

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

VICTOR SANT'ANNA MAGALHÃES GOMES

O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR COMO
MECANISMO DE APERFEIÇOAMENTO NO PROCESSO
PRODUTIVO EM UMA FÁBRICA DE ELETRODOS
REVESTIDOS

ITUIUTABA

2019

VICTOR SANT'ANNA MAGALHÃES GOMES

O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR COMO
MECANISMO DE APERFEIÇOAMENTO NO PROCESSO
PRODUTIVO DE UMA FÁBRICA DE ELETRODOS
REVESTIDOS

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Curso de Engenharia de
Produção da Universidade Federal de
Uberlândia, como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheiro de
Produção

Área de concentração: Lean
Manufacturing.

Orientador: Dr. Lucio Abimael Medrano
Castillo

ITUIUTABA

2019

O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR COMO
MECANISMO DE APERFEIÇOAMENTO NO PROCESSO
PRODUTIVO DE UMA FÁBRICA DE ELETRODOS
REVESTIDOS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Universidade Federal
de Uberlândia, como requisito parcial
para a obtenção do título de
Engenheiro de Produção.

Ituiutaba, 10 de dezembro de 2019.

Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo, UFU

Prof. Dr. Ricardo Batista Penteado, UFU

Prof. Dr. Rafael Romão da Silva Melo, UFU

*A todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão
próximos de mim, fazendo esta vida
valer cada vez mais a pena.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por tudo de bom que aconteceu na minha vida até agora e que ainda com certeza irá acontecer, também por ter me dado força para superar todos os obstáculos que surgiram e protegendo de tudo que ainda irá acontecer.

Aos meus pais – Wagner Gomes e Lucienne Sant’Anna Magalhães Gomes - por toda força, apoio e ensinamentos que fizeram de mim a pessoa que sou hoje.

A minha namorada – Maiara Pizeta - por todo apoio, carinho e compreensão durante essa jornada compartilhada na Universidade Federal de Uberlândia.

A minha irmã - Heloisa – por todo o companheirismo e paciência apesar de morar a mais de 1500 km.

Meus avós queridos – Helandyr e Maria – por me amar incondicionalmente e construir uma família com valores e princípios inigualáveis.

Agradeço aos meus companheiros de república - Arthur, Filipe, Matheus, Henrique, Danilo, Lucas e Guilherme - pelo carinho, amizade e apoio que me deram durante todo esse período que estivemos juntos. Amizade eterna.

A meu orientador – Lucio Abimael Medrano Castillo – por todo apoio e orientação dado para a realização desse Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos professores da FACES por tudo que me ensinaram durante minha vida acadêmica na UFU.

Finalmente agradeço ao proprietário da empresa estudada, por ter disponibilizado sua empresa para estudo, além dos esclarecimentos prestados para o desenvolvimento desse trabalho.

*O pessimista vê dificuldade em cada oportunidade;
o otimista vê oportunidade em cada dificuldade.*

Winston Churchill

RESUMO

Os negócios estão cada vez mais desafiadores e dinâmicos, obrigando os gestores a adotarem estratégias que levem as suas organizações a criarem um diferencial competitivo frente às demandas do mercado. Esta realidade direciona as empresas para a utilização de técnicas e ferramentas que auxiliem no gerenciamento de rotina e otimização dos fluxos de produção e informação. À vista disso, o objetivo principal deste estudo é propor melhorias no processo de fabricação de eletrodo revestido, em uma fábrica localizada no interior do estado de São Paulo, contemplando três modelos (E6010, E6013 e E7018). O pilar para o desenvolvimento do trabalho foi o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e ferramentas da produção enxuta. Através do MFV é possível visualizar de maneira holística o processo, identificando as etapas que realmente agregam valor e as ferramentas do Sistema Toyota de Produção (STP) atuam como suporte na construção de melhorias e elaboração de um mapa futuro. Como solução aos problemas encontrados é proposto a utilização das seguintes técnicas: kaizen, kanban, troca rápida de ferramentas, alteração de layout, 5S, controle de qualidade, capex, segurança do trabalho, sistema de armazenagem FIFO, Jidoka, Poka-Yoke e manutenção produtiva total. Trata-se de uma pesquisa aplicada de cunho quali-quantitativo na qual foram usadas técnicas de observação, entrevista semiestruturada, pesquisa bibliográfica e documental. Visando o entendimento da operação, foram realizadas visitas a fim de interpretar as etapas da criação de valor e as variáveis que mais influenciavam no processo. Assim foi possível conhecer o processo, montar o MFV e criar modelos com as ferramentas enxutas que auxiliem o sistema produtivo.

Palavras-chave: Mapeamento do Fluxo de Valor; Eletrodo; Produção enxuta.

ABSTRACT

Business is increasingly challenging and dynamic, forcing managers to adopt strategies to create a competitive differentiation in order to market demands. This reality makes companies use tools that assist in routine management and production flow optimization. In view of this, the main objective of this study is to propose improvements in the electrode manufacturing process in a factory located at state of São Paulo, including three models (E6010, E6013 and E7018). The basis for the development of the work was the value stream mapping and lean production tools, through the VSM, it is possible to visualize the holistic way of the process identifying the steps that really add value and TPS tools that support the building of improvements and the preparation of a future map. As a solution to the problems it is proposed to use the methodologies: Kanban, quick tool change, layout change, 5S, quality control, capex, job safety, FIFO storage system, jidoka, Poka-Yoke and total productive maintenance. It is an applied research of quantitative and qualitative nature. It uses observation techniques, semi-structured interviews, bibliographic and documentary research. In order to understand the operation, visits were made to interpret the steps of value creation and the variables that most influenced the process. Through this it was possible to know the process, assemble the VSM and suggest lean tools that help the production system.

Keywords: Value Stream Mapping; Electrode; Lean production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Elementos de um sistema de produção	21
Figura 2- A casa Toyota	24
Figura 3-Mudanças e esforços necessários.....	25
Figura 4-Modelo Kanban	27
Figura 5-Classificação dos dispositivos	29
Figura 6-Exemplo de cálculo takt time.....	35
Figura 7-Etapas MFV	37
Figura 8-Comparativo Kaizen	38
Figura 9-Nível mapa do estado atual.....	39
Figura 10-Modelo de linha do tempo	41
Figura 11-Mapa do estado atual	42
Figura 12-Simbologia padrão	42
Figura 13-Gráfico de balanceamento dos operadores (GBO)	43
Figura 14-Modelo do estado futuro	45
Figura 15-Manutenção de moenda com eletrodo revestido.....	46
Figura 16-Etapas básicas de produção.....	47
Figura 17-Eletrodo revestido	48
Figura 18-Fluxograma de processos 1	53
Figura 19-Fluxograma de processos 2	53
Figura 20-Comparativo de faturamento	57
Figura 21-Representatividade da média do faturamento.....	58
Figura 22-Taxa de refugo	59
Figura 23-Takt time da produção	71
Figura 24-Mapa do estado atual	72
Figura 25-Teste de coleta dos resíduos (recupero).....	74
Figura 26-Forno e bandeja com eletrodos pré secos	75
Figura 27-Modelo de troca rápida de ferramenta	76
Figura 28-Exemplo de lock-out industrial.....	77
Figura 29-Respirador industrial.....	77
Figura 30-Modelo FIFO com as bandejas de eletrodos.....	78
Figura 31-Cartão sinalizador	78
Figura 32-Protótipo de Poka-Yoke na esteira	79

Figura 33-Modelo sensor ótimo	80
Figura 34-Mapa do estado futuro	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação	26
Tabela 2-Matéria prima	55
Tabela 3-Comparativo de volume	55

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AWS	American Welding Society
BSC	Balanced Score Card
CAPEX	Capital Expenditure
EPI	Equipamento de proteção individual
FIFO	First in First out
GBO	Gráfico de Balanceamento de Operadores
JIT	Just-In-Time
MFV	Mapa do Fluxo de Valor
PCP	Planejamento e Controle da Produção
STP	Sistema Toyota de Produção
TC	Tempo de Ciclo
TPM	Manutenção Produtiva Total
TR	Tempo de Troca
TRF	Troca Rápida de Ferramentas
VSM	Value Stream Mapping
WIP	Work in Process

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	<i>Contextualização e justificativa</i>	15
1.2	<i>Objetivo da pesquisa</i>	17
1.2.1	Objetivo geral	17
1.2.2	Objetivos específicos	17
1.3	<i>Procedimento metodológico</i>	17
1.4	<i>Relevância da pesquisa</i>	18
1.5	<i>Delimitação do trabalho</i>	18
1.6	<i>Estrutura do trabalho.....</i>	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1	<i>Sistemas</i>	20
2.1.1	Sistemas de produção	20
2.1.2	Sistema Toyota de Produção (STP)	22
2.1.2.1	Breve histórico	22
2.1.2.2	DNA Toyota	23
2.1.3	Os pilares do STP	23
2.1.3.1	Just in Time (JIT)	24
2.1.3.2	Jidoka	25
2.1.4	Ferramentas do STP.....	27
2.1.4.1	Kanban	27
2.1.4.2	Multiprocesso/multimáquina	28
2.1.4.3	Poka Yoke	29
2.1.5	Princípios enxutos.....	30
2.1.5.1	Princípio de valor	30
2.1.5.2	Princípio do Fluxo.....	30
2.1.5.3	Princípio do Fluxo de Valor	30
2.1.5.4	Princípio do sistema puxado	30
2.1.5.5	Princípio da perfeição	30
2.1.6	Desperdício da produção.....	31
2.1.6.1	Perda por superprodução	31
2.1.6.2	Perda por transporte.....	31

2.1.6.3	Perda por processamento.....	31
2.1.6.4	Perda por fabricação de produtos defeituosos.....	32
2.1.6.5	Perda por movimentação.....	32
2.1.6.6	Perda por estoque.....	32
2.1.6.7	Perda por espera.....	33
2.2	<i>Mapeamento do fluxo de valor</i>	33
2.2.1	Origem.....	33
2.2.2	<i>Definição</i>	33
2.2.3	Conceitos atrelados ao MFV.....	34
2.2.3.1	Lead time.....	34
2.2.3.2	Takt Time.....	35
2.2.3.3	Setup.....	36
2.2.3.4	Tempo de ciclo (TC).....	36
2.2.4	Etapas do VSM.....	37
2.2.5	Mapa do estado presente.....	39
2.2.6	Simbologia.....	42
2.2.7	Gráfico de balanceamento de operadores (GBO).....	43
2.2.8	Mapa do estado futuro.....	44
2.3	<i>A indústria de eletrodo revestido</i>	45
2.3.1	Contextualização do cenário nacional.....	45
2.3.2	Etapas básicas de produção.....	46
2.3.2.1	Controle de qualidade da produção.....	48
2.3.3	Principais eletrodos.....	48
3	MÉTODOS DE PESQUISA	49
3.1	<i>Caracterização da pesquisa</i>	49
3.2	<i>Técnicas de coleta de dados</i>	50
3.3	<i>Técnicas de análises de dados</i>	51
3.4	<i>Procedimentos metodológicos</i>	51
4	RESULTADOS	52
4.1	<i>Caracterização da empresa estudada</i>	52
4.2	<i>Problemática empresarial</i>	52
4.3	<i>Premissas gerais de produção</i>	54
4.3.1	Critérios de padronização na coleta de dados.....	54

4.3.2	Relacionamento com fornecedores e clientes	54
5	ELABORAÇÃO DO MAPA ATUAL	57
5.1	<i>Definição da família a ser mapeada.....</i>	57
5.1.1	Identificar cadeia de valor	59
5.1.2	Work in process (WIP)	60
5.2	<i>Detalhamento das atividades de produção</i>	60
5.2.1	Pesagem de minério	60
5.2.2	Cortadeira	62
5.2.3	Produção de massa.....	63
5.2.4	Briquetadora.....	64
5.2.5	Extrusora.....	65
5.2.6	Pré-secagem	67
5.2.7	Secagem.....	68
5.2.8	Embalagem	69
5.3	<i>Takt time</i>	70
5.4	<i>Cálculo da linha do tempo.....</i>	71
5.5	<i>Mapa atual.....</i>	72
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	73
6.1	<i>Melhorias identificadas.....</i>	73
6.1.1	Kaizen e 5S na extrusão	73
6.1.2	Controle de qualidade na extrusão	74
6.1.3	Mudança de layout na pré secagem.....	74
6.1.4	Kanban e CAPEX na cortadeira	75
6.1.5	Troca rápida de ferramentas na cortadeira.....	76
6.1.6	EPI, lock-out e purgador na produção de massa seca e úmida	76
6.1.7	Sistema de armazenagem FIFO na pré secagem	78
6.1.8	Poka yoke na extrusora	79
6.1.9	Automação no controle de qualidade (nova função).....	79
6.1.10	Total Poductive Maintenance (TPM) na Briquetadora	80
6.2	<i>Mapa do estado futuro</i>	81
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
7.1	<i>Conclusão</i>	82
7.2	<i>Trabalhos futuros</i>	83

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e justificativa

Atualmente, um dos maiores desafios das organizações é conseguir manter-se competitiva, ou seja, capaz de fidelizar clientes e manter a lucratividade. A intensa competitividade do mercado contemporâneo requer entre diversos aspectos a constante melhoria da qualidade dos produtos e aumento de produtividade, sendo assim, os recursos disponíveis devem ser aproveitados da melhor maneira possível, fazendo com que a relação de recursos empregados e resultados alcançados seja maximizada (CARVALHO; 2011).

O século XXI pode ser definido como o marco inicial dessa mudança de concepção sobre o gerenciamento, esta nova percepção vem sendo difundida realçando um ponto vital dentro das organizações industriais: o planejamento racional das atividades manufatureiras; uma arma competitiva (ANTUNES, 2008). Desta forma, a indústria moderna tem como desafio encontrar métodos, ferramentas, sistemas, técnicas e filosofias que as permitam melhorar seus processos fabris com o propósito de alcançar a supremacia competitiva frente ao mercado, associando produtividade com flexibilidade, definindo assim quais processos produtivos que realmente agregam valor aos produtos (WOMACK; JONES, 2004).

Um dos setores integrado a esse novo pensamento é o de eletrodos revestidos. No ano de 1865 um inglês chamado Wilde conquistou a primeira patente de soldagem por arco elétrico, ele juntou com êxito duas peças de ferro fundido circulando uma corrente elétrica em ambas as amostras, gerando uma solda por fusão. Desde então essa técnica vem sendo aprimorada, buscando manter seu posicionamento no mercado, perante as inovações que surgem de outros processos, que já totalizam mais de cinquenta (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2005).

No Brasil a soldagem com eletrodo revestido é amplamente utilizada em segmentos de estruturas metálicas e de reparo de peças, podendo ser aplicada em superfícies que variam de 3 mm até 40 mm. As grandes vantagens deste tipo de técnica sobre os demais processos de junção consistem na sua versatilidade e baixo custo de operação. As desvantagens do processo são a baixa produtividade e o grande volume de gases gerados durante a soldagem (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2005).

O setor sucroalcooleiro brasileiro é um dos responsáveis por grande parte do consumo desse material, segundo dados fornecidos pela companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019) a projeção de moagem para a safra de 2019/2020 é de 645,16 milhões de toneladas. O papel do eletrodo revestido nesse segmento é o de recuperação das moendas de cana de açúcar, especificamente nos frisos dos rolos, aumentando o poder de arraste e, conseqüentemente, sua produtividade e vida útil. As indústrias optam por este tipo de reparo devido a viabilidade econômica, uma vez que é inviável adquirir uma moenda nova a cada safra.

O mercado nacional de produção desse consumível é caracterizado por apresentar uma grande diversidade de indústrias e marcas, resultando em uma concorrência expressiva. Uma grande parcela das vendas é dominada por multinacionais como a ArcelorMittal, Belgo, ESAB, Voestalpine e Vonder, desta forma, é de suma importância que as fábricas menores tenham um esquema de produção interno estruturado corretamente, evitando desperdícios, ociosidade e custos, somente através desse planejamento que elas conseguem concorrer com as fábricas maiores em determinados nichos do comércio (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2005).

Nesse contexto esse trabalho aborda a realidade empresarial de uma fábrica no interior do estado de São Paulo, inserida na indústria de produção de eletrodos revestidos, que conforme apresentado em parágrafos anteriores apresenta algumas barreiras e limitações. A empresa necessita de uma melhoria na sua operação; algumas máquinas trabalham no limite de sua capacidade e outras operam com um rendimento inferior a cinquenta por cento, gerando estoque entre os processos. O retrabalho ocorre em diversos momentos, devido à falta de controle de qualidade dos produtos e o fluxo de materiais e informações não é interligado de forma eficiente.

Através do entendimento do Sistema Toyota de Produção e visando a melhoria da gestão desta empresa, uma ferramenta ganhou destaque, o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). Womack e Jones (1996) ressaltam que o MFV é a etapa mais importante para uma transformação enxuta e por isso ela foi escolhida como base para o desenvolvimento deste trabalho.

1.2 Objetivo da pesquisa

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho visa mapear a realidade atual de produção de eletrodos revestidos em uma pequena empresa, localizada no interior do estado de São Paulo e propor melhorias sob a perspectiva dos sistemas enxutos de produção.

1.2.2 Objetivos específicos

- Construir o mapa atual do fluxo de valor;
- Identificar atividades que realmente agregam valor;
- Aprimorar fluxo de informações e materiais;
- Construir o mapa futuro do fluxo de valor;
- Propor a eliminação desperdícios;
- Propor a eliminação de custos, despesas e gastos desnecessários.

1.3 Procedimento metodológico

A pesquisa adotada no presente trabalho é de natureza aplicada, visto que visa construir conhecimentos para uso prático, coordenados à solução de problemas específicos. Abrangendo verdades e interesses locais.

O problema deste trabalho pode ser definido como quali-quantitativo, porque pressupõe uma análise dialética que permita notar que ambos os métodos podem ser trabalhados em conjunto, trazendo informações que se complementam, favorecendo para uma compreensão mais abrangente da realidade posta (MINAYO; GOMES, 2012).

O objetivo do estudo é definido como descritivo, pois esse tipo de estudo pretende retratar os fatos e fenômenos de determinada realidade (TRIVIÑOS, 1987).

Já o procedimento metodológico adotado é o estudo de caso, que transcorre de acordo com uma visão interpretativa, que busca assimilar como é o mundo do ponto de vista dos integrantes, ou uma perspectiva pragmática, que objetiva simplesmente expor uma perspectiva geral, tanto quanto possível completa e coerente, do objeto de estudo do ponto de vista do investigador (FONSECA, 2002).

1.4 Relevância da pesquisa

No âmbito empresarial a aplicação do MFV acontece em uma realidade específica dentro da indústria de eletrodos e isso irá auxiliar a empresa estudada e outras do mesmo segmento. Além disso, o pensamento *Lean* será difundido, possibilitando que as organizações conheçam as diversas ferramentas atreladas a essa filosofia, promovendo um melhoramento da indústria em modo nacional.

Já no âmbito acadêmico este trabalho ajuda na melhor compreensão da ferramenta MFV, aporta com mais um estudo de caso real de aplicação *Lean* e servirá como apoio e pesquisa em trabalhos futuros.

1.5 Delimitação do trabalho

O trabalho é composto a partir do conhecimento de que um sistema de produção é uma peça integrante e ordenada com as metas de uma empresa. Uma cadeia de valor é todo ato (agregando valor ou não) essencial para um produto passar por todos os fluxos fundamentais de produção, que são: o fluxo de produção desde a matéria-prima até o consumidor, e o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento.

A produção enxuta possui técnicas e princípios aplicados em toda cadeia de valor e em qualquer área da empresa, por isso o estudo de caso foi previamente delimitado.

Como inicialmente os conceitos nasceram no chão de fábrica, isto é, na manufatura, essa foi a delimitação definida ao trabalho. O estudo de fluxo de valor restringiu-se ao processo, mais estritamente, do almoxarifado até a expedição. Os métodos e fluxos dentro do almoxarifado e da parte de suprimentos não constituem o escopo deste trabalho. Dessa forma, não foram propostas ações de aperfeiçoamento no fluxo de valor para o almoxarifado, pois as ações não estariam ligadas à fabricação, e sim, à cadeia de abastecimento. Seriam ações pertinentes a: fornecedores e *lead time* envolvendo o tipo de transporte.

