto. Os veículos guiados autonomamente podem ser separados em relação ao modo de orientação, os que podem mover-se de forma livre pela planta industrial, utilizando câmeras ou sensores que enviam e recebem sinais (laser ou infravermelho) e estimam a posição do veículo, e os que têm movimento restrito por determinados caminhos, que utilizam fios ou faixas instalados pela planta industrial, os quais são identificados pelo AGV através de câmeras ou sensores [75].

Alguns AGVs podem analisar o ambiente, e caso existam obstáculos em sua rota, são capazes de criar novas rotas ou simplesmente parar até tais obstáculos sejam removidos. Estes obstáculos podem ser desde de objetos e outras máquinas até pessoas, em razão do avançado sistema de sensoriamento eles podem dividir espaços com os colaboradores sem oferecer grandes riscos à saúde e à segurança dos mesmos. Eles possuem capacidade de carga ajustável dentro de uma faixa, uma característica essencial visto o grande portfólio de produtos da empresa. Os AGV's podem ser aplicados para movimentar cargas entre os processo que ocorrem em departamentos diferentes devido a distância, neste caso entre a montagem automática e a montagem manual e entre a injeção e a montagem final.

As vantagens apresentadas pela aplicação dos AGVs podem ser classificadas em redução do custo com mão-de-obra, segurança, automação e fluxo:

- Em relação a segurança, em razão da robustez e dos sistemas redundantes a ocorrência de acidentes torna-se mais difícil, diferente dos operadores humanos os veículos autônomo não sofrem com distrações e falta de atenção. Estes veículos contam com dispositivos de segurança como sinais luminosos e sonoros, além de sensores de obstáculo que ao perceber a presença de pessoas ou objeto determina uma parada imediata [75].
- Em relação ao investimento, apesar do custo inicial ser elevado quando comparados aos meios alternativas de transporte de carga, o investimento geralmente é recuperado em um pequeno espaço de tempo em razão da redução nos custos operacionais já que não existe a necessidade de um operador [74] [75].

- Em relação a automação, estes veículos podem comunicar-se com outros sistemas para aumentar o nível de automação, de maneira que o produto tenha um movimento cada vez mais contínuo.
- Em relação ao fluxo, um veículo guiado autonomamente torna a movimentação de material flexível, e é indicado para lugares onde existe mudança contínua no tipo de produto produzido [76], que é o caso da indústria em questão em razão do grande número de produtos no portfólio. Além da flexibilidade, movimentar materiais entre estações de trabalho com AGV apresenta como benefício o controle do fluxo, já que é possível controlar o fluxo de material para garantir que os materiais corretos cheguem ao local correto no momento correto [74]. Valmikicet al. [74] afirma que para manter-se competitivo, o AGV deve ser parte integrante do área produtiva.

Com os AGVs o tempo perdido para encontrar os materiais a serem transportados e o local para qual devem ser transportados é eliminado, além deste tempo, os veículos elétricos utilizados atualmente precisam ser ajustados para cada carregamento, isto é, a depender do número de materiais a serem transportados o operador precisa acoplar ou desacoplar um vagão adicional. Outra perda é em relação a organização da carga, ao adicionar um vagão ao veículo o operador precisa ajustar a posicionamento dos materiais para evitar quedas, ou qualquer outro dano, ao longo do caminho. O tempo perdido para estas operações afeta a continuidade dos processos, durante a visita a linha de produção para obter as informações para elaborar o mapa do estado atual autor mensurou em média um minuto perdido para realizar trocar e ajustes nos veículos. Implementar veículos autônomo eliminaria este tempo, além de proporcionar maior continuidade e assertividade.

Para garantir que os AGVs sejam eficientes na movimentação de materiais e que ao mesmo tempo proporcionem o retorno financeiro adequado deve-se estimar de maneira correta o número de AGVs necessários. Caso este número seja sobrestimado, o custo do sistema será elevado, o que irá impactar no retorno financeiro, e alguns equipamentos irão permanecer parados a maior parte do tempo. Caso este número seja subestimado, ocorre formação de filas, os materiais não chegam no tempo ou na quantidade correta [74]. Para estimar o número adequado de veículos existem ferramentas de análise e simulação como apresentado em Valmikicet et al. [74], Rajotia et al. [77] e Yifei et al. [78].