À vista disso, o método proposto analisa o sistema de produção até o nível do fluxo de processos limitado à área de manufatura.

1.6 Estrutura do trabalho

A organização do presente trabalho está estruturada conforme descrito a seguir:

- Capítulo 1: Apresenta a introdução ao tema, os objetivos, procedimentos metodológicos e classificação da pesquisa.
- Capítulo 2: Apresenta a revisão da literatura, onde foram pesquisados assuntos inerentes ao tema discutido e serão utilizados como fundamento teórico para a composição do modelo proposto.
- Capítulo 3: Exemplifica os métodos de pesquisa.
- Capítulo 4: Demonstra os resultados obtidos com a coleta de dados.
- Capítulo 5: Apresenta o mapa atual e o modelo proposto utilizando a ferramenta mapeamento de fluxo de valor, em uma fábrica de eletrodos revestidos.
- Capítulo 6: Apresenta as conclusões da pesquisa, através do mapa futuro e ferramentas enxutas.
- Capítulo 7: São mencionadas as obras utilizadas como referências bibliográficas para a elaboração desta pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Seção destinada a revisão de literatura, apresentando os principais referenciais teóricos que contribuíram para o desenvolvimento do tema. Demonstrando a relevância e contribuição do assunto para a sociedade.

2.1 Sistemas

Segundo Alvarez (1990) um sistema pode ser definido, como um composto de partes interagentes e interdependentes, isto é, dinamicamente correlacionados, que, quando agrupadas, formam um todo unificado, efetuando uma tarefa ou função para conquistar as metas e propósitos estabelecidos (finalidade do sistema).

Chiavenato (1983) amplia o conceito e afirma que um sistema é composto pela união de processos, o qual pode ser entendido como um conjunto estruturado de atividades para se realizar uma operação qualquer, de modo que haja a transformação de insumos (entrada) e a partir da adição de valor a estes através de procedimentos, são transformados em bens e serviços (saída), buscando atender a um cliente interno ou externo.

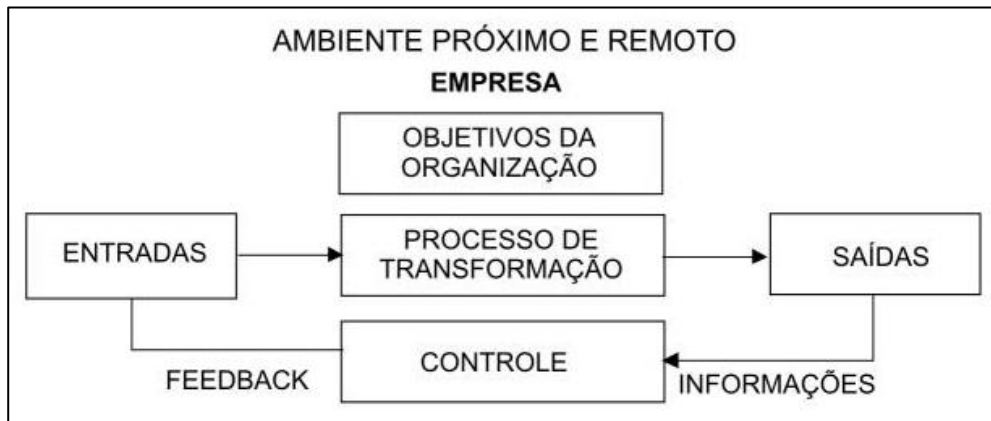
2.1.1 Sistemas de produção

Definimos “Sistema de Produção”, como a união de operações comprometidas na produção de bens (caso de indústrias) ou serviços. O sistema de produção é um meio abstrato, todavia é muito útil para dar uma ideia da amplitude e particularidades de uma rede (MOREIRA, 2000).

O sistema de produção não deve funcionar isoladamente. Ele deve se nortear através das constantes mudanças de cenários, internamente e externamente à empresa, que podem afetar seu desempenho.

A sua essência consiste em converter insumos (entradas), através de um subsistema de transformação em produtos, paralelamente a um subsistema de controle (MOREIRA, 2000). Este modelo está exemplificado abaixo na Figura 1.

Figura 1-Elementos de um sistema de produção



Fonte: Adaptado de Moreira (2000)

A visão tradicional separa os sistemas de produção em três grandes categorias:

- Sistemas de produção contínua ou de fluxo em linha;
- Sistema de produção por lotes ou por encomenda (fluxo intermitente);
- Sistemas de produção de grandes projetos sem repetição.

A primeira categoria refere-se aos processos de produção contínua, conhecido também pelo termo de “produção em massa”. Neste modelo os produtos são padronizados e fluem de um posto de trabalho para outro em uma sequência metódica. De forma geral, este modelo é caracterizado pela alta eficiência e inflexibilidade (SLACK *et al.*, 2002).

Em relação a segunda categoria, podemos ressaltar que é um processo realizado através de lotes, ou seja, ao término da fabricação de um determinado lote de um produto é iniciado uma nova operação, porém com itens diferentes. Este processo é caracterizado pelo arranjo físico funcional, flexibilidade operacional, dificuldade com controle dos estoques e programação da produção (SLACK *et al.*, 2002).

Por último, entende-se por sistemas de produção de grandes projetos sem repetição, como um modelo único, que não necessariamente conta com um fluxo de produtos, geralmente apresentam uma longa duração, alto custo e dificuldade gerencial no planejamento e controle (SLACK *et al.*, 2002).

Em contrapartida com a visão tradicional, um modelo conhecido como Sistema de Produção Enxuta foi desenvolvido na década de 50, propondo uma nova dinâmica. Este conceito surgiu mediante a necessidade de inovação e a acirrada adaptação das organizações ao mercado, forçando estas a buscarem métodos mais eficazes para os seus modelos de transformação.

2.1.2 Sistema Toyota de Produção (STP)

Alterações econômicas advindas desde o início da produção industrial têm remodelado os alicerces da produtividade e da rivalidade fabril no mundo. Motivos como qualidade e credibilidade do produto, flexibilidade no atendimento às exigências do mercado e agilidade são apontados como as novas características de triunfo institucional (SLACK *et al.*, 2002).

Motivados pela busca incessante em atender estas exigências, as empresas criam novos processos de estruturação, externamente, cuidando da relação com os *stakeholders*, quanto internamente, relacionadas às suas práticas de gestão e controle, principalmente nas suas linhas de produção, que é um dos fatores básicos que forma o custo do produto.

Um dos sistemas de produção que mais tem se sobressaído atualmente entre as organizações integradas ao século da otimização é a Produção Enxuta (PE) ou Sistema Toyota de Produção (STP), devido à busca permanente nestas organizações por alinhar as novas tecnologias de produção com práticas como autonomia, qualidade total e *Just-in-Time* (DUARTE *et al.*, 2011).

2.1.2.1 Breve histórico

No início do século XX, ocorreu uma cadeia de eventos que fizeram com que a fábrica automobilística Toyota Motor Company se encontrasse próxima a falência. Devido ao regime militar, a companhia não conseguiu produzir carros de uso pessoal, passando a fabricar somente caminhões, com técnicas obsoletas, no malsucedido esforço de Guerra. No término de 1949, houve uma queda elevada nas vendas, o que gerou a demissão de grande parte dos operários. Em 1950, a Toyota havia produzido somente 2.685 automóveis enquanto a fábrica Rouge da Ford produzia 7.000 automóveis por dia (WOMACK *et al.*, 2004).

Ainda no ano de 1950, um jovem japonês chamado Eiji Toyoda saiu para uma jornada com o intuito de visitar as fábricas da Ford, onde teve um contato direto com a produção em larga escala. Após examinar e estudar a planta Rouge da Ford, Eiji percebeu que era possível otimizar o sistema de produção da Toyota, todavia, notou que seria de fato impossível copiar e aprimorar o modelo da Ford. Isto porque a produção em massa praticada pela Rouge,

reconhecida pelo elevado volume de produção, baixa variedade de produtos, produção empurrada e baixos custos operacionais, não poderia ser desenvolvida no Japão devido à situação econômica do país. Desta forma, Eiji e Taichii Ohno, já de volta ao Japão, começaram a desenvolver um novo modelo de produção, o qual nomeou como Sistema Toyota de Produção da Toyota, popularmente conhecida como sistema de produção enxuta (WOMACK *et al*, 2004).

2.1.2.2 DNA Toyota

Speare e Bowen (1999) relatam que o DNA Toyota pode ser descrito em quatro regras fundamentais. Esses procedimentos norteiam o projeto, a execução e a melhoria contínua de todas as atividades, fluxos e conexões, permitindo a entrega dos produtos e serviços, na quantidade certa, no momento desejado e no local correto. As regras são as seguintes:

Regra 1: Todos os trabalhos devem ser circunstanciados em marcos de conteúdo, sequência, tempo e resultado.

Regra 2: Todas as ligações cliente/fornecedor devem ser diretas, e deve conter um sentido inequívoco de “sim ou não” para enviar exigências e receber respostas.

Regra 3: Todos os fluxos dos produtos/serviços devem ser diretos e simples.

Regra 4: Todos os progressos precisam ser realizados em analogia com a estratégia científica, sob a orientação de um tutor e também acompanhamento de operadores do nível hierárquico mais baixo possível dentro da organização. Desta forma as atividades, as conexões e os fluxos necessitam de ensaios para apontar os problemas automaticamente. É a resposta contínua as dificuldades que torna esse sistema aparentemente rígido, tão flexível e adaptável a circunstâncias versáteis.

2.1.3 Os pilares do STP

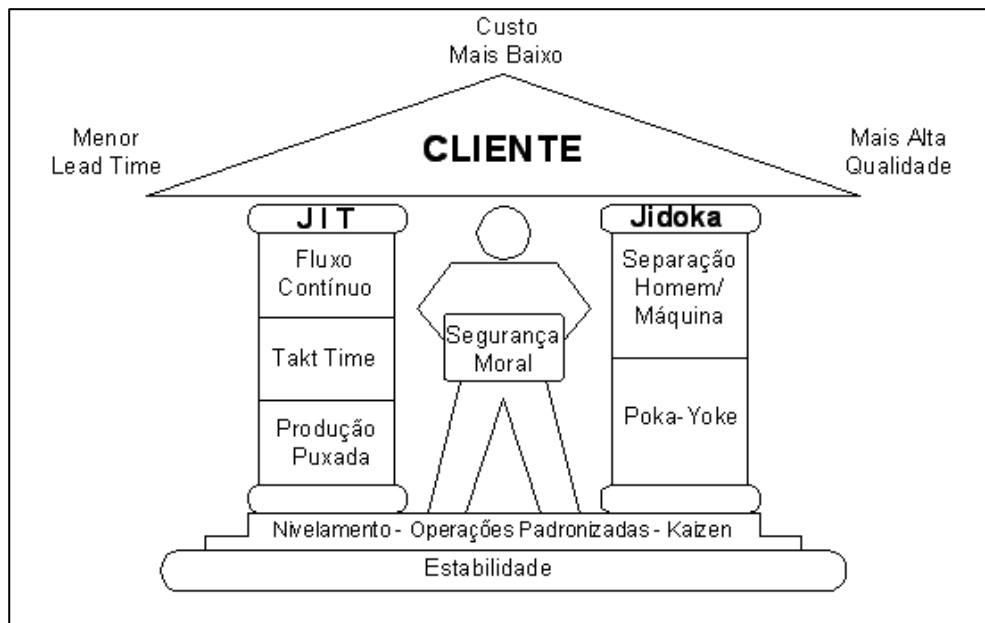
Liker (2019) afirma que um fluxo ininterrupto da produção e um know-how sobre às variações de demanda em quantidades e variedade é formado pela obtenção dos princípios: *Just-in-Time* e *Jidoka*(autonomação).

O Sistema Toyota de Produção (STP) ganhou prestígio nos meios universitários devido ao grande impacto do *Just-in-Time* (JIT) sobre os meios de fabricação atual. Contudo compreender o STP sendo basicamente o JIT demonstra uma percepção limitada de sua verdadeira capacidade.

Shingo (1996) amplia o conceito e também admite que o JIT e o *Jidoka* se consolidaram como alicerces do STP, todavia, ele declara que os verdadeiros pilares do sistema são o “não-estoque” e a “redução do homem/hora”. O JIT e a Autonomia seriam as estratégias utilizadas para operacionalizá-los. Logo, se aplicados de maneira correta permitem a estabilidade dos processos, o nivelamento da produção, a produção puxada e a padronização dos processos.

É indispensável para o sucesso do STP que as pessoas sejam o centro deste sistema, movimentando-o (LIKER, 2019) e que sua estrutura (JIT e autonomia) seja forte e muito enraizada na cultura da empresa (OHNO, 1997). Como podemos ver na Figura 2.

Figura 2- A casa Toyota



Fonte: Adaptado de Ohno (1997)

2.1.3.1 Just in Time (JIT)

O JIT (*Just-in-Time*) é um modelo que tem por finalidade produzir a quantidade demandada a uma qualidade impecável, sem excesso e de forma rápida, encaminhando o produto para o lugar certo no tempo desejado (HALL, R. W., 1983).

Segundo Rowley (2007), o modelo básico do Just in Time está voltado para a redução (ou eliminação) dos ativos e operações desnecessárias no processo. Ou seja, é um modelo de produção adaptável que, de acordo com Cerra e Bonadio (2000), aperfeiçoa a racionalização dos processos, alcançada pela integração da mão de obra direta. Um conceito primordial do JIT

está em diminuir os ativos ao mínimo, esforçando-se para simplificar o processo produtivo (BRUUN; MEFFORD, 2003).

A utilização do sistema JIT requer uma perspectiva holística, onde uma sucessão de aspectos da empresa deve ser modificada. Não é exclusivamente uma questão da aplicação de uma estratégia específica, mas, antes de tudo, existe a necessidade de alterações em vários setores, alguns dos quais são requisitos para implantação da metodologia de forma eficaz. A figura 3 apresenta um esquema dos esforços necessários.

Figura 3-Mudanças e esforços necessários



Fonte: Autoria própria (2019)

2.1.3.2 Jidoka

Jidoka é uma expressão em japonês que no âmbito da filosofia do *Lean Manufacturing* quer dizer: “automatização com um toque humano”. A prática do *Jidoka* proporciona aos operadores e máquinas a possibilidade de identificar quando uma situação não conforme ocorre,

possibilitando a interrupção imediata da operação. Esta técnica é um dos pilares na introdução do pensamento enxuto e juntamente com o *Just-in-Time* constitui os dois pilares do sistema Toyota de Produção (STP). É através da utilização do *Jidoka* que é a operação consegue ter seu próprio autocontrole, livrando as máquinas da necessidade constante de atenção humana; eliminando desperdícios e melhorando a qualidade dos produtos/processos (GHINATO, 1999).

O *Jidoka* pode ser chamado também de automação (automação com inteligência humana), visto que ele determina a falha no produto/processo e interrompe a produção. Se confrontarmos a automação com a automação, é notável que a primeira é mais completa, dado que a automação atua na identificação da falha, definição sobre a forma de resolução e a execução da correção. Na Tabela 1, estão elencadas diferenças entre os dois tipos:

Tabela 1 - Comparação

Automação	Automação
Operador com controle restrito a comandos. Operador de máquina opera simultaneamente várias máquinas.	Controle realizado pela máquina com acompanhamento do operador.
Máquinas são providas de uma função de cérebro humano, ou seja, a capacidade de detectar anormalidades de forma autônoma.	Máquinas automatizadas não estão dotadas de cérebro humano.
Controle autônomo de qualidade, defeitos e quantidades em um processo. As causas dos defeitos são investigadas imediatamente, e uma ação corretiva é implementada.	O sistema cálculo a ação corretiva mais apropriada.
Produtos flexíveis, de baixo custo e qualidade superiores.	Atividade meio para melhorar a integração e a flexibilização em um processo produtivo.

Fonte: Autoria própria (2019)

2.1.4 Ferramentas do STP

2.1.4.1 Kanban

Segundo Peinado (2001) o modelo *Kanban* de suprimento demonstra algumas características na forma de coordenar os estoques de material. É uma filosofia integrada ao pensamento enxuto e quando comparada com o sistema tradicional de abastecimento, fica nítido a melhoria e otimização do processo.

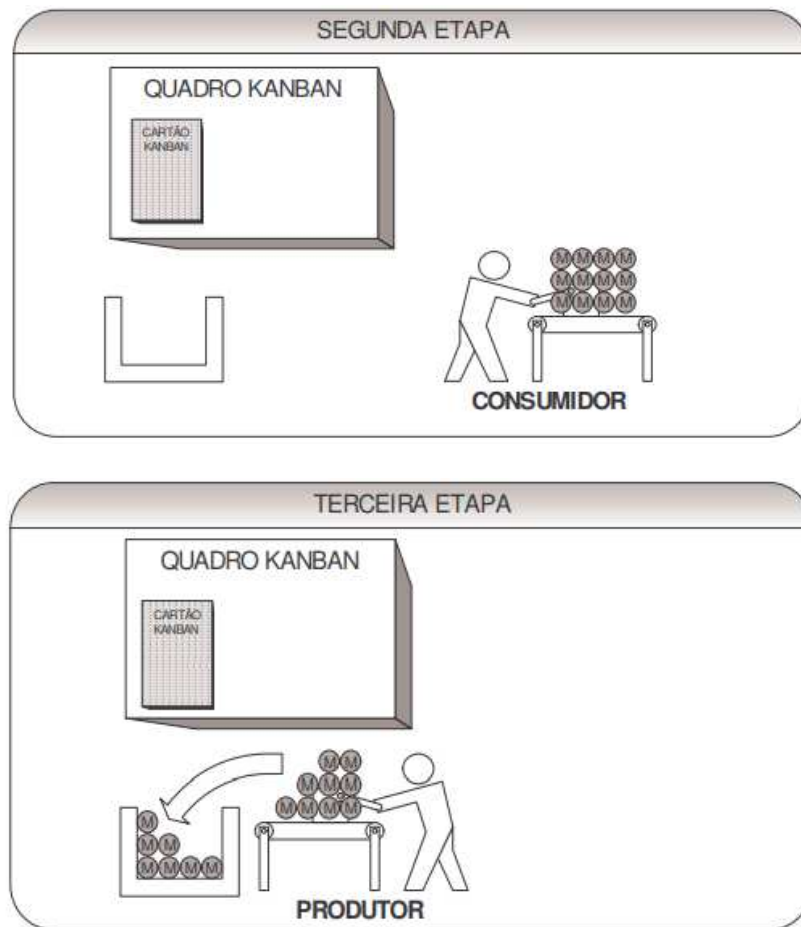
O *Kanban* necessita de um espaço físico delimitado. O sistema é comandado por uma quantidade fixa cartões, onde a quantidade de objetos próximos à linha de produção nunca poderá ser superior àquela que os cartões determinarem. Da mesma maneira que a quantidade de material não pode ultrapassar ao máximo autorizado, também não pode ser abaixo do determinado. Isto significa que a existência cartões no quadro indica que está na hora de abastecer o estoque. Tudo é feito através da gestão visual, sem necessidade de um sistema engessado (HAMMARBERG; SUNDÉN, 2014).

Se analisado com mais cautela, o *Kanban* atua como se a produção puxasse os estoques, isto é, conforme a velocidade da produção os estoques são repostos com maior ou menor agilidade (HAMMARBERG; SUNDÉN, 2014).

A Figura 4 demonstra uma forma genérica de funcionamento do sistema *Kanban* com a utilização de apenas um cartão de controle visual.

Figura 4-Modelo Kanban





Fonte: Peinado (2001)

O Kanban é uma ferramenta ótima no controle do WIP, fazendo com que seja uma ferramenta amplamente aplicada na indústria moderna.

2.1.4.2 Multiprocesso/multimáquina

Em um característico conceito de multi processo/multi máquina, o operador caminha de uma estação de trabalho para outra, pegando a peça terminada pela máquina anterior e abastecendo a máquina posterior, desta maneira, é possível eliminar os desperdícios de movimentação do operador e inúmeras tarefas podem ser combinadas, o que viabiliza trabalhar em uma célula de trabalho com o número de agentes conforme o pedido de produtos realizado pelo cliente para aquele dia, isto reduz substancialmente o número de setup por dia (FREIRE, 2011)

A implantação dessa ferramenta exige do operário um conhecimento holístico dos processos, visto que é necessária a regulação de diferentes estações de trabalho. Essa metodologia de trabalho é conhecida como *Total Productive Maintenance* (TPM), onde o operador é responsável pela manutenção e operação da sua célula de produção (OHNO, 1997).

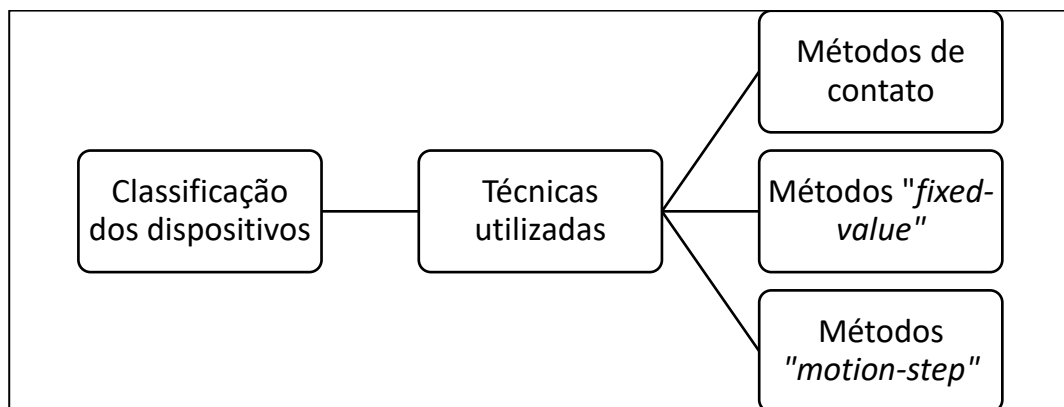
2.1.4.3 Poka Yoke

O *Poka-Yoke* é um termo japonês que significa “à prova de erros”, resume-se em um grupo de técnicas e dispositivos capazes de detectar e corrigir erros durante um processamento, antes que estas falhas se transformem em defeitos e sejam notados pelos *stakeholders* (WERKEMA, 2006).

Este conceito foi idealizado em 1996 por Shingo, analisando que os atributos de controle em um determinado produto/serviço eram conduzidos, basicamente, através de três estratégias baseadas em inspeção: inspeção informativa, inspeção por julgamento, e inspeção na fonte, ou seja, erros não se tornarão defeitos se houver *feedback* e ação corretiva no momento que estes ocorrem (WERKEMA, 2006).

Segundo Shingo (1996) os dispositivos *Poka-Yoke* devem ser classificados de acordo com as técnicas e mecanismos envolvidos, desta forma, ele os separou em três classes na Figura 5:

Figura 5-Classificação dos dispositivos



Fonte: Adaptado de Shingo (1996)

- Métodos de contato: Capazes de detectar divergências na forma ou dimensão do produto;
- Métodos “*fixed value*”: Capazes de detectar divergências em operações que possuem um número de etapas/movimentos fixos.
- Métodos “*motion-step*”: Capazes de detectar divergências em operações que possuem um padrão previamente estabelecido.

2.1.5 Princípios enxutos

Womack e Jones (2004) categorizaram o pensamento enxuto em cinco princípios fundamentais. Esses princípios procuram atender as exigências dos clientes e estão enunciados nos tópicos seguintes.

2.1.5.1 Princípio de valor

O pensamento enxuto percebe que valor é determinado pelo cliente final; é tudo aquilo que o consumidor está disposto a despendar, isto é, não é uma resolução interna da organização e é demonstrado em forma de um item específico que satisfaça o cliente em um momento específico. Em resumo podemos afirmar que a necessidade gera valor (WOMACK; JONES, 2004).

2.1.5.2 Princípio do Fluxo

Com a eliminação de desperdícios e alinhamento dos processos é viável a implantação de um fluxo contínuo, que é produzir o que o cliente necessita de forma organizada, sem que ocorram interrupções, falhas e perdas. Produzir seguindo esse modelo minimiza consideravelmente os custos de operações (WOMACK; JONES, 1998).

2.1.5.3 Princípio do Fluxo de Valor

O terceiro princípio fundamental para a inserção do pensamento enxuto é o fluxo de valor. Ele consiste no julgamento das atividades, as quais são submetidas aos produtos para a compreensão do valor, identificando as etapas que agregam valor ao produto e as que não agregam. Todavia, existe uma enorme discrepância entre o que o cliente deseja (valor) e como é o caminho para atingi-lo, o fluxo geralmente não é perfeito (SUZAKI, 1987).

2.1.5.4 Princípio do sistema puxado

Puxar a produção é fabricar o que o cliente quer no momento em que ele necessita, sem interrupções. Deste modo devemos enxergar cada processo da operação como um “consumidor” de um anterior e “fornecedor” de um posterior. Através dessa metodologia a produção só começará quando um processo futuro ou o cliente final solicitar (WOMACK; JONES, 1998).

2.1.5.5 Princípio da perfeição

A perfeição deve ser a direção das ações de melhoria. Apesar de ser algo utópico, na mentalidade enxuta a perfeição possui um caráter dinâmico e a cada estágio é estabelecido um

padrão para ela. Dessa forma, a fábrica trabalha sobre os pilares da melhoria contínua (WOMACK; JONES, 1998).

2.1.6 Desperdício da produção

Segundo Ohno (1997), os desperdícios em um processo podem ser separados em sete grupos e atualmente é o maior foco das indústrias que aplicam a filosofia *lean*. Os tópicos seguintes detalham cada grupo.

2.1.6.1 Perda por superprodução

Duas classes de desperdício de superprodução são citadas na literatura: a quantitativa, que é produzir mais produto do que o necessário e a antecipada, que significa fazer o produto antes do tempo estipulado (SHINGO, 1996). A superprodução por quantidade é uma perda não aceita no pensamento enxuto. Significa produzir além da necessidade do cliente. A superprodução por antecipação resume-se em produzir antes do momento necessário, ou seja, peças/produtos ficam estocadas esperando o momento de serem consumidas ou processadas em etapas seguintes, conhecida como Work In Process (WIP).

De acordo com o *Just-In-Time*, algumas atitudes para evitar a superprodução são: produzir somente o que é necessário no momento em que é requisitado, diminuição dos tempos de setup, maior sinergia entre produção e demanda e reestruturação de um layout de fábrica mais otimizado (CORRÊA; GIANESI, 2009).

2.1.6.2 Perda por transporte

O transporte é um processo que não agrega valor, desta maneira, deve ser encarado como uma etapa a ser eliminada. Na maioria dos casos a melhoria de transporte é limitada devido às restrições do processo e das instalações, que impõem grandes distâncias a serem percorridas pelo material durante a produção (GHINATO, 1996). Sendo assim, a melhoria de transporte deve ser feita sob a perspectiva da função produção. As propostas de melhorias mais eficazes são feitas com modificações de *layout* para reduzir e eliminar o transporte e movimentação de carga. Caso não seja possível eliminar, deve-se pensar em, ao menos, racionalizar (CORRÊA; GIANESI, 2009).

2.1.6.3 Perda por processamento

As perdas por processamento são frações do processamento que poderiam ser eliminadas sem alternar as funções básicas do produto/serviço e seus atributos. São situações em que o desempenho se encontra abaixo do estado desejado. Exemplos: baixa velocidade no

processo de extrusão de um eletrodo revestido. Uma das alternativas para eliminar este tipo de desperdício é identificar as frações que realmente agregam valor ao produto/serviço, alterando funções técnicas dos equipamentos. (CORRÊA; GIANESI, 2009).

2.1.6.4 Perda por fabricação de produtos defeituosos

O desperdício de produtos defeituosos deve ser considerado como um dos maiores desperdícios do processo, e é a consequência da manufatura de um produto com alguma característica fora da especificação. Dentre as sete perdas, essa é a mais aparente de todas, devido a capacidade de mensurar quantitativamente o prejuízo. (SHINGO, 1996a).

A produção de itens não conformes acarreta em: desperdício de materiais, disponibilidade de mão de obra, disponibilidade de equipamentos, inspeção de produtos, movimentação de materiais defeituosos, armazenagem de materiais defeituosos. Perante a isto é comum que as empresas adotem uma filosofia que utilize “dispositivos à prova de falhas”, os quais tendem a evitar erros comuns causados pelo operador (CORRÊA; GIANESI, 2009).

2.1.6.5 Perda por movimentação

As perdas por movimentação associam-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores no andamento de uma operação, podendo ser encontradas nas mais diversas operações que se executam na fábrica. A filosofia *Just-in-Time* prioriza as técnicas de estudo de tempos e métodos ao invés da automação, pois são soluções simples e de baixo custo. Contudo, se mesmo assim, a fábrica priorizar pela automação, deve-se aperfeiçoar os movimentos para, somente depois, automatizar; caso contrário, corre-se o risco de automatizar o desperdício. Normalmente esse estudo reduz os tempos de operação entre 10 a 20% (CORRÊA; GIANESI, 2009).

2.1.6.6 Perda por estoque

As perdas por estoque acontecem pela manutenção de estoques de matéria-prima, material em processamento e produtos acabados. Os estoques além de encobrirem outras formas desperdícios, refletem, também, desperdícios de espaço e capital parado. A redução deve ser executada através da eliminação das causas raízes de se manter estoques. (CORRÊA; GIANESI, 2009).

Segundo Ghinato (1996) quanto maior a variabilidade do sistema de produção maior é a necessidade da manutenção de estoques. Uma grande barreira para a sua eliminação é a visão de que o estoque é necessário, devido as variações do mercado, máquinas e operações.

Algumas alternativas para eliminar este tipo de desperdício são: sincronizar os fluxos de trabalho, realizar uma previsão de demanda e planejamento e controle de manutenção (CORRÊA; GIANESI, 2009).

2.1.6.7 Perda por espera

Para Corrêa (2012) o desperdício por espera refere-se ao material que espera para ser processado, formando filas para garantir maior taxa de utilização dos equipamentos, ou seja, advém de um período de tempo em que nem o operador ou máquina realizada uma operação ou processo.

Uma alternativa para a resolução deste tipo de desperdício é a equalização e sincronização entre processos, reduzindo ou eliminando as esperas de processos e operações. Todavia, essas escolhas têm como parâmetro a periodicidade de transporte, assim, é fundamental alterações prévias no layout (SHINGO, 1996).

2.2 Mapeamento do fluxo de valor

2.2.1 Origem

Os primeiros documentos que apresentam utilização da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor são verificados, bem como todas as outras técnicas *Lean*, na empresa automobilística, Toyota Motors Company. Elaborada originalmente concretizar a metodologia STP nos fornecedores da empresa (VIEIRA, 2006), esta ferramenta auxilia na assimilação e visualização de como o processo se manifesta em relação aos princípios enxutos, favorecendo na prática dos mesmos (GHINATO, 1996). Porém mesmo tendo sido criada na década de oitenta, este modelo só ganhou notoriedade a partir da publicação da obra de Rother e Shook (2003).

2.2.2 Definição

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), em particular, é uma ferramenta bastante interessante, e tem sido uma das mais utilizadas no universo de aplicações de produção enxuta (GHINATO, 1996).

Ferro (2008) afirma que o MFV compõe uma técnica capaz de olhar para os processos de agregação de valor horizontalmente, enfatizando as atividades, ações e conexões no sentido de criar valor e fazê-lo fluir desde os fornecedores até os clientes finais.

Segundo Rother e Shook (1999) o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é um mecanismo hábil de representar visivelmente todas as etapas envolvidas nos fluxos de material

e informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor, auxiliando na compreensão da agregação de valor, desde o fornecedor até o consumidor. Vale ressaltar que uma cadeia de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para fazer um produto passar por todos os fluxos essenciais de produção, sendo eles:

- I. O fluxo de produção desde a matéria-prima até o consumidor;
- II. O fluxo de projeto do produto, da concepção ao lançamento.

Mapeamento do Fluxo de Valor tem inicialmente a função de identificar o tempo de processo em cada célula produtiva, o espaço percorrido, as dificuldades de fabricação e os desperdícios de tempo e material. Cabe observar que a análise destes aspectos deve ser feita da forma mais fiel possível com a realidade, para que seja apresentada a verdadeira situação (ROTHER E SHOOK, 2003).

Rentes *et al.* (2004), afirmam que para mapear o fluxo de valor é preciso seguir a trilha da produção de uma família de produtos de porta a porta da planta, do consumidor ao fornecedor, para então desenhar o mapa do estado atual de seus fluxos de material e de informação. Posteriormente, elabora-se o mapa do estado futuro de como o seu valor deveria fluir, melhorando os fluxos atuais. Fazer isso repetidas vezes é o caminho mais simples para que se possa enxergar o valor e, especialmente, as fontes do desperdício. (ROTHER; SHOOK, 1999, p.4).

Constata-se que através dessas definições, o principal objetivo dessa ferramenta é alcançar uma clara visualização dos processos de manufatura, bem como alternativas eficazes de análise que auxiliem no processo de otimização do fluxo e eliminação de desperdícios, permitindo a estruturação de um estado futuro otimizado.

2.2.3 Conceitos atrelados ao MFV

2.2.3.1 Lead time

O *lead time* é o tempo total que uma peça leva para mover-se desde o começo até o fim de cada processo ou um fluxo de valor. Uma forma de determina-lo é cronometrar uma peça marcada que se move do início até o fim (ROTHER e SHOOK, 2003).

Christopher (1998) define que o lead time é o tempo necessário para que um produto evolua da concepção ao lançamento, do pedido à entrega ou da matéria-prima ao cliente e inclui o tempo de processamento e o tempo de fila.

Tubino (2009) amplia o conceito e afirma que o lead time pode ser entendido como uma medida do tempo gasto pelo sistema produtivo para transformar matérias-primas em produtos acabados. Ao acompanhar o fluxo produtivo de um item, é possível identificar, quatro grupos de tempo que compõem o lead time: esperas, que é o componente de maior peso que compõe o *lead time*, processamento, inspeção e transporte.

Rother e Shook (2003) relatam que o *lead time* está relacionado à flexibilidade do sistema produtivo em atender uma solicitação do cliente. Quanto mais rápido, ou seja, menor o tempo de transformação da matéria prima em produto final para o cliente, menor será o custo do sistema para atender as necessidades do cliente.

2.2.3.2 Takt Time

Iwayama (1997) afirma que o *takt time* é o tempo alocado para a produção de uma peça ou produto em uma célula ou linha. A ideia de ‘alocação’ de um tempo para produção pressupõe, naturalmente, que alguém ‘aloca’; o *takt time* não é dado absoluto, mas sim determinado.

O *takt time* é definido a partir da demanda do mercado e do tempo disponível para produção; é o ritmo de produção necessário para atender a demanda. Matematicamente, resulta da razão entre o tempo disponível para a produção e o número de unidades a serem produzidas (ALVAREZ E ANTUNES JR, 2001). A Figura 6 representa de forma simplificada um exemplo de cálculo do *takt time*:

Figura 6-Exemplo de cálculo takt time

<p>Takt Time: $\frac{\text{Tempo Disponível de Trabalho}}{\text{Demanda}}$</p>
<p>Tempo Disponível de Trabalho = Horas de Trabalho – Paradas Planejadas</p>
<p>Fábrica de pino:</p> <p>Trabalha 1 Turno de 480min. por dia.</p> <p>Possui 60 minutos de parada para almoço + 2 x 20 minutos para limpeza e manutenção dos equipamentos:</p> <p>Demanda diária de 1000 peças.</p> <p>Takt Time = $(480-60-(2*20))/1000 = 0,38\text{min.} = 22,8 \text{ segundos.}$</p>

O foco dessa ferramenta é evitar que a produção tenha grandes variações ao longo do tempo, ou seja, que ocorram períodos de superprodução e grandes intervalos de ociosidade. A aplicação do *takt time* permite distribuir a demanda durante o período de trabalho, garantindo maior eficiência no ritmo de manufatura.

2.2.3.3 Setup

O *setup* é basicamente o tempo entre a última peça de uma produção até o início da produção da primeira peça dentro das especificações do novo produto. O tempo de troca é um dado importante, pois muitas vezes ele é a razão da produção em grandes lotes e a existência de grandes estoques em processo e produto acabado.

O conceito de *setup* pode ser definido como todas as tarefas necessárias desde quando completou a última peça do lote anterior até que se tenha feita a primeira peça do lote posterior (MOURA 1996). Em outras palavras o *setup* pode ser interpretado como sendo aquelas tarefas necessárias e relativas às atividades de preparação de um equipamento, desde o momento em que se tenha completado a última peça boa do lote anterior até o momento em que se tenha feito a primeira peça boa do lote posterior.

2.2.3.4 Tempo de ciclo (TC)

O Tempo de Ciclo (TC) corresponde ao tempo para se fabricar um produto dentro de uma estação de trabalho, levando em conta a hora de início da primeira atividade até a operação estar totalmente completa. Devemos considerar que o tempo de produção efetivo por turno é o tempo do início ao final do turno, desconsiderando as pausas programadas, ou seja, é o tempo de processamento de um produto. A equação (1) exemplifica este conceito (TAPPING et al., 2002).

$$TC = \frac{\text{tempo de produção efetiva por turno}}{\text{produção por posto de trabalho por turno}} \quad (1)$$

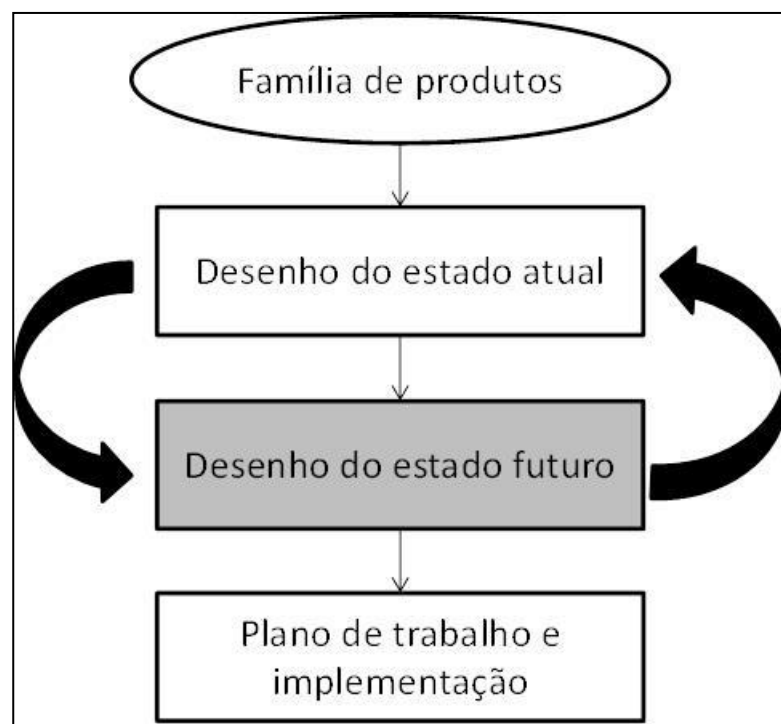
Vale ressaltar que o tempo de ciclo da operação mais demorada é igual à taxa de peças que é produzida pela linha, isto é, a operação com o tempo de ciclo mais alto da linha, influência diretamente a eficácia dos processos (MORTIMER, 2006).

Segundo Ferro (2005) o tempo de ciclo é uma medida bem simples, quanto a sua coleta, entretanto costuma ser vista com ceticismo pelos gestores integrados aos modelos de produção tradicionais.