Porém antes de implementar os AGVs recomenda-se um período testes para adaptação do sistema produtivo e dos próprios colaboradores da empresa. Por tratar-se de uma mudança disruptiva podem ocorrer dificuldade e até mesmo uma resistência a estes veículos. Ao invés de adquirir imediatamente, alguns fornecedores oferecem a possibilidade de alugar AGVs, uma boa alternativa para testar esta nova tecnologia dentro da planta industrial.

4.4 Síntese dos Ganhos com Aplicação do MFV

Na Tabela 6 é apresentado um quadro resumindo os principais ganhos esperados com a implantação das melhorias propostas no estado futuro.

Tabela 6 – Mudanças entre estado atual e estado futuro.

| | Estado futuro |
|--|---|
| <p>Dependência da Engenharia Industrial: Aplicação dos Kaizens muito dependente do setor de Engenharia Industrial, é necessário aguardar os períodos de disponibilidade dos colaboradores do setor.</p> | <p>Cultura Enxuta: com a colaboração de todos os níveis da pirâmide hierárquica aproxima-se do modelo Toyota que prega a participação de todos os funcionários. Assim podem ser propostas e implementadas um volume maior de melhorias.</p> |
| <p>Ociosidade da Mão de Obra: subutilização da mão de obra em razão dos períodos de ociosidade, necessidade de dois operadores na célula de injeção.</p> | <p>Redução de Mão de Obra: com a automação da tampografia passa a ser necessário apenas um funcionário na célula de injeção, redução de 50% no número de operadores, e o tempo de tampografia seria reduzido em 40%.</p> |
| <p>Movimentação Irregular: perda de tempo com ajuste dos carros elétricos e descontinuidade entre os processos.</p> | <p>Continuidade e Integração: com a inserção dos AGVs os processos passam a ser mais integrados e contínuos. O aumento no nível de automação trazido pelo veículo abre horizonte para um novo paradigma para automação em outros processos, o que não era possível antes com a mão de obra humana.</p> |

5 Conclusões

Este capítulo tem como intuito apresentar as considerações finais desta pesquisa, dentre eles os principais resultados, o principal ganho para academia e para a empresa, as percepções acerca do MFV e as recomendações para trabalhos futuros.

5.1 Considerações Finais

O objetivo desta monografia foi aplicar o mapeamento do fluxo de valor no processo produtivo do telefone sem fio e propor melhorias com a inserção da automação industrial. Em relação a ferramenta, o mapeamento do fluxo de valor apresentou foco nos processos produtivos, o que já era esperado pois para elaborar o mapa são utilizadas as informações obtidas a partir do local onde estes os processo ocorrem (chão de fábrica).

As vantagens ao utilizar a ferramenta foram a padronização da representação dos processos (em razão dos ícones e informações padrões), a facilidade para visualizar e entender os processos e o fluxo (muito em razão da padronização) através da qual tornou-se possível identificar os pontos críticos ao longo processo produtivo, propor as respectivas melhorias; a identificação dos estoques ao longo da cadeia produtiva; e a importância do lead time, e principalmente da relação deste com o tempo de estoque.

Assim como descrito no referencial teórico o mapeamento do fluxo de valor tem como uma das principais vantagens a facilidade para visualizar, e mais do que isso, compreender o fluxo produtivo e seus processos. Em razão desta facilidade é possível encontrar pontos críticos de forma global, e assim, as melhorias não são pontuais ou ficam presas a um determinado setor, pelo contrário, puderam ser propostas melhorias para o departamento de injeção, mas também melhorias para a movimentação de materiais.

Ao visualizar e examinar o fluxo os maiores desperdícios encontrados foram a movimentação de materiais e principalmente a formação de estoque. A respeito da formação de estoques, a cultura do estoque de segurança está presente nesta empresa, ainda que disfarçado com outro nome e justificativa. Na leitura de artigos para o referencial teórico constatou-se, até mesmo em empresas que adotam a filosofia enxuta, ser comum a presença do estoque de segurança. Ainda devido a este estoque, o fluxo não é contínuo como prega as diretrizes do Lean Manufacturing. A justificativa é a dificuldade de acompanhar a oscilação das vendas, com temor de perder mercado a empresa prefere arcar com os custos de ter um grande estoque de produtos acabados.