2.2.4 Etapas do VSM

O propósito do MFV segundo Rother e Shook (2003) é retratar e descrever um cenário em que exista uma cadeia produtiva onde todos os processos singulares encontrem-se unidos aos seus respectivos clientes por meio de um fluxo ininterrupto ou de uma produção puxada, com o cliente final “puxando” o produto, propiciando desta maneira à interpretação do que fazer e quando. Para atingir este objetivo, os autores Rother e Shook (2003) apresentaram um ciclo constituído por quatro etapas descrito na Figura 7. As etapas sugeridas direcionam as práticas a serem executadas desde o começo da implantação até o instante onde a metodologia se torna um elemento chave para garantir a melhoria contínua. Obtendo assim uma análise constante do estado atual e a consequente representação do estado futuro.

Figura 7-Etapas MFV



Fonte: Rother e Shook (2003)

É indispensável que estes quatro passos sejam executados conforme apresentado por Rother e Shook (2003), visto que, apenas se aplicados nesta sequência eles são capazes de gerar as vantagens que a metodologia pode proporcionar. Seja qual for a troca na ordem desses

processos ou qualquer passo que seja excluído certamente fará com que a ferramenta não conceda os resultados esperados.

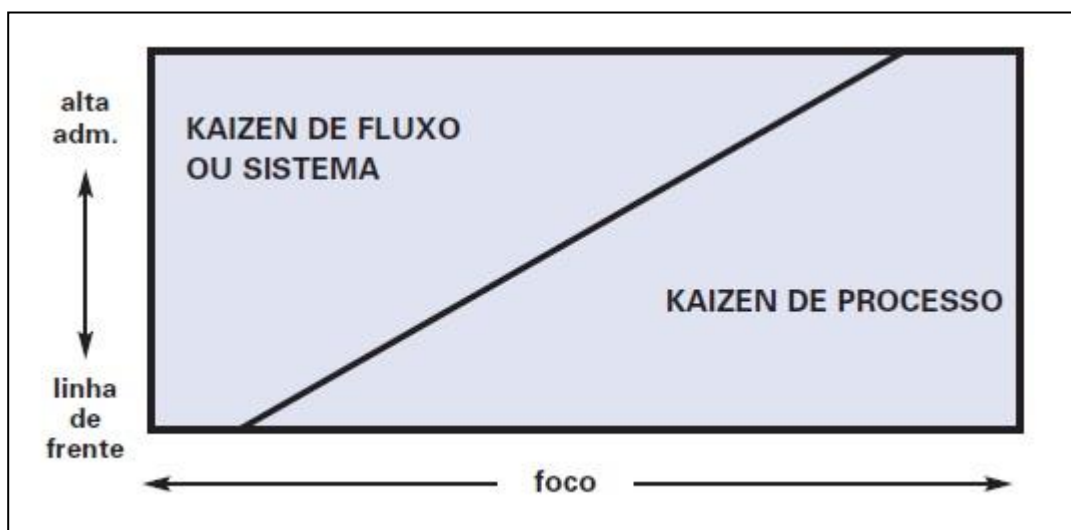
Na primeira etapa do MFV é fundamental que uma família de produtos seja definida para a aplicação, em virtude de que os clientes normalmente importam-se com algum produto particular (ROTHER e SHOOK,2003)

De acordo com Rother e Shook (2003) para facilitar o diagnóstico do MFV, a família deve ser escolhida perante a quantidade de etapas de processamento semelhantes e a utilização de equipamentos em comum em seus processos. Além disso, é fundamental especificar a quantidade de peças diferentes existentes na família, demanda dos clientes e da frequência de entregas para os clientes.

Após a seleção da família de produtos, existe uma tarefa fundamental para o sucesso do MFV, precedendo a confecção do mapa de estado atual: a determinação de um responsável do fluxo de valor. A inexistência deste gerente faz com que as partes do fluxo fiquem isoladas diante da perspectiva do fluxo de valor (ROTHER E SHOOK, 2003). Os autores acrescentam também, que o gerente do fluxo de valor deve ser uma pessoa com a competência de visualizar os fluxos de valor de um produto e transferi esta interpretação para os operadores.

Vale ressaltar que também cabe ao gerente realizar a melhoria do mesmo, mais difundido por *kaizen de fluxo*, que nada mais é do que a alta administração utilizando o método *kaizen*. A figura 8 apresenta as duas abordagens atuais desse modelo.

Figura 8-Comparativo Kaizen



Fonte: Lean Institute (2005)

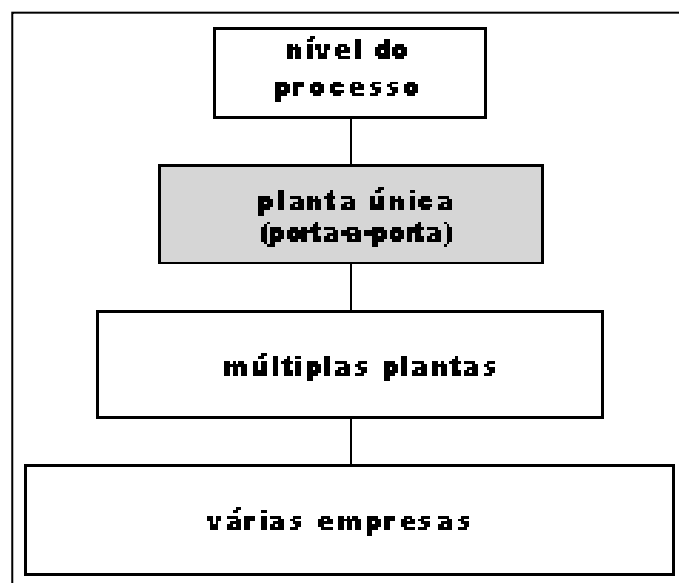
A etapa seguinte do MFV é desenhar o estado atual. Primeiramente é confeccionado um mapa apresentando como o fluxo está ocorrendo transcorrente, com base nos dados obtidos no chão de fábrica, apresentados no tópico “Conceitos atrelados ao MFV”. Esses dados obtidos formarão a base para o mapa do estado futuro, o qual é o principal foco do estudo de caso.

A última etapa do MFV consiste na realização de um plano de implementação. Rother e Shook (2003) afirmam que o plano demonstra como o gerente de fluxo de valor e seu time planejam alcançar o estado futuro e estabelecer na prática. A partir do momento em que o estado futuro se tornar realidade, ele passa a representar o estado atual, gerando um fluxo de mapas, visando a melhoria contínua dos processos.

2.2.5 Mapa do estado presente

De acordo com Rother e Shook (2003), para que se desenvolva um estado futuro consistente é necessário começar com uma análise da situação atual da produção. Ainda segundo eles, o mapeamento começa na fábrica no nível chamado “porta-a-porta”, onde são representados os tipos de processo e não as etapas de processamento. O MFV pode mudar seu nível de amplitude quando for possível enxergar o fluxo completo da fábrica. A Figura 9 mostra os níveis existentes do mapeamento de fluxo de valor para uma família de produtos.

Figura 9-Nível mapa do estado atual



Fonte: Rother e Shook (2003)

Rother e Shook (2003) criaram uma lista de dicas destinada ao gerente responsável pelo MFV, que auxilia na obtenção dos dados e análises para a construção do mapa atual. Segue abaixo as seis sugestões:

- Sempre coletar os dados pessoalmente, acompanhando meticulosamente os fluxos de informação e material;
- Iniciar com um breve reconhecimento da planta, por toda extensão do fluxo de valor “porta-a-porta”;
- Começar o estudo, de trás para frente, partindo da expedição até a obtenção da matéria prima;
- Cronometre seus próprios dados, não utilize tempos padrões ou informações de terceiros;
- Somente o gerente deve realizar o mapeamento
- Construir os mapas à mão e a lápis ou um software específico para MFV.

É essencial para o MFV que se aponte as atividades, especificando os macro processos presentes na produção. Todos os tipos de ações devem ser anotados, agregando valor ou não. Seus conteúdos devem apenas conter as informações mais relevantes para o entendimento do fluxo, visto que o excesso de informações pode gerar confusões no instante da inspeção do mesmo (XAVIER e SARMENTO, 2004).

Segundo Xavier e Sarmiento (2004) os tempos de execução das tarefas também são fundamentais para a confecção do mapa do estado atual. A marcação dos tempos deve ser feita no decorrer do acompanhamento dos processos (*in loco*) e a soma de todas as aferições, resulta no ciclo completo de produção (T/C). Estes resultados apurados, podem ser diferenciados em: tempo de processamento e de não processamento.

Rother e Shook (2003) ressaltam que o próximo passo consiste na identificação dos locais que apresentam estoque entre os processos, a quantidade média de produtos fabricados e o número de dias que o produto fica no estoque. Estes dados são fundamentais, pois informam onde o fluxo está parado e, portanto, onde o mapa deve atuar propondo melhorias. Como representação é utilizado o ícone “triângulo de advertência”.

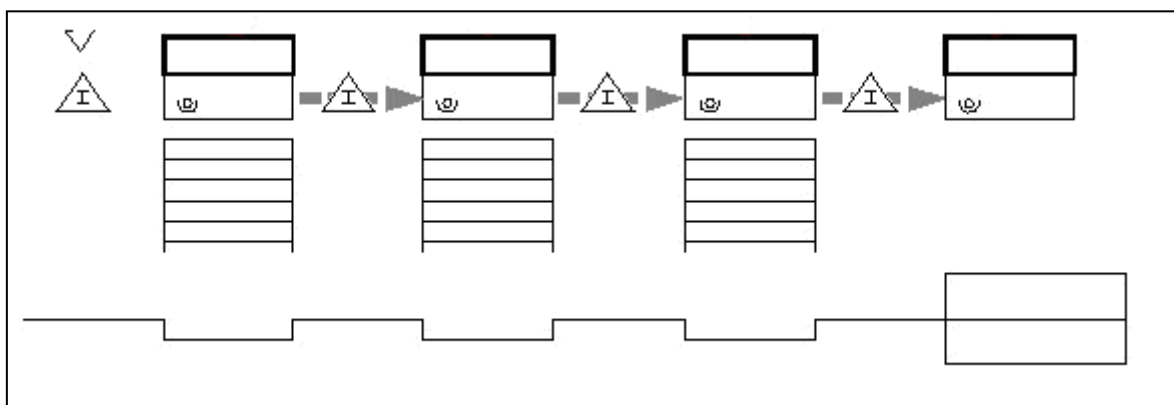
Por último, mas não menos importante, necessitamos do conceito TPT, conhecido popularmente como “Toda Peça Todo”. Ele representa em dias o tamanho do lote (ROTHER e SHOOK, 2003).

Na segunda seção do mapa atual, é necessário demonstrar o fluxo de informação. Abrangendo os tópicos atrelados ao Planejamento e Controle da Produção (PCP). Desse modo, o mapa esforça-se em responder impasses como: “como a organização faz para saber quando e quanto fabricar?” ou “como a informação chega até os operadores no chão de fábrica?” (VIEIRA, 2006).

À medida que se compreende as concepções com que cada operação é informada do que fazer para alimentar o processo subsequente, é possível identificar as movimentações de materiais que são empurradas pelo produtor e não puxadas pelo cliente. (VIEIRA, 2006).

No final, é necessário o cálculo do *lead time*. Ele é representado sob as duas caixas de processos e dos símbolos de transporte. Além disso, também é exibido no mapa os tempos que agregam valor ao produto. A Figura 10 apresenta um modelo de linha do tempo (ROTHER e SHOOK, 2003).

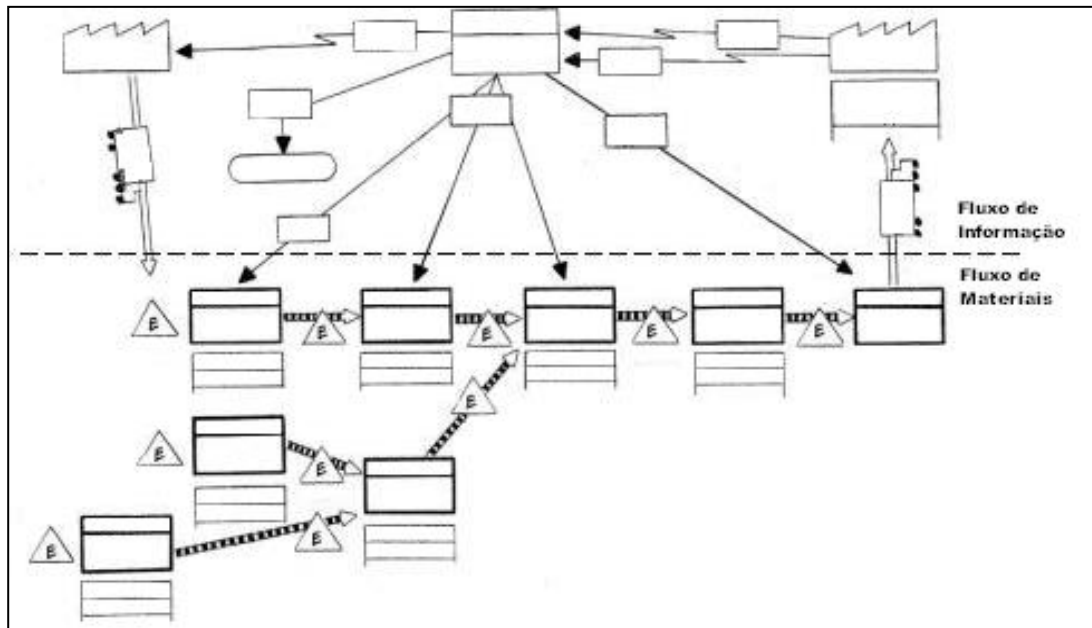
Figura 10-Modelo de linha do tempo



Fonte:Vieira (2006)

Com o porte de todas as análises feitas no mapa do estado atual, é possível começar a construir o modelo do estado futuro. Uma vez que a equipe é capaz de enxergar o fluxo e propor melhorias na implementação (XAVIER e SARMENTO, 2004). A Figura 11 representa um modelo genérico do mapa atual.

Figura 11-Mapa do estado atual

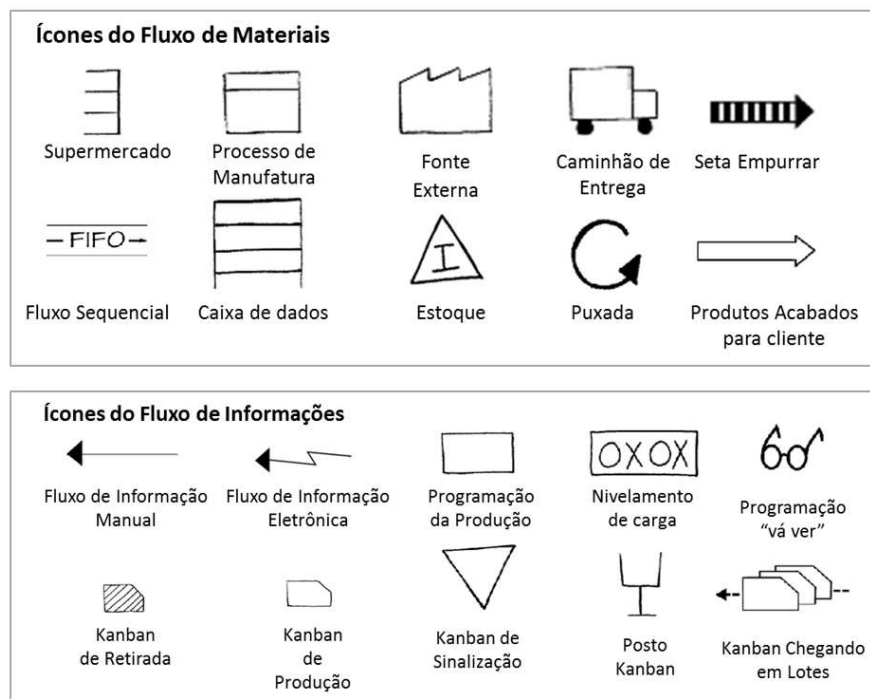


Fonte: Rother e Shook (2003)

2.2.6 Simbologia

Para a construção do mapa de fluxo de valor do estado atual e futuro são necessários alguns ícones padrões, que estão representados na Figura 12:

Figura 12-Simbologia padrão



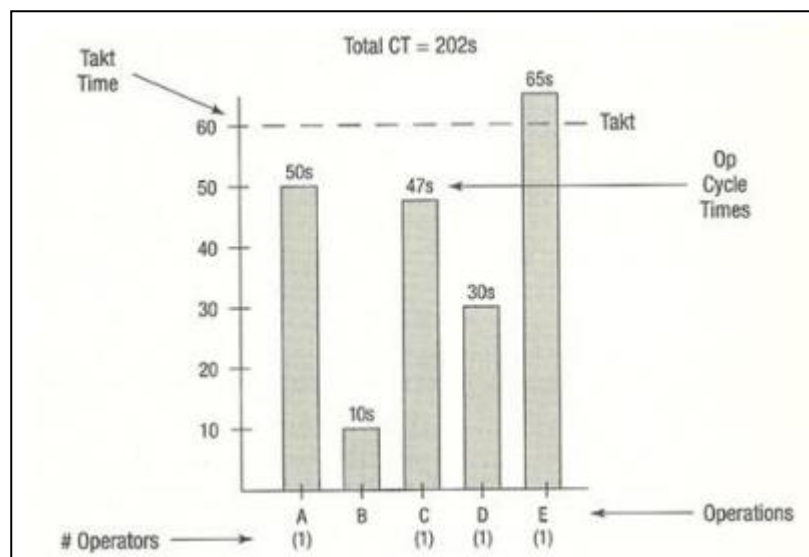
Fonte: Rother e Shook (2003)

2.2.7 Gráfico de balanceamento de operadores (GBO)

O gráfico de balanceamento de operador (GBO) conhecido também como *Yamazumi board*. É utilizado para estabelecer as tarefas que cada pessoa deve desempenhar em seu posto de trabalho. As tarefas são separadas em processos que não agregam valor e operações que agregam valor ao produto. Sendo que a linha do *takt time* é a referência para a distribuição de tarefas e balanceamento desses operadores (GOMES et al., 2008).

O primeiro passo para construir o GBO é cronometrar cada parte de trabalho separadamente das demais atividades em sequência executadas pelo operador. A Figura 13 apresenta um modelo de gráfico de balanceamento de operador, onde é possível visualizar a linha do *takt time*, os tempos de ciclo abaixo do *takt* (operador A, B, C e D), o tempo de ciclo acima do *takt* (operador E). Salientando a capacidade dessa ferramenta, quanto à análise de desperdícios e verificação visual.

Figura 13-Gráfico de balanceamento dos operadores (GBO)



Fonte: Tapping *et al.* (2002)

Após a verificação do estado atual e o mapeamento, deve ser feito um *kaizen* de todas as atividades que não agregam valor aos processos, para em seguida redistribuir as funções entre os operadores. No momento em que for realizado o desenho do “estado futuro” da linha, é necessário analisar todas as melhorias levantadas durante a etapa do *kaizen* (ROTHER; HARRIS, 2002).

O GBO irá possibilitar o reconhecimento de folgas, entraves e, por conseguinte a eliminação da perda por superprodução nos postos de trabalho. O propósito de se balancear as atividades dos operadores é impedir que se acumule estoque após operações mais ágeis,

conhecido na filosofia *lean* como *Work In Process* (WIP), garantindo assim o fluxo contínuo de peças e (ROTHER; HARRIS, 2002).

2.2.8 Mapa do estado futuro

O intuito desta fase é construir uma condição ideal, onde os procedimentos individuais encontrem-se interligados com seus clientes, através de um sistema puxado, ou melhor, dizendo, cada processo deve produzir somente o que seus clientes necessitam e no momento correto (ROTHER; SHOOK, 2003).

O grande foco do mapeamento de valor futuro é eliminar perdas. Seguindo essa linha de pensamento, Rother e Shook (2003) evidenciam que primeira etapa do mapa do estado futuro deve abordar o projeto do produto, as tecnologias de operação e o layout da planta, procurando remover todas as fontes inerentes a estas características, tão rápido quanto possível.

A primeira fase para a conquista de um mapa realista é o cálculo do *takt time*, acompanhando os conceitos abordados nos tópicos anteriores. Em seguida, o próximo passo apresenta a importância da concepção de um fluxo ininterrupto entre todas as etapas possíveis.

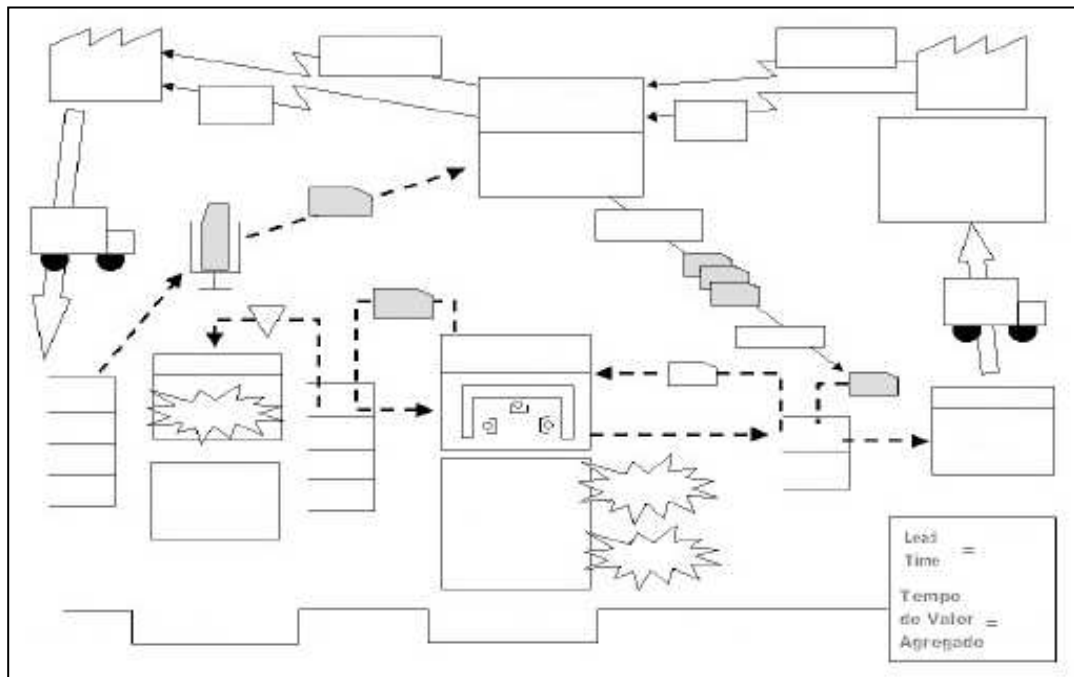
É neste instante que é possível desenvolver a terceira etapa, que é a utilização de supermercados para regular o fluxo, organizados por kanbans. Por supermercado entende-se que é o lugar onde um cliente consegue obter que é imprescindível, no momento certo e na quantidade exata (OHNO, 1997).

O penúltimo passo é a construção de um processo puxador, visto que existe a necessidade de um cliente interno que puxe todo este sistema. A implementação desta etapa exige muitos cuidados, caso utilizado de maneira errada, os resultados podem ser piores que os iniciais (VIEIRA, 2006).

Rother e Harris (2002) relatam que o último passo é o nivelamento da produção. Nesta etapa é realizada a mescla da produção de diferentes produtos durante um período de tempo, intercalando de forma repetida entre pequenos lotes de um portfólio determinado.

Com a posse dessas cinco etapas bem estruturadas é possível à elaboração do mapa do estado futuro. A Figura 14 demonstra um exemplo de um mapa de estado futuro. Após a preparação do mapa, deve-se desenvolver um plano de ação estratégico, tático e operacional apontando como as metas estabelecidas podem ser atingidas (MARODIN E ZAWISLAK, 2005).

Figura 14-Modelo do estado futuro



Fonte: Rother e Shook (2001)

2.3 A indústria de eletrodo revestido

2.3.1 Contextualização do cenário nacional

O setor de eletrodos revestidos possui grande importância sob o ponto de vista social, tendo em vista que sua participação é relevante na oferta de empregos industriais, sendo um dos grandes empregadores da cadeia de soldagem. Todavia, o mercado brasileiro é carente de profissionais capacitados para a aplicação das técnicas de soldagem em todos os níveis (SCOTTI, 2016).

O maior obstáculo para os pequenos e médios produtores deste segmento é a concorrência proveniente do mercado chinês, forçando aos empresários e executivos a realizarem indagações constantes de como desenvolver uma empresa em um país cujo governo não tem uma política industrial bem definida, enquanto seus concorrentes chineses recebem constantes incentivos.

Vale ressaltar também, que algumas empresas multinacionais, conseguem diminuir significativamente os seus custos de produção, visto que ela é produtora de uma das matérias primas, a liga que constitui a alma do eletrodo.

As vendas desse consumível no Brasil estão segmentadas principalmente nos nichos de manutenção (residenciais e industriais) e fabricação de estruturas, tanto em oficinas como no campo. Essa grande abrangência de aplicação ocorre devido a possibilidade de usar em materiais como: aço carbono, aço inoxidável, ferro fundido, alumínio, cobre, níquel e inúmeras ligas. A Figura 15 representa uma aplicação voltada para a manutenção de moendas.

Figura 15-Manutenção de moenda com eletrodo revestido

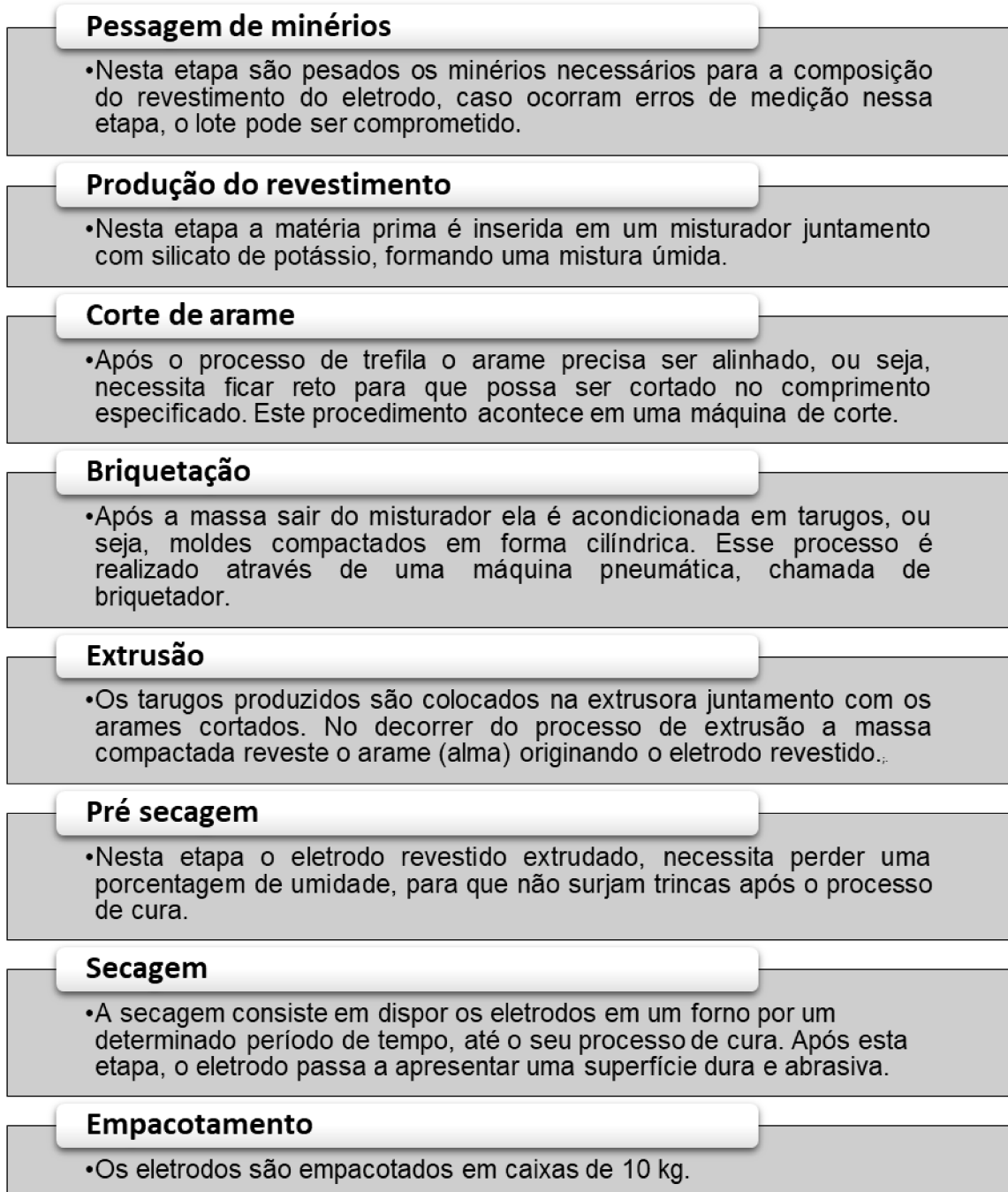


Fonte: ESAB (2005)

2.3.2 Etapas básicas de produção

Com relação aos aspectos tecnológicos, o ciclo de produção de eletrodos revestidos é constituído das seguintes etapas básicas:

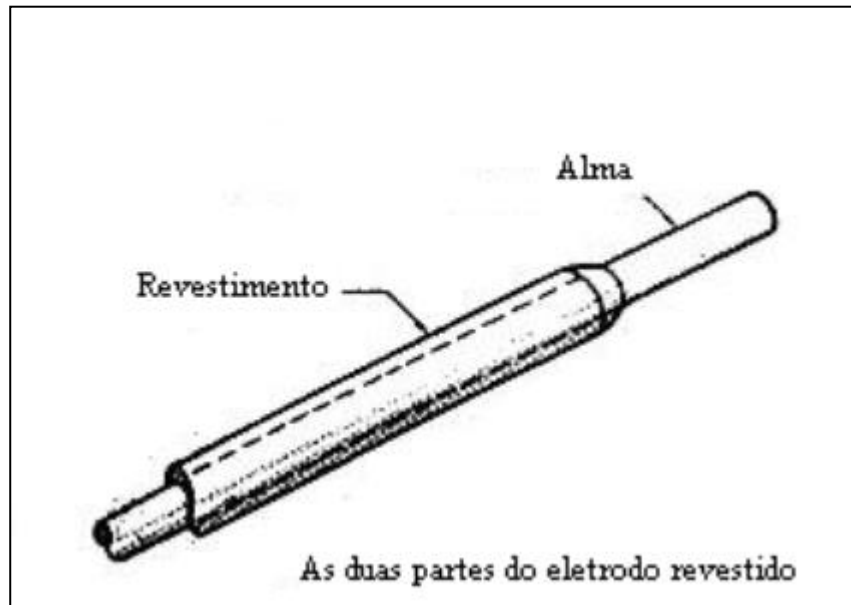
Figura 16-Etapas básicas de produção



Fonte: Autoria própria (2018)

A Figura 17 representa um modelo genérico de um eletrodo revestido, após a realização dos processos citados anteriormente.

Figura 17-Eletrodo revestido



Fonte: Fortes (2005)

2.3.2.1 Controle de qualidade da produção

O eletrodo é um produto que apresenta características instáveis, sendo assim as indústrias de ponta investem constantemente em homologações e etapas de controle de qualidade. Existem três características que necessitam de enorme atenção durante a sua fabricação: espessura, concentricidade da alma e trincas.

As duas primeiras características são responsáveis por concentrar e dirigir o arco de soldagem, caso o revestimento não estiver concêntrico com a alma metálica, o eletrodo queima de modo irregular.

As trincas são provenientes de falhas na pesagem dos minérios, mistura da massa ou secagem. O operador deve estar atento em cada uma destas etapas, fazendo verificações visuais ou instrumentadas. Se as trincas forem identificadas antes do processo de cura do material é adicionado um processo de retrabalho (desmanche do eletrodo e beneficiamento) o qual é usado posteriormente na produção de outro lote. Caso contrário o eletrodo deve ser descartado.

2.3.3 Principais eletrodos

Segundo Fortes (2005) os eletrodos AWS E6010 foram criados para viabilizar uma atividade de soldagem e um metal de solda superior. O revestimento é, principalmente, uma pasta celulósica, sendo que a quantidade deste revestimento representa cerca de 10-12% em

peso. O arco tem uma penetração profunda e, com manejo apropriado do arco, cordões de solda de boa qualidade podem ser depositados em todas as posições. Este eletrodo possui uma alta representatividade na soldagem de dutos, porém o seu uso é datado em acontecimentos como a construção dos navios nos Estados Unidos durante a II Guerra Mundial.

O eletrodo mais utilizado no Brasil é o modelo AWS E6013. Estes modelos são elaborados para ter um arco de baixa penetração, possibilitando que metais de pequena espessura sejam soldados sem perfurar a peça (FORTES 2005).

Por fim o eletrodo AWS E7018 é a alternativa mais avançada do eletrodo de baixo hidrogênio. O acréscimo de quantidades significativas de pó de ferro ao revestimento gera um arco mais suave e com menos respingos. Essa harmonia de elementos do revestimento gera um grande progresso na estabilidade do arco e na facilidade de manuseio do soldador em todas as posições que forem necessárias (FORTES 2005).

3 MÉTODOS DE PESQUISA

3.1 Caracterização da pesquisa

Segundo Silva e Menezes (2005) existem diversas maneiras de categorizar uma pesquisa, sendo que todo estudo deve englobar quatro critérios: natureza da pesquisa, forma de abordagem do problema, objetivos da pesquisa e procedimentos técnicos.

O primeiro fundamento (natureza da pesquisa) se enquadra na classe de Pesquisa Aplicada, visto que o trabalho é sustentado a partir de teorias elaboradas por autores renomados e desenvolvida de forma prática. A pesquisa aplicada dedica-se em torno das adversidades nos ofícios das organizações, instituições, atores sociais ou grupos. Está dedicada no desenvolvimento de diagnósticos, identificação de gargalos e busca de respostas (THIOLLENT, 2009).

A forma de abordagem da pesquisa é classificada como quali-quantitativa. Richardson (2017) ressalta que a pesquisa quantitativa pode ser interpretada como a explicação de fenômenos através da coleta de referências numéricas, que serão analisadas através de mecanismos matemáticos, em sua maioria estatísticos. É evidente, que esse tipo de pesquisa frisa a precisão dos resultados, com o propósito de inibir deslizes na análise e interpretação dos dados.

Seguindo outra vertente, Denzin e Lincoln (2011) afirmam que a pesquisa qualitativa busca dados descritivos de lugares, pessoas e processos interativos que acontece em função da proximidade do pesquisador com aquilo que está sendo observado, sendo que o entendimento das análises se dá perante a perspectiva dos participantes.

Complementando estes conceitos Strauss e Corbin (2015) ressaltam que muitos pesquisadores reúnem dados através de técnicas qualitativas e posteriormente eles sumarizam os dados para que possam ser explorados estatisticamente; ou seja, eles estão quantificando dados que são qualitativos; assim como no estudo de caso realizado.

Em relação ao objetivo da pesquisa, esta pode ser classificada como descritiva e exploratória. Gil (1999) resalta que a pesquisa exploratória tem como norte principal esclarecer, desenvolver e modificar ideias, pretendendo a concepção de problemas mais precisos. Já as pesquisas descritivas têm como objetivo a descrição dos atributos de um fenômeno ou estabelecimento de relações entre variáveis (técnicas na coleta de dados).

O quarto critério (procedimentos técnicos) é definido como Estudo de Caso, isto é, uma estratégia de investigação, possuindo como função exercer diagnósticos extremamente eficazes sobre um determinado problema dando sinais seguros de como solucioná-los (LUDKE e ANDRÉ, 2013).

3.2 Técnicas de coleta de dados

Como forma de compreensão holística do problema estudado é fundamental encontrar informações e parâmetros que ajudem a assimilar a série de dados coletados. Somente a partir dos recursos disponíveis é possível escolher os diferentes instrumentos de coleta de dados que a literatura apresenta. A vista disso o estudo utilizou os seguintes métodos: Entrevista semiestruturada, observação, pesquisa bibliográfica e pesquisa documental.

Lakatos e Marconi (2006) afirmam que a entrevista semiestruturada permite ao entrevistador a autonomia de desenvolver cada cenário na linha que considere ideal. A segunda técnica utilizada foi a observação, pois é a mais adequada para captar comportamentos espontâneos, evidenciando o realismo da situação (ZANELLI,2002). Os autores Rother e Shook (2003) complementam este fato, exaltando importância destes registros com uma caminhada não participante no chão de fábrica.

Com o intuito de construir uma base sólida de argumentos foi utilizado como terceiro critério a pesquisa bibliográfica, através dela é possível revisar a literatura atual e explorar as contribuições científicas sobre o tema. É importante salientar que pode haver um complemento

bibliográfico, através dos documentos fornecidos pela gestão da empresa, considerado neste estudo como o quarto método (GONÇALVES, 2005).

3.3 Técnicas de análises de dados

Dentre as diversas técnicas existentes de análise de dados foram selecionadas duas vertentes: análise de conteúdo e discurso. Olabuenaga e Ispizúa (1989) ratificam que a primeira é uma técnica para ler e examinar o teor de toda classe de arquivos, transmitindo conhecimento de aspectos e fenômenos sociais. De certo modo é uma perspectiva pessoal com relação ao entendimento que tem dos dados

Vergara (2005) diz que a análise de discurso se preocupa não só em entender como as mensagens são transmitidas, mas como explorar seu contexto. A transcrição é uma das principais formas de elaboração na análise de um discurso, quando preservada a fala original dos participantes.

3.4 Procedimentos metodológicos

Através da análise da filosofia do Sistema Toyota de Produção e visando a melhoria da gestão desta empresa, uma ferramenta ganhou destaque, o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). Para a sua execução correta, inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico acerca do tema; embasado por autores do *lean manufacturing*. Posteriormente, as informações foram obtidas acompanhando o fluxo produtivo no chão de fábrica. Após a coleta e organização de todos os dados, foi possível construir o mapa do estado atual, auxiliado por uma planilha eletrônica e o software *LucidChart*.

A etapa final do estudo foi baseada no desenvolvimento de propostas de melhorias e suas ações corretivas foram representadas no mapa do estado futuro.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização da empresa estudada

O estudo de caso foi desenvolvido em uma fábrica de eletrodos revestidos na cidade de Ribeirão Preto, interior do estado de São Paulo. A sua localização é considerada privilegiada em aspectos logísticos, uma vez que está inserida em um polo sucroalcooleiro, grande responsável pela demanda desse consumível.

A empresa passou por um processo de reestruturação interna, possibilitando um alto crescimento operacional e ganho de *market-share* no cenário nacional e internacional. Em 2016 ocorreu um *retrofit* na operação e ampliação do parque industrial para 4500 m², visando adequar às tendências do mercado.

Inserida em um mercado cíclico a empresa trabalha de maneira enxuta, com apenas 32 funcionários e duas linhas de produção e pode ser considerada como uma empresa de médio porte no seu setor.