Ainda assim, as principais melhorias propostas nesta monografia não são capazes de atenuar de forma adequada estes desperdícios, isto porque para atingir de forma relevante tais desperdícios seriam necessárias alterações na filosofia da empresa e também no

layout do chão de fábrica. Tais alterações exigem grandes investimentos, mudanças na cultura da empresa e tem menor relação com a automação. Além da movimentação e do estoque, outros pontos de desperdício encontrados foram a dependência do setor de Engenharia Industrial para realizar Kaizens e o tempo ocioso dos colaboradores no processo de tampografia. Em relação as melhorias, a automação da tampografia, o orçamento já foi realizado e também já foi apresentada na empresa, para sua devida implementação restam ajustes às normas de segurança. Em razão do tempo não foi possível mensurar os ganhos com a implementação do estado futuro.

No cenário acadêmico, através do referencial teórico tornaram-se evidentes os benefícios da implantação do Lean Manufacturing como modelo de produção, além disso, o Mapeamento do Fluxo de Valor também teve uma descrição realizada com suas respectivas vantagens apresentadas. Esta monografia também teve papel importante para preencher a lacuna representada pela pouco número de trabalhos de MFV aplicados em indústrias de produtos eletrônicos. Mais do que preencher esta lacuna, por meio das melhorias propostas ao longo deste trabalho a ferramenta MFV teve sua importância evidenciada.

Visto estes aspectos, este trabalho responde a pergunta de pesquisa, é possível e de extrema importância utilizar o mapeamento do fluxo de valor para a inserção da automação industrial no processo produtivo do telefone sem fio, isto porque, a comparação do estado atual e do estado futuro evidencia os ganhos que a inserção da automação na produção do telefone sem fio pode alcançar, e responde de forma clara que é possível utilizar o MFV para colaborar na inserção da automação. Na produção do telefone sem fio existem desperdícios os quais a automação poderia atenuar, e até mesmo eliminar, através da aplicação de máquinas e equipamentos bem projetados.

5.2 Propostas para Trabalhos Futuros

Em razão da abrangência do MFV (desde a matéria prima a expedição) é interessante utilizar o MFV como base, e a partir dele aplicar ferramentas diferentes para tratar pontos nos quais o MFV tem dificuldade como desperdícios de matéria prima e análises financeiras como viabilidade e payback.

Aplicar o MFV aliado aos conceitos de automação da indústria 4.0, isto é, utilizar o MFV para inserir as inovações tecnológicas da indústria 4.0 nos processos industriais. Dentre estas inovações estão a internet das coisas e o big data, dois conceitos que aplicados nas indústrias podem aumentar a integração, a modularidade e velocidade dos processos.

Além disso, aplicar o mapeamento do fluxo de valor em nichos industriais diferentes, isto é, aplicar em diferentes tipos de indústria esta ferramenta, assim é possível explorar o potencial da ferramenta em processos diferentes.

Referências Bibliográficas

- 1 ROTHER, M.; SHOOK, J. Learning to see. *Lean Enterprise Institute, Cambridge, MA*, 1999.
- 2 GALINA, S. V. R.; PLONSKI, G. A. Inovação no setor de telecomunicações no brasil: uma análise do comportamento empresarial. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 4, n. 1, p. 129–155, 2005.
- 3 VAZ, C. R.; MALDONADO, M. U. Aplicacoes de bibliometria e analise de conteúdo em casos da engenharia de producao. In: _____. Florianopolis: [s.n.], 2017. v. 1, cap. Revisao de literatura estruturada: proposta do modelo SYSMAP.
- 4 VIEIRA, I. L. M.; JUNIOR, A. C. P.; TERRA, L. A. A. Desafios do lean seis sigma na indústria de bebidas. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, v. 10, n. 19, p. 35–55, 2018.
- 5 PEREIRA, C. M.; ANHOLON, R.; BATOCCHIO, A. Obstacles and difficulties implementing the lean philosophy in brazilian enterprises. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, v. 14, n. 2, p. 218–227, 2017.
- 6 PAULA, M. A. B. de; SANTOS, E. A. P. Uma abordagem metodológica para o desenvolvimento de sistemas automatizados e integrados de manufatura. *Production*, SciELO Brasil, v. 18, n. 1, p. 8–25, 2008.
- 7 MOURA, D. A. d. *Análise dos principais segmentos da indústria marítima brasileira: estudo das dimensões e dos fatores críticos de sucesso inerentes à sua competitividade*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2008.
- 8 COELHO, F.; PIERRE, F. C. Uso da metodologia pfmea como vantagem competitiva para a análise de melhorias em um processo experimental. *Revista GEPROS*, v. 10, n. 4, 2015.
- 9 FLEURY, A. C.; FLEURY, M. T. L. Estratégias competitivas e competências essenciais: perspectivas para a internacionalização da indústria no brasil. *Gestão & Produção*, SciELO Brasil, v. 10, n. 2, p. 129–144, 2003.
- 10 CALIFE, N. F. S.; NOGUEIRA, E.; FILHO, A. G. A. Empresas do setor de linha branca e suas estratégias competitivas e de produção. *Revista Produção Online*, v. 10, n. 2, 2010.
- 11 WOMACK, J. P. et al. c. [S.l.]: Simon and Schuster, 1990.
- 12 MACEDO, M.; POSSAMAI, E. Impactos da implementação do lean manufacturing na obtenção de vantagem competitiva: Um estudo de casos múltiplos. *Revista Gestão Industrial*, v. 9, n. 2, 2013.
- 13 CHAUHAN, G.; SINGH, T. Lean manufacturing through management of labor and machine flexibility: a comprehensive review. *Global Journal of Flexible Systems Management*, Springer, v. 12, n. 1-2, p. 59–80, 2011.

- 14 MEDEIROS, H. d. S.; SANTANA, A. F. B.; GUIMARÃES, L. d. S. O uso dos metodos de custeio nas industrias de manufatura enxuta: uma análise da literatura. *Gestão & Produção*, scielo, v. 24, p. 395–406, 06 2017.
- 15 ALVIM, T. M. R. et al. *Critério de Análise e Avaliação de Quebras de Produção*. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 6 2009.
- 16 FORNO, A. J. D. et al. Aplicação e análise das ferramentas benchmarking enxuto e mapeamento do fluxo de valor: estudo de caso em três empresas catarinenses. Florianópolis, SC, 2008.
- 17 RENTES, A.; QUEIROZ, J.; ARAUJO, C. Transformação enxuta: Aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma situação real. *XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Florianópolis-SC, 2004.
- 18 TEIXEIRA, A. F. S.; VISOTO, N. A. R.; PAULISTA, P. H. Automação industrial: Seus desafios e perspectivas. *Revista Científica da FEPI-Revista Científic@ Universitas*, 2016.
- 19 JÚNIOR, A. P. de A.; CHAGAS, C. V. das; FERNANDES, R. G. Uma rápida análise sobre automação industrial.
- 20 SILVA, D. S. d.; NASCIMENTO, J. M. A. d. Automação industrial. *Natal: UFRN*, 2002.
- 21 TEIXEIRA, R. de A.; TOYOSHIMA, S. H. Evolução das telecomunicações no brasil, 1950–2001: o caso da telefonia. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 34, n. 1, p. 150–178, 2003.
- 22 GUIMARÃES, L. da S. et al. Redução de custos no processo produtivo com a utilização do abc e ferramentas lean: estudo de caso em uma indústria de componentes de refrigeração. *Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Universidade Estadual Paulista-UNESP Bauru, Depto de Engenharia de Produção, v. 10, n. 1, p. 157, 2015.
- 23 CARDOZA, E.; CARPINETTI, L. Indicadores de desempenho para o sistema de produção enxuto. *Revista Produção Online*, v. 5, n. 2, 2005.
- 24 FILHO, E. D. D.; MARTINS, N. O.; HERRERA, V. É. Análise do sistema toyota em uma indústria de embalagens plásticas da região de marília-sp. *Revista Gestão Industrial*, v. 13, n. 1, 2017.
- 25 ROMAN, D. J. et al. Lean service: Aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma organização de serviços. *Revista Gestão Industrial*, v. 9, n. 4, 2014.
- 26 JUNIOR, J. H.; LUCATO, W. C. A relação entre a implantação da manufatura enxuta nas pmes industriais e o seu desempenho econômico-financeiro: estudo de múltiplos casos. *Exacta*, v. 16, n. 2, 2018.
- 27 VEIGA, G. L. et al. The strategic role of lean a discussion. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, v. 8, n. 1, p. 9–30, 2011.
- 28 KRAFCIK, J. F. Triumph of the lean production system. *MIT Sloan Management Review*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, v. 30, n. 1, p. 41, 1988.