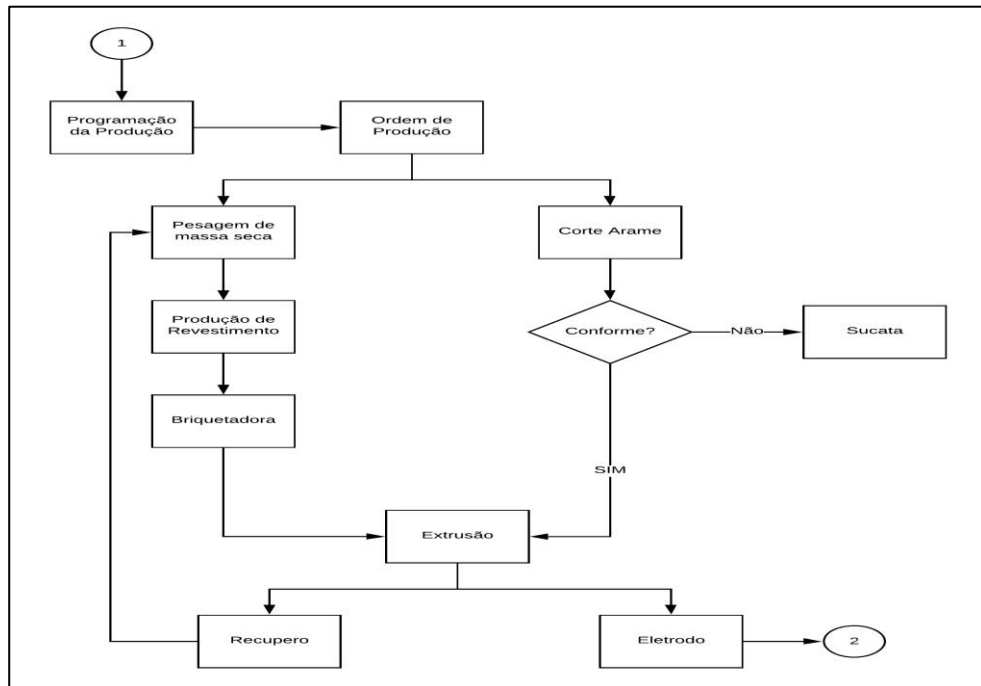
4.2 Problemática empresarial

A maior dificuldade do mercado de eletrodos revestidos é a quantidade de técnicas de soldagem que surgem para aperfeiçoar os modelos atuais e a gama de categorias que este setor comporta. Segundo um levantamento pela empresa estudada, existe mais de trezentos tipos de eletrodos revestidos, isto ocorre pela possibilidade de variação no balanço de massa no processo de produção do revestimento.

O portfólio da empresa estudada é enxuto (25 modelos) justificado pela necessidade de um fluxo de caixa elevado para a compra de minérios. A demanda quase em sua totalidade está concentrada na família de eletrodos de consumo rápido (E6010, E6013 e E7018) pela facilidade de aplicação e custo benefício.

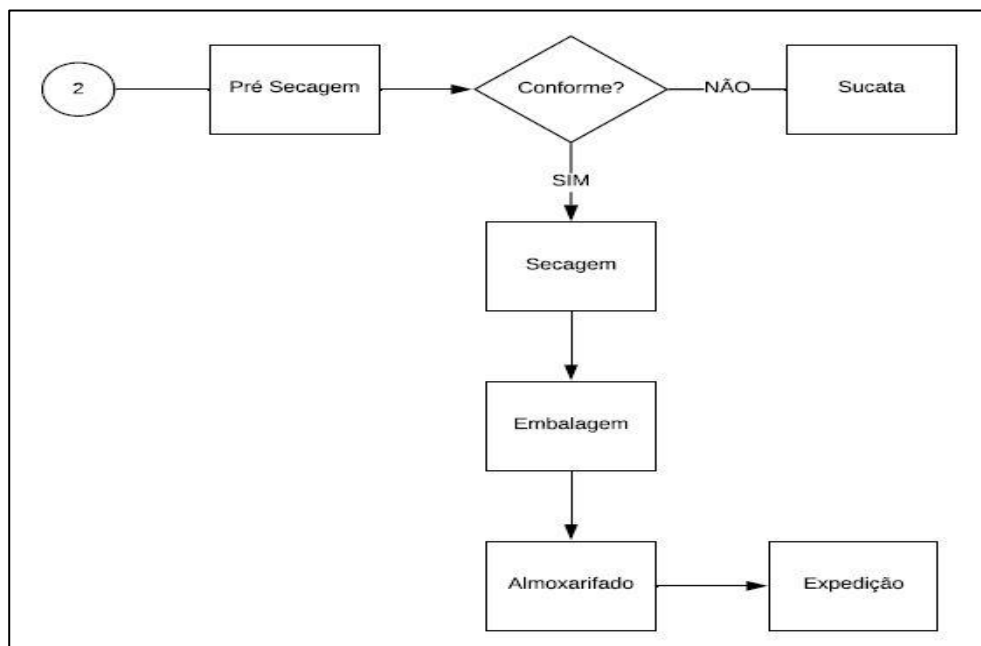
Apesar da variedade de produtos o fluxo de produção segue a mesma ordem para todos os materiais, as variações ficam por conta da composição e tempos de ciclo de cada processo. A fábrica possui um enorme potencial de crescimento, mas não está conseguindo crescer de forma organizada devido à falta de padronização, controle e desperdícios. Os fluxogramas das figuras 18 e 19, detalham de maneira sucinta as atividades em dois blocos.

Figura 18-Fluxograma de processos 1



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 19-Fluxograma de processos 2



Fonte: Autoria própria (2019)

4.3 Premissas gerais de produção

A carga de trabalho atual da empresa é distribuída de segunda a sexta feira em um único turno de 09h00min, intervalo para almoço de 1 h e parada programada para descanso de 15 min.

4.3.1 Critérios de padronização na coleta de dados

Como forma de padronização na elaboração do VSM foram estabelecidos critérios na coleta de dados. Todas as informações foram baseadas para a produção de uma caixa de 20 Kg do modelo E6010, E6013 e E7018 (Família A). Os demais modelos são divididos em outras famílias B e C.

Por meio de uma amostra com 200 unidades foi possível determinar um peso médio para a alma do eletrodo (arame) em 0,02 kg e a mesma proporção de massa, totalizando 0,04kg por unidade, sendo assim uma caixa contém aproximadamente 500 eletrodos. Apesar da unidade padrão de processamento ser definida como uma unidade, a operação dispõe de algumas estações de trabalho que operam por lote e independentemente da quantidade a ser produzida o tempo de atravessamento permanece inalterado, como relatado em tópicos anteriores.

A cronoanálise de vinte ordens de produção foi utilizada como critério para a definição dos tempos padrões e o tempo de ciclo (TC) foi calculado baseado no tempo operacional disponível dividido pela capacidade de produção, expresso pela Equação 1.

$$TC = \frac{\text{tempo disponível}}{\text{produção}} \quad (1)$$

Outro item solicitado para construção do modelo são os tempos de troca de cada máquina e processo, coletados seguindo as mesmas condições do TC. Após todos os tempos que interferem a operação (setups) mapeados, foi possível determinar a disponibilidade de cada equipamento pela Equação 2.

$$\textit{Disponibilidade da máquina} = \frac{\text{tempo disponível}}{\text{tempo do expediente}} \quad (2)$$

4.3.2 Relacionamento com fornecedores e clientes

Através de relatórios obtidos com o departamento de suprimentos foi possível identificar três fornecedores de insumos (minério, aço e embalagem) como chaves para a execução das

atividades operacionais. As segundas feiras são enviadas as remessas para a unidade produtora com as seguintes quantidades detalhadas na Tabela 2:

Tabela 2-Matéria prima

Produto	Embalagem	Quantidade (Kg)	Pedido (Unidade)
Minério	Bag	1000	5
Aço	Spyder	800	4
Embalagem	Papelão	20	500

Fonte: Autoria própria (2019)

Como comentado anteriormente, a demanda por este tipo de material é sazonal, desta forma a gestão definiu um mesmo ritmo de produção durante o ano, sendo que em períodos com vendas mais fracas os materiais são processados com a finalidade de *Make to Stock* para serem vendidos posteriormente em tempos de picos de demanda. A Tabela 3 a seguir exemplifica a produção frente à demanda dos clientes.

Tabela 3-Comparativo de volume

Período	Produção (Kg)
Janeiro	48160
Fevereiro	46870
Março	49665
Abril	49020
Maio	49665
Junho	49343
Julho	49357
Agosto	47407

Setembro	48913
Outubro	47838
Novembro	47945
Dezembro	47515
Média (mês)	48492
Caixa (dia)	80

Fonte: Aatoria própria (2019)

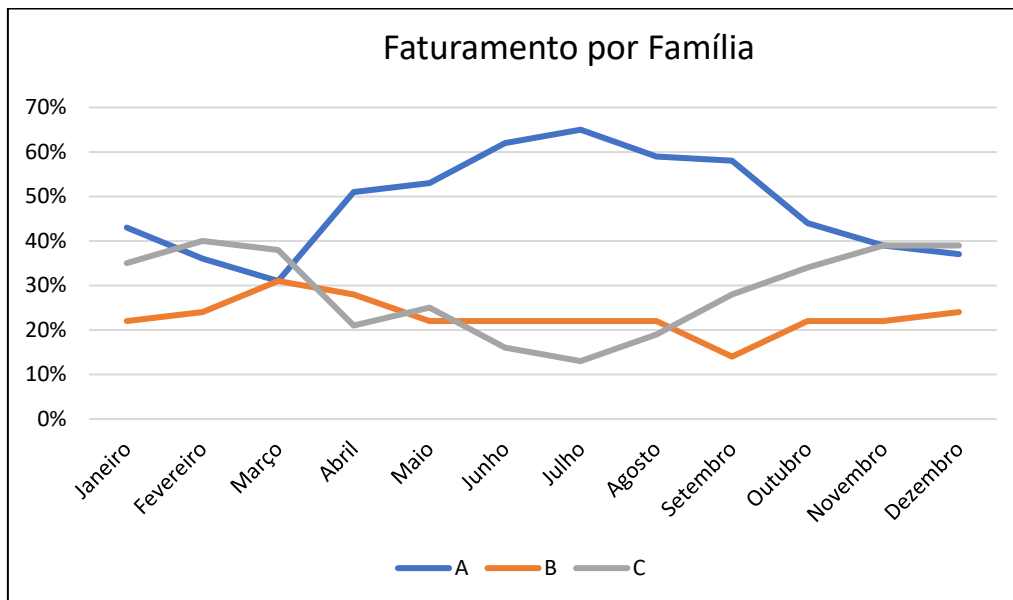
5 ELABORAÇÃO DO MAPA ATUAL

5.1 Definição da família a ser mapeada

Como critério para a seleção da família a ser estudada foram utilizados três critérios: Representatividade no faturamento, tempos de processamento semelhantes, taxa de refugo e tempos de ciclo elevados. Neste estudo a matriz de análise *Product Family Matrix Analyses* (PFMA) não foi utilizada, visto que todos os produtos necessitam passar pelas mesmas etapas.

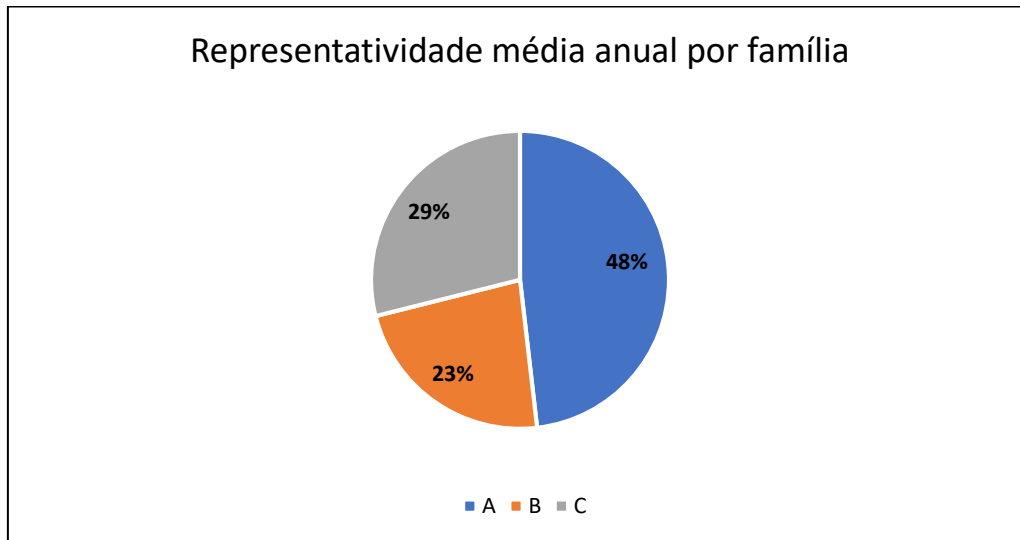
O primeiro nível de análise levou em consideração a representatividade no faturamento por família no ano de 2018, demonstrado na Figura 20 e Figura 21.

Figura 20-Comparativo de faturamento



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 21-Representatividade da média do faturamento



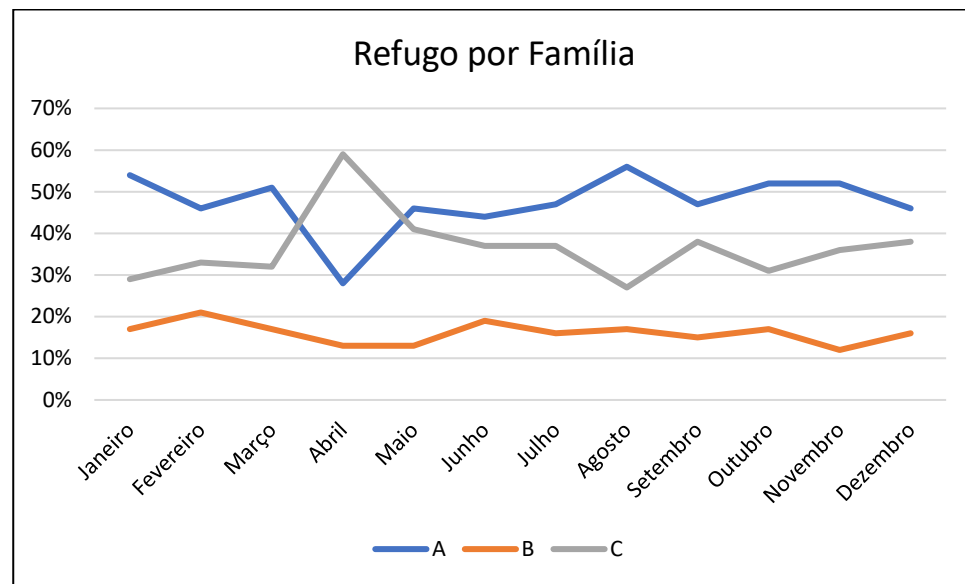
Fonte: Autoria própria (2019)

É evidente que a família A possui uma alta representatividade no fluxo de caixa da empresa, perdendo a sua hegemonia nos primeiros e últimos meses do ano, justificado pelas vendas de produtos destinados para a recuperação de moendas de usinas sucroalcooleiras, período de entre safra para a manutenção.

O segundo gráfico traz uma informação muito importante, pois calcula a média anual de faturamento em 2018 por família, realçando a importância da A quando analisado um ano contábil.

O próximo critério é de suma importância para a otimização do processo produtivo e associa com a metodologia *Lean Manufacturing* abordada neste trabalho. A representatividade de refugo por família é um dado relevante que altera os níveis de serviço e qualidade da operação e com a aplicação da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) será possível determinar aqueles gargalos que de alguma forma estão relacionados com essa ineficiência no processo. A Figura 22 mostra essas variáveis mencionadas

Figura 22-Taxa de refugo



Fonte: Autoria própria (2019)

A separação por meses da representatividade de refugo possibilita novamente ver a hegemonia da família A. Em contrapartida no mês de abril ocorreu uma inversão de (A e C), devido a uma simples alteração de regulação operacional na extrusora enquanto a classe A era produzida. Essa mudança abrupta não foi identificada e correlacionada pela produção e este efeito não pode ser replicado para os meses seguintes. Este fato é extremamente importante, pois demonstra a capacidade que a aplicação deste estudo alcançou.

Outro critério fundamental para a definição da família A foram os altos tempos de ciclo. Em um brainstorming realizado com os operadores, todos apontaram que essa família tinha potenciais melhorias com redução em tempos de ciclo, atravessamento e estoque entre processos. Desta forma ficou claro que o enfoque do estudo de caso deveria ser na família A.

5.1.1 Identificar cadeia de valor

Seguindo os conceitos da metodologia de mapeamento de processos e definição de fluxo de valor, foram identificadas as etapas chaves que contém movimentação de material e informação, isto é, etapas que de alguma forma contribuem na transformação da matéria-prima em produto acabado.

A operação em sua totalidade conta com oito processos, os quais são: Pesar Minério, Preparar Massa, Briquetar Massa, Extrudar Eletrodo, Cortar Arame, Pré Secar Eletrodo, Secar Eletrodo e Embalar Eletrodo.

5.1.2 Work in process (WIP)

Baseado nos conceitos citados anteriormente na revisão bibliográfica foi possível definir os estoques intermediários; posteriormente nesta seção será avaliado o seu valor no processo e caso seja identificado como uma atividade desnecessária este será otimizado no mapa do estado futuro. O primeiro estoque identificado é posterior a atividade de pesagem do minério, neste caso existe uma alta concentração de insumos, visto que o operador recebe todas as ordens de produção no período da manhã. O seu tempo de ciclo e capacidade de processamento são melhores que a atividade seguinte contribuindo também para o acúmulo de recipientes (80Kg).

Entre a masseira e a briquetadora existe um pequeno acúmulo de estoque, visto que a capacidade de processamento da atividade seguinte é menor (5Kg), um fato muito importante é que a atividade C possui um tempo de ciclo invariável, ou seja, o tempo de ciclo para a produção de uma unidade de produto é igual ao lote completo (80Kg).

O terceiro estoque foi identificado após a pré-secagem, neste caso a velocidade de processamento da extrusora é muito alta, formando um estoque para ser processado em um único lote na etapa seguinte (forno).

O quarto WIP identificado está localizado após a secagem dos eletrodos, este pode ser considerado o segundo maior volume de material. Semelhante a fabricação de massa úmida o forno possui um tempo de ciclo para uma unidade igual ao processamento de 1200 Kg em função da necessidade de um tempo padrão para a cura do material, outro ponto importante é que o gerente de PCP para evitar custos desnecessários prefere acumular estoque do que fatiar em pequenos lotes de forno, pois o consumo de gás aumenta expressivamente.

5.2 Detalhamento das atividades de produção

5.2.1 Pesagem de minério

Este pode ser considerado como o início do processo produtivo quando analisamos a produção do revestimento. O minério é entregue pelo fornecedor toda segunda feira em *bags* de 500 kg e o silicato de potássio, em recipientes de 500 L. Logo após a conferência de recebimento, o material é encaminhado para o almoxarifado e somente a partir desta etapa fica disponível para o operador realizar a pesagem descrita na Ficha de Produção e dispor em tambores com 80 kg.

Essas atribuições são destinadas a um único operador que passa boa parte da sua jornada de trabalho pesando cuidadosamente todas as ordens de produção liberadas para o dia, caso este

operador conclua as suas atividades em um tempo menor ele funciona como um suporte para as demais.

O funcionário leva 3 minutos para separar os materiais e 5 minutos para realizar a pesagem. Já o tempo de troca (TR) é de 1 minuto para a limpeza da balança e 2 minutos para aferir o equipamento.

Considerando os parâmetros destacados no tópico de premissas podemos calcular os tempos padrões para o VSM.

Assim, tem-se que a disponibilidade da pesagem de minérios é:

$$\text{Tempo total turno} = 32400 \text{ s}$$

$$\text{Tempo para almoço} = 3600 \text{ s}$$

$$\text{Tempo descanso} = 900 \text{ s}$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = \text{T. turno total} - (\text{T. Almoço} + \text{T. Descanso}) \quad (3)$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = 32400 - 3600 - 900 = 27900\text{s}$$

$$\text{Tempo disponível} = 27900 - (\text{Limpeza} + \text{Aferição} + \text{Separação}) \quad (4)$$

$$\text{Tempo disponível} = 27900 - 360 = 27540 \text{ segundos}$$

$$\text{Disponibilidade} = \frac{27540}{27900} = 0,987 \times 100 = 99\% \quad (2)$$

E o tempo de ciclo é:

$$\text{Média da produção diária} = 80 \text{ unidades}$$

$$TC = \frac{\text{Disponibilidade}}{\text{Produção}} = \frac{27540}{80} = 344,25 \text{ segundos/unidade} \quad (1)$$

O TR corresponde a soma dos tempos de limpeza e aferição.

$$TR = \text{Limpeza} + \text{Aferir} + \text{Separação} = 60 + 120 + 180 = 360 \text{ segundos} \quad (5)$$

5.2.2 Cortadeira

Paralelamente ao processo de pesagem de minérios um operador é responsável por alinhar os arames e cortar na medida de 350 mm. O arame é entregue pelo fornecedor toda segunda-feira em *spydors* de 800 kg e logo após a conferência de peso e bitola (diâmetro do arame) a máquina pode inicializar o processo de desenrolar e cortar o aço. Vale ressaltar que para o arame atingir o diâmetro ideal ele passa por um processo chamado de trefila que hoje é terceirizado pela empresa. O material é disposto em caixas de alumínio de 200 kg e quando solicitados pelo processo de extrusão são encaminhados para a operação.