- 29 LIMA, M. L. S. C.; ZAWISLAK, P. A. A produção enxuta como fator diferencial na capacidade de fornecimento de pmes. *Produção. São Paulo. Vol. 13, n. 2 (2003), p. 57-69*, 2003.
- 30 JUSTA, M. A. O. da. Fatores críticos de sucesso para a implementação da manufatura enxuta. *Revista Gestão Industrial*, v. 10, n. 2, 2014.
- 31 CONDÉ, G. C. P.; MARTENS, M. L.; ASSUMPÇÃO, M. R. P. Projetos lean manufacturing para geração de portfólio: Uma revisão da literatura. *Exacta*, v. 16, n. 1, 2018.
- 32 GENNARO, C. K. et al. Aplicação da simulação de eventos discretos para propostas de melhorias numa linha de montagem de uma empresa do setor automotivo. *Exacta*, Universidade Nove de Julho, v. 15, n. 1, p. 47–56, 2017.
- 33 LORENZINI, G. C.; SAURIN, T. A.; AMARAL, F. G. Avaliação qualitativa da produção enxuta e a identificação de perdas na pequena empresa: Estudo de caso em uma fabricante de centrais telefônicas. *Revista Gestão Industrial*, v. 9, n. 3, 2013.
- 34 OHNO, T. *Toyota production system: beyond large-scale production*. [S.l.]: crc Press, 1988.
- 35 DAUCH, K. A.; SILVA, J. E. Azevedo Ramos da; JABBOUR, A. B. Lopes de S. Avaliação da implantação da metodologia 5s em uma empresa manufatureira: análise de etapas, benefícios e barreiras. *Exacta*, Universidade Nove de Julho, v. 14, n. 2, 2016.
- 36 FARIA, A. C. de; VIEIRA, V. S.; PERETTI, L. C. Redução de custos sob a ótica da manufatura enxuta em empresa de autopeças. *Revista Gestão Industrial*, v. 8, n. 2, 2012.
- 37 LIMA, P. R. B. de; MARTINS, V. W. B. Sistema lean para otimização de recursos em uma indústria moveleira: estudo de caso com foco nas ferramentas da produção enxuta. *Revista Gestão Industrial*, v. 13, n. 3, 2018.
- 38 SHINGO, S.; DILLON, A. P. *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint*. [S.l.]: CRC Press, 1989.
- 39 ROYER, R.; ROSA, A. F. P.; SAVEDRA, L. A. Mapa de fluxo de valor aplicado em uma microcervejaria. *Revista Gestão Industrial*, v. 14, n. 1, 2018.
- 40 TOLEDO, L. V.; MORAES, M. de; CORRER, I. Proposta de redução de tempo de setup em máquinas de testes de durabilidade em uma empresa fornecedora de autopeças com o uso de conceitos smed e padronização. *Revista Gestão Industrial*, v. 14, n. 3, 2018.
- 41 SILVA, G. G. da; MIRANDA, R. de C. Uma proposta de integração da teoria das restrições com ferramentas do lean manufacturing para gestão de processos. *Revista Gestão Industrial*, v. 11, n. 1, 2015.
- 42 JUNIOR, P.; ALVES, M. J.; MENDES, J. V. Operational practices of lean manufacturing: Potentiating environmental improvements. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, Barcelona: OmniaScience, v. 10, n. 4, p. 550–580, 2017.

- 43 LIMA, D. F. S. de et al. Mapeamento do fluxo de valor e simulação para implementação de práticas lean em uma empresa calçadista. *Revista Produção Online*, v. 16, n. 1, p. 366–392, 2016.
- 44 MARODIN, G. A.; SAURIN, T. A. A influência das práticas de produção enxuta nos atributos qualificadores das células de manufatura. *Revista Produção Online*, v. 13, n. 4, p. 1252–1275, 2013.
- 45 SAGAWA, J. K. et al. Aplicação da metodologia enxuta em uma empresa dos ramos da saúde, alimentos e farmacêuticos. *Revista GEPROS*, v. 11, n. 2, p. 173, 2016.
- 46 KUHLANG, P. et al. Utilizing a process management approach to standardise the application of value stream mapping. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, v. 8, p. 89–102, 2011.
- 47 JEONG, K.-Y.; PHILLIPS, D. T. Application of a concept development process to evaluate process layout designs using value stream mapping and simulation. *Journal of Industrial Engineering and Management*, School of Industrial and Aeronautic Engineering of Terrassa (ETSEIAT . . . , v. 4, n. 2, p. 206–230, 2011.
- 48 SOUZA, L. B. de; TORTORELLA, G.; NASCIMENTO, D. Análise do fluxo de valor sob uma perspectiva estocástica. *Revista Produção Online*, v. 18, n. 3, p. 995–1015, 2018.
- 49 THOMÉ, A. M. T.; OLIVEIRA, F. L. C.; SILVA, D. L. Framework de value stream mapping a partir de uma revisão sistemática da literatura. *Produto & Produção*, v. 17, n. 4, 2016.
- 50 SANTOS, L. C.; GOHR, C. F.; SANTOS, E. J. dos. Aplicação do mapeamento do fluxo de valor para a implantação da produção enxuta na fabricação de fios de cobre. *Revista Gestão Industrial*, v. 7, n. 4, 2012.
- 51 VEIGA, C. H. A. da; SCHMITZ, A. L. Reestruturação de layout baseado no mapeamento de fluxo de valor: um estudo em uma indústria de confecções. *Revista Gestão Industrial*, v. 14, n. 3, 2018.
- 52 ROYER, R.; ROSA, A. F. P.; SANTOS, L. N. dos. Mapa de fluxo de valor-estudo de caso em uma indústria metalúrgica. *Revista Gestão Industrial*, v. 12, n. 3, 2016.
- 53 NOGUEIRA, T. A. Redes de comunicação para sistemas de automação industrial. *Monografia Engenharia e Controle de Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais*, 2009.
- 54 SILVEIRA, L.; LIMA, W. Q. Um breve histórico conceitual da automação industrial e redes para automação industrial. *Redes para Automação Industrial. Universidade Federal do Rio Grande do Norte*, 2003.
- 55 BALFE, N.; SHARPLES, S.; WILSON, J. R. Impact of automation: measurement of performance, workload and behaviour in a complex control environment. *Applied ergonomics*, Elsevier, v. 47, p. 52–64, 2015.
- 56 CHAVAILLAZ, A.; WASTELL, D.; SAUER, J. System reliability, performance and trust in adaptable automation. *Applied ergonomics*, Elsevier, v. 52, p. 333–342, 2016.

- 57 RIBEIRO, M. A. Automação industrial. *Apostila para curso de treinamento*, 1999.
- 58 ROSSI, G.; PÓVOA, A. Alianças estratégicas em empresas de médio porte: um estudo no setor de automação industrial automobilística no Brasil. *Revista Base (Administração e Contabilidade) da UNISINOS*, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, v. 5, n. 3, 2008.
- 59 SILVA, A. L. E. et al. Proposta de automação industrial em uma empresa fabricante de borrachas escolares. *Revista GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias*, v. 8, n. 1, p. 4159–4172, 2018.
- 60 BEISE, M. Automação industrial aliada à produção enxuta: caminhos para melhoria e otimização de processos. 2016.
- 61 PEREIRA, R. A.; RIBEIRO, M. S.; BIANCHINI, D. Tomada de decisão mediante os impactos da turbulência nas convergências tecnológicas no mercado de telefonia móvel: um estudo à luz da estabilidade dinâmica. *Exacta*, Universidade Nove de Julho, v. 12, n. 1, 2014.
- 62 SILVA, E. L. d.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 3. ed. rev. atual, 2001.
- 63 MINAYO, M. C. d. S. et al. O desafio da pesquisa social. *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*, Vozes Petrópolis, 2007.
- 64 GIL, A. C. Pesquisa social: métodos e técnicas. *São Paulo: Atlas*, 1999.
- 65 MARCONI, M. d. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed.-São Paulo: Atlas, 2003.
- 66 TRIVIÑOS, A. N. Introdução à pesquisa em ciências sociais. *São Paulo: Atlas*, 1987.
- 67 YIN, R. K. Estudo de caso: Planejamento e métodos. *São Paulo: Atlas*, Bookman Editora.
- 68 MALDONADO, M. U.; SANTOS, J. S.; SANTOS, R. Inovação e conhecimento organizacional: um mapeamento bibliométrico das publicações científicas até 2009. *XXXIV encontro da ANPAD, Rio de Janeiro*, 2010.
- 69 MARIANI, C. A. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. *INMR-Innovation & Management Review*, v. 2, n. 2, p. 110–126, 2005.
- 70 GOMES, L. G. dos S. Reavaliação e melhoria dos processos de beneficiamento de não tecidos com base em reclamações de clientes. *Revista Produção Online*, v. 6, n. 2, 2006.
- 71 OLIVEIRA, J. Ricardo Abreu de. Utilização do fluxograma de processo para diagnóstico e integração da cadeia logística "supply chain management". Universidade Federal de Pernambuco, 2002.
- 72 TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. *Ciências & Cognição*, v. 12, p. 72–85, 2007.