O setup da máquina corresponde ao tempo gasto para calibrar a velocidade e pressão do equipamento toda vez que um diâmetro é trocado ou na inicialização da operação e corresponde a 1000 segundos e devido a uma movimentação com ferramentas são gastos outros 600 segundos. Não existe capacidade ociosa da máquina, quando os operadores percebem que estão atrasados, possuem a autonomia para variar a velocidade. Desta forma, seguindo os mesmos parâmetros utilizados anteriormente temos os seguintes resultados:

$$\text{Tempo total turno} = 32400 \text{ s}$$

$$\text{Tempo para almoço} = 3600 \text{ s}$$

$$\text{Tempo descanso} = 900 \text{ s}$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = T. \text{ turno total} - (T. \text{ Almoço} + T. \text{ Descanso}) \quad (3)$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = 32400 - 3600 - 900 = 27900 \text{ s}$$

$$\text{Tempo disponível} = 27900 - (\text{Calibragem} + \text{Movimentação}) \quad (4)$$

$$\text{Tempo disponível} = 27900 - 1000 - 600$$

$$27900 - 1600 = 26300 \text{ segundos}$$

$$\text{Disponibilidade} = \frac{26300}{27900} = 0,94 \times 100 = 94\% \quad (2)$$

E o tempo de ciclo é:

$$TC = \frac{\text{Disponibilidade}}{\text{Produção}} = \frac{26300}{80} = 328,75 \text{ segundos/unidade} \quad (1)$$

$$TR = \text{Calibrar} = 1000 \text{ segundos} \quad (5)$$

5.2.3 Produção de massa

Após o processo de preparo da massa seca este material é submetido a um processo de agitação e mistura, visando homogeneizar a massa para atingir a consistência ideal. Cada masseira é capaz de produzir 80 Kg e é operada por somente um colaborador, durante este tempo ele vai incrementando o silicato de potássio para dar liga no material. O produto fica acondicionado na masseira e vai alimentando a briquetadora à medida que é demandada. O tempo de ciclo e a disponibilidade da etapa foram calculados da mesma forma que a atividade precedente. Em relação ao tempo de *setup* foi considerado como a limpeza do equipamento (1860s), focada em extrair a camada que gruda na superfície e o tempo de movimentação ficou calculado em 560s. Existe um tempo adicional por falta de demanda correspondente a 360 s.

A disponibilidade, tempo de ciclo e tempo de troca do processo foram calculados segundo as fórmulas abaixo, respectivamente.

$$\text{Tempo total turno} = 32400 \text{ s}$$

$$\text{Tempo para almoço} = 3600 \text{ s}$$

$$\text{Tempo descanso} = 900 \text{ s}$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = T. \text{ turno total} - (T. \text{ Almoço} + T. \text{ Descanso}) \quad (3)$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = 32400 - 3600 - 900 = 27900\text{s}$$

$$\text{Tempo disponível} = 27900 - (\text{Limpeza} + \text{Movimentação} + \text{Falta de Demanda}) \quad (4)$$

$$\text{Tempo disponível} = 27900 - 1860 - 560 - 360$$

$$27900 - 2780 = 25120 \text{ segundos}$$

$$\text{disponibilidade da máquina} = \frac{25120}{27900} = 0,90 \times 100 = 90\% \quad (2)$$

Média da produção diária por masseira = 40 unidades

$$TC1 = \frac{25120}{40} = 628 \text{ segundos/unidade} \quad (1)$$

$$TC2 = \frac{25120}{40} = 628 \text{ segundos/unidade}$$

Para cálculos na mesma base, juntamos o valor de produção dos equipamentos.

$$TC12 = \frac{25120}{80} = 314 \text{ segundos/unidade}$$

$$TR = \text{Limpeza} = 1860 \text{ segundos} \quad (5)$$

5.2.4 Briquetadora

Este processo é responsável por comprimir a massa úmida em pequenos tarugos cilíndricos de 5 Kg, possibilitando que esta massa encaixe perfeitamente no cilindro de compressão da extrusora. O operador é responsável por se dirigir até a masseira realizar a coleta do material e dispor na prensa repetidamente até terminar o lote. O revestimento comprimido é disposto em uma caixa e coberto por uma manta para que não perca umidade.

Somando o tempo de setup para limpeza (40 minutos), atividades de movimentação (120 minutos), organização dos tarugos (17 minutos) e a falta pela disponibilidade de material (140 minutos). É possível calcular a disponibilidade:

Tempo total turno = 32400 s

Tempo para almoço = 3600 s

Tempo descanso = 900 s

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = T. \text{ turno total} - (T. \text{ Almoço} + T. \text{ Descanso}) \quad (3)$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = 32400 - 3600 - 900 = 27900s$$

$$\begin{aligned} \text{Tempo disponível} &= 27900 - \\ &(\text{Limpeza} + \text{Movimentação} + \text{Organização} + \text{Falta Demanda}) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{Tempo disponível} = 27900 - 2400 - 7200 - 1020 - 8400$$

$$\text{Tempo disponível} = 27900 - 19020 = 8880 \text{ segundos}$$

$$\text{disponibilidade da máquina} = \frac{8880}{27900} = 0,32 \times 100 = 32\% \quad (2)$$

O tempo de ciclo e tempo de troca podem ser calculados como:

$$\text{Média da produção diária} = 80 \text{ unidades}$$

$$TC = \frac{8880}{80} = 111,00 \text{ segundos/unidade} \quad (1)$$

$$TR = \text{Limpeza} = 2400 \text{ segundos} \quad (5)$$

5.2.5 Extrusora

A extrusora pode ser considerada o coração da operação, nesta etapa o arame e revestimentos se unem para formar o eletrodo revestido. O tarugo é disposto em um cilindro pneumático que realiza a compressão e ao mesmo tempo roldanas impulsionam o arame envolto pela massa para uma esteira, cada unidade pesa cerca de 40g, considerando uma bitola de arame

3,25mm. Para operar este equipamento são necessários dois operadores, o primeiro é responsável por regular a velocidade de extrusão e alimentação com os insumos e o segundo possui o papel de retirar os eletrodos da esteira e agrupar em bandejas.

Para o cálculo de disponibilidade foi considerado um tempo de limpeza igual a 40 minutos, movimentação para coleta e posicionamento de insumos foram 135 minutos e um tempo de 118 minutos de espera por falta de demanda.

$$\text{Tempo total turno} = 32400 \text{ s}$$

$$\text{Tempo para almoço} = 3600 \text{ s}$$

$$\text{Tempo descanso} = 900 \text{ s}$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = \text{T. turno total} - (\text{T. Almoço} + \text{T. Descanso}) \quad (3)$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = 32400 - 3600 - 900 = 27900 \text{ s}$$

$$\text{Tempo disponível} = 27900 - (\text{Limpeza} + \text{Movimentação} + \text{Falta de Demanda}) \quad (4)$$

$$\text{Tempo disponível} = 27900 - 2400 - 8100 - 7080$$

$$27900 - 17580 = 10320 \text{ segundos}$$

$$\text{disponibilidade da máquina} = \frac{10320}{27900} = 0,37 \times 100 = 37\% \quad (2)$$

O tempo de ciclo e tempo de troca são podem então ser calculados como:

$$\text{Média da produção diária} = 80 \text{ unidades}$$

$$TC = \frac{10320}{80} = 129,0 \text{ segundos/unidade} \quad (1)$$

$$TR = \text{Limpeza} = 2400 \text{ segundos} \quad (5)$$

5.2.6 Pré-secagem

Antes de passar pelo processo de cozimento no forno o material deve ficar disposto em bandejas ao ar livre para que possa perder parte da sua umidade, isto irá inibir o surgimento de trincas.

Acompanhando o ritmo da extrusão, o operador reorganiza as bandejas de eletrodos separando-os para que não grudem e acomoda na área de pré-secagem.

Para o cálculo de disponibilidade foi considerado um tempo de limpeza da área igual a 12 minutos, coleta, reorganização e checagem das bandejas no total de 135 minutos e um tempo de 64 minutos de espera por falta de demanda

$$\text{Tempo total turno} = 32400 \text{ s}$$

$$\text{Tempo para almoço} = 3600 \text{ s}$$

$$\text{Tempo descanso} = 900 \text{ s}$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = T. \text{ turno total} - (T. \text{ Almoço} + T. \text{ Descanso}) \quad (3)$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = 32400 - 3600 - 900 = 27900 \text{ s}$$

$$\text{Tempo disponível} = 27900 - (\text{Limpeza} + \text{Movimentação} + \text{Falta de Demanda}) \quad (4)$$

$$\text{Tempo disponível} = 27900 - 720 - 8100 - 3840$$

$$27900 - 12660 = 15240 \text{ segundos}$$

$$\text{disponibilidade da máquina} = \frac{15240}{27900} = 0,55 \times 100 = 55\% \quad (2)$$

O tempo de ciclo e tempo de troca são podem então ser calculados como:

$$\text{Média da produção diária} = 80 \text{ unidades}$$

$$TC = \frac{15240}{80} = 190,5 \text{ segundos/unidade} \quad (1)$$

$$TR = \text{Limpeza} = 720 \text{ segundos} \quad (5)$$

5.2.7 Secagem

Com uma capacidade nominal de 1200 kg e um operador o forno é considerado uma etapa crucial para determinação final da qualidade do produto. Através do auxílio de uma empilhadeira as bandejas são dispostas no interior do compartimento e durante o intervalo de 5h o eletrodo é submetido a ciclos de temperatura, tornando o produto duro e abrasivo.

O único tempo que subtrai do total é a movimentação que o operador precisa fazer para adequar os eletrodos no interior do forno que na média leva 25 minutos.

$$\text{Tempo total turno} = 32400 \text{ s}$$

$$\text{Tempo para almoço} = 0 \text{ s}$$

$$\text{Tempo descanso} = 0 \text{ s}$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = \text{T. turno total} - (\text{T. Almoço} + \text{T. Descanso}) \quad (3)$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = 32400 - 0 - 0 = 32400\text{s}$$

$$\text{Tempo disponível} = 32400 - (\text{Movimentação}) \quad (4)$$

$$32400 - 1500 = 30900 \text{ segundos}$$

$$\text{disponibilidade da máquina} = \frac{30900}{32400} = 0,95 \times 100 = 95\% \quad (2)$$

O tempo de ciclo da etapa do forno é calculado segundo a equação abaixo:

$$\text{Média da produção diária} = 80 \text{ unidades}$$

$$TC = \frac{30900}{80} = 386,25 \text{ segundos/unidade} \quad (1)$$

$$TR = 0s \quad (5)$$

5.2.8 Embalagem

O padrão utilizado pela empresa são embalagens de 20 kg de papelão, nesta etapa dois operadores são responsáveis por pesar e fazer uma checagem visual dos eletrodos. Para o cálculo de disponibilidade foi considerado um tempo coleta das embalagens de 35 minutos, reorganização do espaço 20 minutos e movimentação para o estoque 80 minutos.

$$\text{Tempo total turno} = 32400 \text{ s}$$

$$\text{Tempo para almoço} = 3600 \text{ s}$$

$$\text{Tempo descanso} = 900 \text{ s}$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = T. \text{ turno total} - (T. \text{ Almoço} + T. \text{ Descanso}) \quad (3)$$

$$\text{Tempo sem paradas programadas} = 32400 - 3600 - 900 = 27900s$$

$$\text{Tempo disponível} = 27900 - (\text{Coleta} + \text{Organização} + \text{Movimentação})$$

$$\text{Tempo disponível} = 27900 - 2100 - 1200 - 4800 \quad (4)$$

$$27900 - 8100 = 19800 \text{ segundos}$$

$$\text{disponibilidade da máquina} = \frac{19800}{27900} = 0,71 \times 100 = 71\% \quad (2)$$

O tempo de ciclo da etapa da embalagem é calculado segundo a equação abaixo:

$$\text{Média da produção diária} = 80 \text{ unidades}$$

$$TC = \frac{19800}{80} = 247,5 \text{ segundos/unidade} \quad (1)$$

5.3 Takt time

Para o cálculo do *takt time* foi considerado uma média de embalagens por dia, referente a uma média da demanda dos últimos 12 meses (tabela 2). Já o tempo operacional, segundo o parâmetro foi de 27900 minutos, ou seja, um turno de 7 horas e 45 minutos. A equação utilizada para o cálculo foi:

$$Takt\ time = \frac{\text{tempo operacional}}{\text{demanda}} \left[\frac{\text{segundos}}{\text{kg}} \right] \quad (6)$$

$$Takt\ time = \frac{27.900}{80}$$

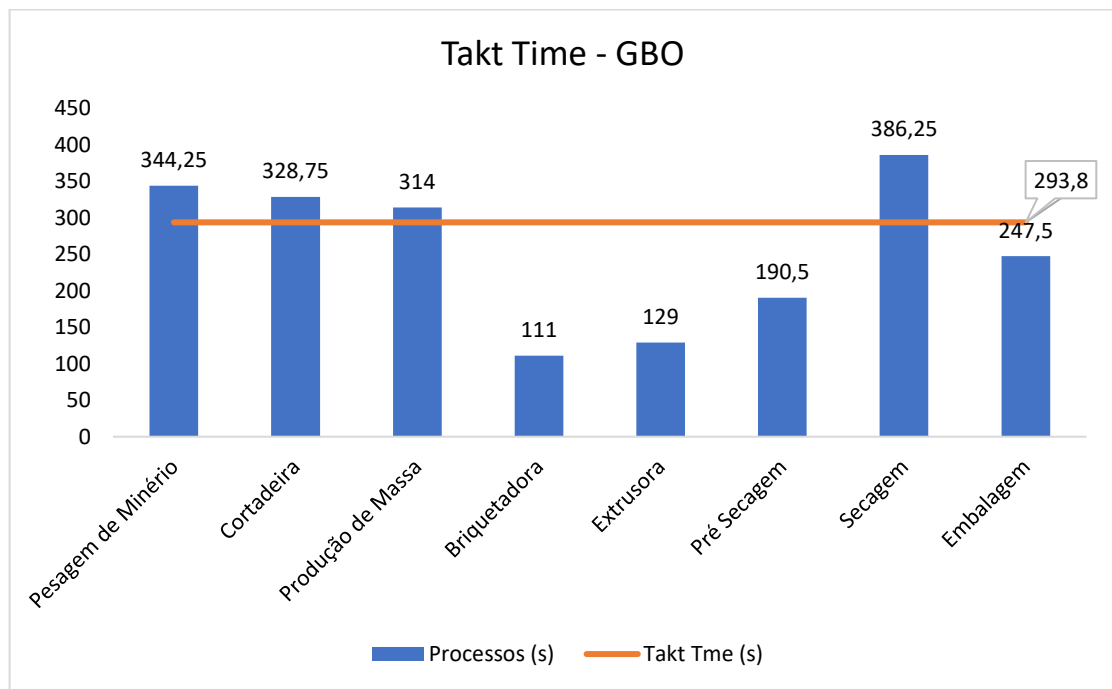
$$Takt\ time = 348,75 \text{ segundos/unidade}$$

À vista disso o *takt time* resume que para atender a demanda do cliente dentro do tempo de trabalho disponível, a fábrica precisa obter a cada 348,75 segundos uma caixa de produto acabado.

Rother e Shook (2003) relatam que quando o tempo de ciclo é menor que o *takt time*, isso normalmente significa um excesso de produção e acúmulo de estoques não planejados. O correto seria que ambos estivessem próximos.

A Figura 23 exemplifica a linha de *takt time* comparada com os tempos de ciclos calculados anteriormente:

Figura 23-Takt time da produção



Fonte: Autoria própria (2019)

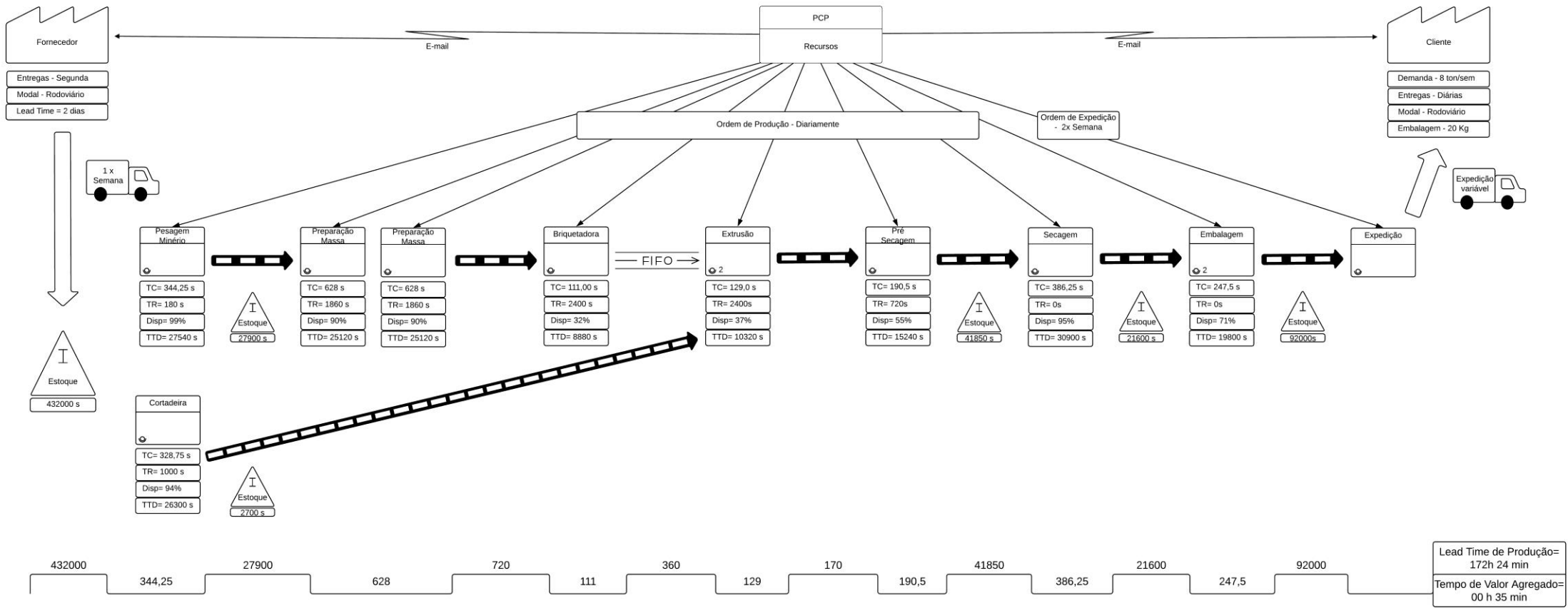
5.4 Cálculo da linha do tempo

Após a construção do mapa do estado atual, obtiveram-se os aspectos fundamentais para o cálculo da linha do tempo do processo manufatureiro. Dois tempos foram mapeados: lead time do processo (L/T) e tempo de valor agregado (TAV).

O *lead time* (L/T) é o somatório em dias e/ou horas de estoque, observados no fluxo de operação; no presente estudo, este tempo foi de 172h 24 min. Já o cálculo do TAV, foi construído mediante a soma dos tempos das atividades que agregam valor, estipulado em 00h 35min.

5.5 Mapa atual

Figura 24-Mapa do estado atual



6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapa do estadual serviu como alicerce para a identificação dos pontos de melhoria; através do relacionamento com as ferramentas desenvolvidas pela metodologia STP foi possível identificar os gargalos e conseqüentemente as atividades que não agregam valor na construção de um sistema contínuo e eficaz. O mapa futuro apresentado irá retratar como as mudanças propostas afetam toda a cadeia de produção. Dentre as melhorias desenvolvidas é importante citar: kaizen, gestão a vista, kanban, TRF, 5S, TPM, CAPEX e mudança no layout.