- 73 TAMPOGRAFIA. <<https://www.oscarflues.com.br/tampografia/>>. Accessed: 2018-10-09.
- 74 VALMIKI, P. et al. A study on simulation methods for agv fleet size estimation in a flexible manufacturing system. *Materials Today: Proceedings*, Elsevier, v. 5, n. 2, p. 3994–3999, 2018.
- 75 FERRARI, G.; CORINNA, A. Application of an agv system for material handling to a cellular manufacturing environment: the valeo case. 2018.
- 76 BERMAN, S.; SCHECHTMAN, E.; EDAN, Y. Evaluation of automatic guided vehicle systems. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Elsevier, v. 25, n. 3, p. 522–528, 2009.
- 77 RAJOTIA, S.; SHANKER, K.; BATRA, J. Determination of optimal agv fleet size for an fms. *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis, v. 36, n. 5, p. 1177–1198, 1998.
- 78 YIFEI, T. et al. An estimate and simulation approach to determining the automated guided vehicle fleet size in fms. In: IEEE. *Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 2010 3rd IEEE International Conference on*. [S.l.], 2010. v. 9, p. 432–435.

ANEXO I - LISTA DE REVISTAS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

1. AÇÃO ERGONÔMICA
2. ADVANCED MATERIALS LETTERS
3. ADVANCES IN MATERIALS SCIENCE AND INFORMACIÓN TECNOLÓGICA
4. INGENIARE. REVISTA CHILENA DE INGENIERÍA
5. INGENIERÍA ELECTRÓNICA, AUTOMÁTICA Y COMUNICACIONES - RIELAC
6. INGENIERÍA INDUSTRIAL
7. JISTEM - JOURNAL OF INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY MANAGEMENT
8. JOURNAL OF APPLIED RESEARCH AND TECHNOLOGY
9. JOURNAL OF ENGINEERING STUDIES AND RESEARCH - JESR
10. JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT
11. JOURNAL OF MANUFACTURING SCIENCE AND ENGINEERING
12. JOURNAL OF MICROWAVES, OPTOELECTRONICS AND ELECTROMAGNETIC APPLICATIONS
13. JOURNAL OF REMANUFACTURING
14. JOURNAL OF TECHNOLOGY MANAGEMENT & INNOVATION – JOTMI
15. LATIN AMERICAN JOURNAL OF SOLIDS AND STRUCTURES
16. MATÉRIA (RIO DE JANEIRO)
17. THE OPEN AUTOMATION AND CONTROL SYSTEMS JOURNAL
18. PESQUISA & DESENVOLVIMENTO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
19. PESQUISA OPERACIONAL = REVISTA BRASILEIRA DE PESQUISA OPERACIONAL
20. PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO
21. PRODUÇÃO ONLINE
22. PRODUCT: MANAGEMENT & DEVELOPMENT

23. PRODUCTION (SÃO PAULO)
24. PRODUTO & PRODUÇÃO
25. RCT – REVISTA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
26. REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
27. REVISTA BRASILEIRA DE QUALIDADE DE VIDA
28. REVISTA BRASILEIRA DE SAÚDE OCUPACIONAL
29. REVISTA CIÊNCIAS ADMINISTRATIVAS
30. REVISTA CNT – TRANSPORTE ATUAL
31. REVISTA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA
32. REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA
33. REVISTA ELETRÔNICA DE MATERIAIS E PROCESSOS (REMAP)
34. REVISTA ELETRÔNICA EM GESTÃO, EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA AMBI-
ENTAL – REGET/UFMS
35. REVISTA ELETRÔNICA PRODUÇÃO & ENGENHARIA
36. REVISTA GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas
37. REVISTA GESTÃO INDUSTRIAL
38. REVISTA IBERO-AMERICANA DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS
39. REVISTA LOGWEB
40. REVISTA O MUNDO DA USINAGEM
41. REVISTA PORTUÁRIA ECONOMIA & NEGÓCIOS
42. REVISTA PRODUÇÃO ONLINE
43. REVISTA PRODUTO & PRODUÇÃO
44. REVISTA SISTEMAS & GESTÃO
45. TN PETRÓLEO
46. WASTE MANAGEMENT : INTERNATIONAL JOURNAL OF INTEGRATED
WASTE MANAGEMENT,SCIENCE AND TECHNOLOGY
47. WATER SA

ANEXO II - SÍMBOLOS E ÍCONES DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Os ícones e símbolos são classificados de acordo com três categorias: fluxo de material, fluxo de informação e ícones gerais. A seguir uma tabela para cada uma destas categorias apresenta uma ilustração, o nome e uma breve descrição (Adaptado Rother e Shook [1]):


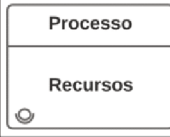
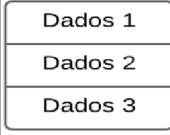



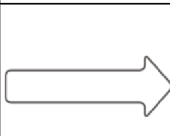
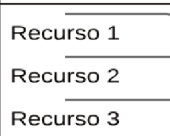


| Ilustração | Nomenclatura | Descrição |
|---|--|---|
|  | Fontes Externas | Mostrar clientes, fornecedores e processo de manufatura externos (terceirizados). |
|  | Processo | Equivalente a uma área de fluxo contínuo, toda vez que o fluxo for interrompido uma nova caixa é adicionada. Todos os processos devem ser nomeados, também por departamentos. |
|  | Caixa de dados | Para registrar as informações. Ao longo do fluxo é necessário coletar e armazenar dados, sendo assim uma caixa de dados é necessário. |
|  | Estoque | Para registrar quantidade e tempo do estoque em determinada local. Para indicar tais locais é utilizado um triângulo de aviso, para chamar atenção para o local e a quantidade do produtos parados. |
|  | Entregas | Anotar a frequência das entregas. |
|  | Movimento de produção de material empurrado | Mostrar material que é produzido e movimentado antes do próximo processo precisar (empurrado), normalmente baseado em uma programação. |
|  | Movimento de produtos finalizados | Representar o movimento de materiais para o cliente. |
|  | Supermercado | Mostrar o estoque controlado das partes que são utilizados para programar a produção do processo (puxar produção do processo). |
|  | Retiradas | Mostrar materiais sendo retirados (puxados). |
|  | Transferência de material controlada de acordo a lógica FIFO (primeiro a entrar, primeiro a sair) | Mostrar um dispositivo para limitar a quantidade e assegurar um fluxo do tipo FIFO. |

Figura 15 – Fluxo de material.


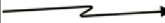




| Ilustração | Nomenclatura | Descrição |
|--|---------------------------------------|---|
|  | Fluxo de Informação Manual | Apontar o fluxo manual de informação. |
|  | Fluxo de Informação Eletrônica | Apontar o fluxo eletrônico de informação. |
|  | Informação | Descrever o fluxo de informação. |
|  | Kanban de Produção | Cartão para dizer a um processo o que e o quanto, e dar permissão para produzir. |
|  | Kanban de Retirada | Cartão para indicar o qual e o quanto de material retirar (de um supermercado para um processo) |
|  | Verificar | Verificar o estoque para ajustar o cronograma de produção. |

Figura 16 – Fluxo de informação.


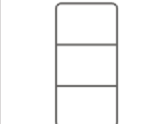
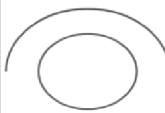
| Ilustração | Representação | Descrição |
|---|-----------------------------|---|
|  | Alerta Kaizen | Mostrar necessidade de Kaizen (melhoria) para alcançar o fluxo de valor estimado. |
|  | Estoque de segurança | Apontar local de estoques de segurança. |
|  | Operador | Representar um operador. |

Figura 17 – Ícones gerais.