6.1 Melhorias identificadas

Nos próximos tópicos serão detalhadas as soluções de melhorias propostas para toda a cadeia de produção associadas diretamente com a fundamentação teórica discutida anteriormente.

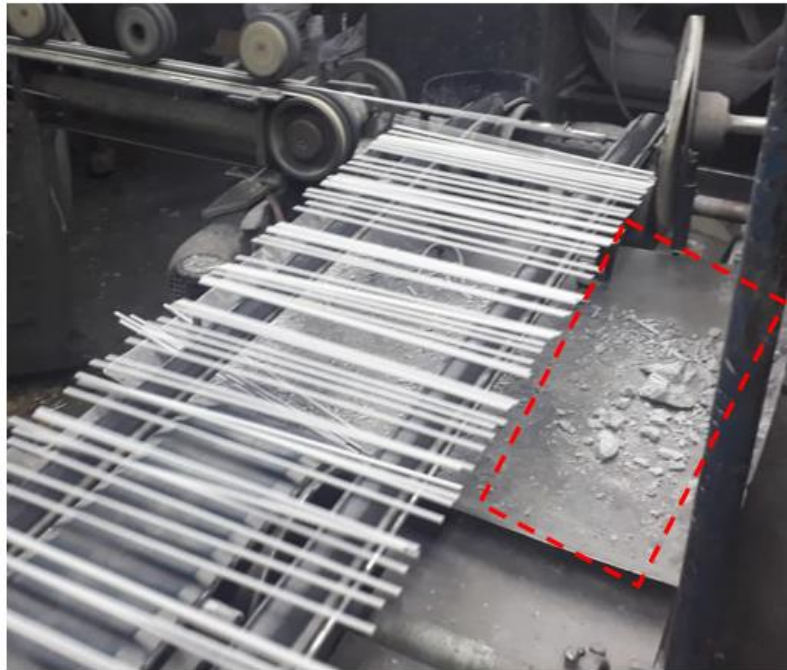
6.1.1 Kaizen e 5S na extrusão

Um dos pontos principais de melhoria identificada está no processo de extrusão; existe uma perda de massa que fica acumulada nas extremidades da capsula de revestimento e na esteira. Quando este material é acumulado e coletado da maneira correta é possível criar um subproduto chamado de Recupero, que hoje é reincorporado no processo de pesagem dos minérios. Atualmente este aproveitamento é baixo, pois a limpeza está sendo realizada no final do turno, ocasionando a contaminação do recupero, seja por sujeira ou mistura de minérios não provenientes daquela ordem de produção. O correto seria ter um processo paralelo de limpeza a cada ordem de produção diferente.

Outra melhoria adjunta desta etapa seria instalar recipientes coletores no entorno da máquina e dispor lonas no chão para evitar o contato do material com a superfície. Essas iniciativas simples e eficazes foram sintetizadas a partir da metodologia Kaizen e 5S. Para um bom funcionamento dessas metodologias os funcionários devem estar envolvidos e entender o impacto da melhoria contínua na organização.

A Figura 25 traz um protótipo usado pelo autor na produção para validar a ideia proposta acima. Neste caso, foi instalado um recipiente provisório (destacado em vermelho) para coletar uma amostra da quantidade de material que estava sendo descartado no processo.

Figura 25-Teste de coleta dos resíduos (recupero)



Fonte: Aatoria própria (2019)

6.1.2 Controle de qualidade na extrusão

O segundo ponto de melhoria seria a inserção de uma estação de controle da qualidade na extrusão, possibilitando identificar os eletrodos defeituosos antes que este pré-seque. Através disso a massa pode ser descascada por um operador e adicionada na massa úmida, evitando a sua classificação como recupero. A desvantagem do recupero frente à massa úmida é a adição de silicato de potássio novamente para atingir a consistência e também a trituração, visto que este material solidifica.

Esta sugestão remete aos conceitos de desperdício citados por Shingo (1996) anteriormente; o autor ressalta que o desperdício de produtos defeituosos deve ser considerado como um dos maiores desperdícios do processo, e é a consequência da manufatura de um produto com alguma característica fora da especificação. Dentre as sete perdas, essa é a mais aparente de todas, devido a capacidade de mensurar quantitativamente o prejuízo.

6.1.3 Mudança de layout na pré secagem

Através de um brainstorming com um colaborador foi possível identificar que a pré-secagem está disposta no local errado. Hoje existe um tempo de movimentação alto nesta etapa e não se aproveita a energia térmica que o forno produz ao entorno como forma de ajudar no

processo de pré-secagem. No entanto esta temperatura deve ser controlada, não ultrapassando 50°C. A imagem 26 demonstra a posição ideal que as bandejas de eletrodos pré-secos devem ficar.

Figura 26-Forno e bandeja com eletrodos pré secos



Fonte: Autoria própria (2019)

6.1.4 Kanban e CAPEX na cortadeira

O quarto ponto de melhoria seria a associação de um *Kanban* e a compra de uma máquina que desentorta arames. Em função da regulagem (pressão e velocidade) muitos arames são deformados e classificados como sucata, sendo vendido ou descartado. A viabilidade dessa aquisição deve ser calculada pelos diferentes tipos de material que são processados: alumínio, inox e aço. Provavelmente o *pay-back* deve ser inferior a um ano, pois o custo de insumos como o inox e alumínio é extremamente elevado.

A utilidade do *Kanban* é voltada para mostrar a necessidade da extrusora pelo material, ou seja, sempre que voltar uma caixa vazia de alumínio do processo, a cortadeira pode enviar para produção mais uma remessa de insumo.

6.1.5 Troca rápida de ferramentas na cortadeira

Outro ponto identificado é que os operadores demoram muito tempo para regular a máquina (*setup*) e como solução foi sugerida a utilização da troca rápida de ferramentas associada com uma gestão a vista.

A proposta é criar um compartimento com todas as ferramentas necessárias para ajustar o maquinário e deixá-las organizadas na ordem de necessidade, com isto o operador não precisa ficar procurando a ferramenta e compartilhar com outros funcionários. Já a gestão visual funcionará como um facilitador, identificando as ferramentas com marcadores e um quadro detalhado com os procedimentos caso o operador falte. A figura 27 mostra uma alternativa viável

Figura 27-Modelo de troca rápida de ferramenta



Fonte: Oximaq (2018)

6.1.6 EPI, lock-out e purgador na produção de massa seca e úmida

Este tópico deve ser considerado o ponto crítico, pois faz referência a uma mudança de cultura na empresa. Durante a caminhada pelo chão de fábrica, ficou evidente a ausência no uso de equipamentos de proteção individual e atitudes displicentes que comprometiam a integridade do funcionário.

Durante a pesagem de minério o operador não fazia o uso de máscara de proteção, possibilitando a inalação de partículas acumulativas e prejudiciais à saúde. A segunda observação é mais crítica, pois segundo os funcionários já ocorreram acidentes em função desta atitude. Na preparação de revestimento os operadores inserem o braço no misturador para verificar a consistência, ficando expostos a cortes no braço pela pá giratória. Como solução a este problema o uso de *lock-out* impediria que a tampa fosse aberta com o equipamento em funcionamento e a construção de um purgador tornaria a análise de densidade segura.

A figura 28 mostra um exemplo moderno de *lock-out* e a figura 29 uma máscara utilizada na indústria.

Figura 28-Exemplo de lock-out industrial



Fonte: Realsafety (2017)

Figura 29-Respirador industrial



Fonte: 3M Brasil (2018)

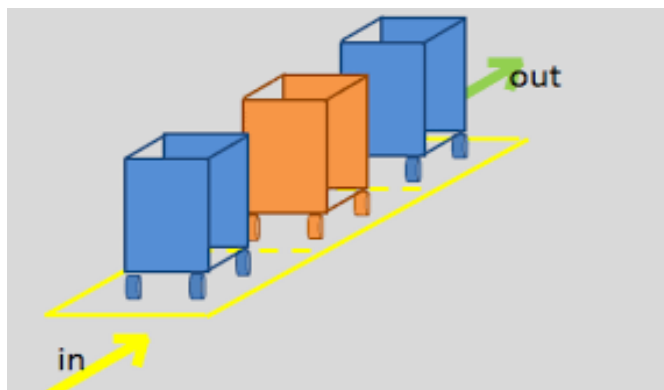
6.1.7 Sistema de armazenagem FIFO na pré secagem

Durante a etapa de armazenamento da pré-secagem existe um acúmulo de material e os operadores não possuem uma forma padronizada de organizar e identificar qual eletrodo está há mais tempo no processo. Atualmente eles realizam essa tarefa de forma automática, sem pensar, pois, conhecem o processo como um todo e conseguem identificar pelo tato aqueles eletrodos que estão prontos para a fase seguinte.

Como forma de otimização foi sugerido à utilização de um sistema FIFO associado com uma gestão visual por cartões. Para que essa melhoria realmente funcione todos os colaboradores devem estar alinhados e ter conhecimento do funcionamento destas metodologias. Assim, terão a garantia que nenhum produto fique estocado por um tempo maior que o indicado e cartões sejam alocados de maneira errônea.

As ilustrações a seguir detalham o funcionamento destas ferramentas

Figura 30-Modelo FIFO com as bandejas de eletrodos



Fonte: Adaptado de Shingo (2019)

Figura 31-Cartão sinalizador

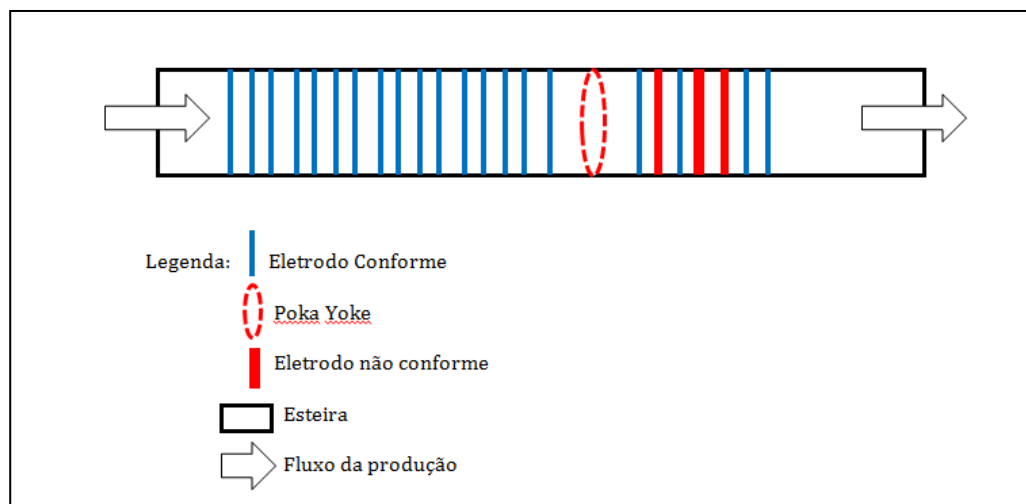


Fonte: A autoria própria (2019)

6.1.8 Poka yoke na extrusora

Como citado na fundamentação teórica o Poka-Yoke é um dispositivo à prova de erros, criado para inibir a ocorrência de defeitos. Esta ferramenta desenvolvida por Shigeo Shingo será utilizada para identificar aqueles eletrodos que estão fora do diâmetro solicitado na ficha de produção. A ideia é colocar sobre a esteira um suporte com as especificações desejadas e caso o eletrodo encoste na superfície da ferramenta, imediatamente será liberado uma tinta, marcando o eletrodo irregular. O esquema está representado na Figura 32.

Figura 32-Protótipo de Poka-Yoke na esteira



Fonte: A autoria própria (2019)

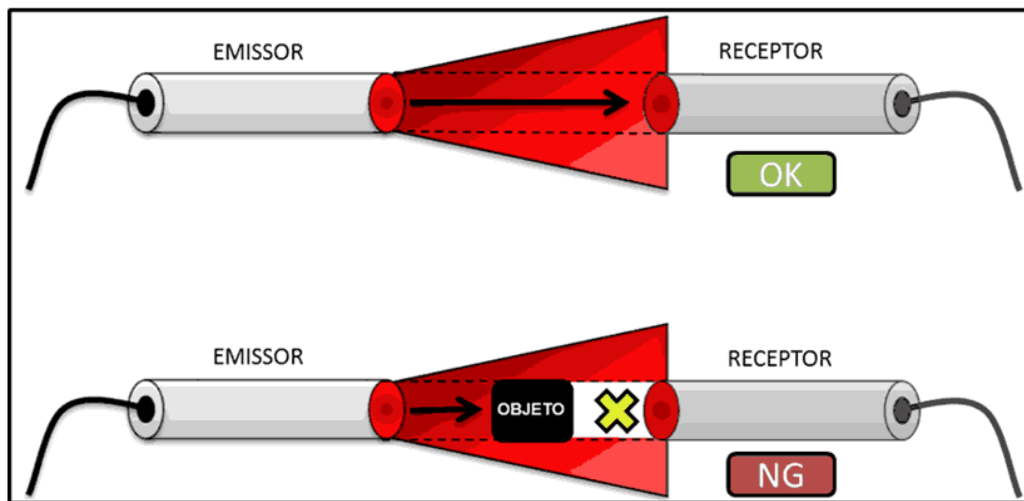
6.1.9 Automação no controle de qualidade (nova função)

Como forma de complementar o Poka Yoke descrito no tópico (6.1.8) sugere o uso da automação (Jidoka). A utilização desta metodologia proporciona aos operadores e máquinas a identificação de quando uma situação não conforme ocorre, possibilitando a interrupção imediata da operação. Logo após a passagem do eletrodo pelo dispositivo Poka Yoke o controle de qualidade (6.1.2) irá identificar o erro, podendo escolher se interrompe a linha de produção ou avisa o operador da máquina da necessidade de regular a pressão, evitando o reprocesso de um lote.

Em um estágio de maturidade mais avançado das operações de controle, o gestor poderá implementar um sensor ótico que contabiliza a quantidade de eletrodos não conformes, este

dispositivo será capaz de interromper a linha de produção quando os níveis estiverem fora do padrão e informar constantemente o operador da necessidade de regulagem. A Figura 33 mostra o funcionamento deste sensor sugerido.

Figura 33-Modelo sensor ótico



Fonte: Citisystems (2017)

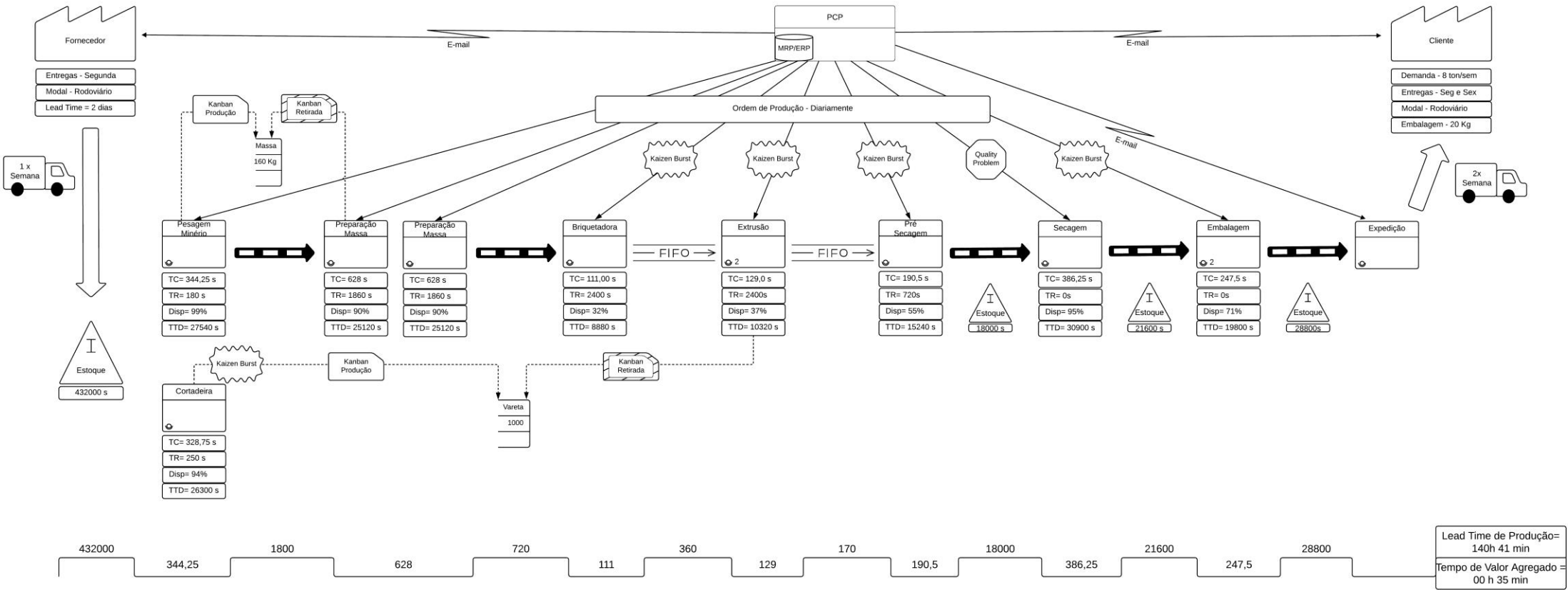
6.1.10 Total Poductive Maintenance (TPM) na Briquetadora

Após a sondagem de tempos desta etapa, notou-se um alto índice de paradas da máquina. Uma das causas mapeada foi a falta de verificação do nível de óleo no sistema de acionamento pneumático. A falta deste aditivo faz com que o pistão de compressão atue de forma lenta e deprecie o equipamento.

Como solução a este problema é proposto a utilização *Total Poductive Maintenance* (TPM), concentrando os esforços na manutenção preventiva e monitoramento do sistema. Sendo assim, o operador deve verificar no início do turno a quantidade, e caso haja necessidade de colocar mais aditivo, ele irá possuir autonomia para não retardar toda a cadeia de valor. É importante salientar que o operador deve ser treinado para identificar os níveis corretos de reposição e em caso de dúvidas ele deve acionar o seu superior imediatamente.

6.2 Mapa do estado futuro

Figura 34-Mapa do estado futuro



7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 Conclusão

O estudo de caso foi elaborado através da aplicação dos conceitos da ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor e as técnicas do pensamento enxuto (*lean manufacturing*) em uma fábrica de eletrodos revestidos com a finalidade de detectar oportunidades de *upside* na produção da família A. A construção do mapa do estado atual possibilitou constatar a presença de cinco desperdícios dentre os sete grupos classificados por Ohno (1997), os quais foram: perda por processamento, perda por fabricação de produtos defeituosos, perda por movimentação, perda por estoque e perda por espera.

As melhorias foram sistematizadas através das seguintes ferramentas: kaizen, metodologia 5S, controle de qualidade, mudança de layout, sistema kanban, troca rápida de ferramentas, segurança do trabalho, sistema de armazenamento FIFO, *Poka-Yoke*, gestão a vista, *jidoka* e TPM.

Como resultado, atinge-se um ganho de tempo em mão de obra de até 31 h 43 min, podendo esta ser realocada em outra tarefa (multiprocesso), melhor controle e organização de estoque (pré secagem), eliminação de desperdícios (recupero) e, ainda, permite que a empresa consiga atender sua demanda no tempo certo. É importante destacar que o *TAV* não foi reduzido, pois o tempo de processamento é um dos elementos que agrega características específicas as eletrodo.

O Mapa de Fluxo de Valor é somente o primeiro passo na identificação das oportunidades de melhoria, cabe à empresa estudar a viabilidade das soluções propostas e acompanhar todo o processo de implementação.

Ressalta-se que para obter sucesso na implantação dos conceitos do Sistema Toyota de Produção deve haver uma grande mudança na cultura organizacional da empresa, uma vez que, é necessário criar um sistema de valores compartilhados pelos membros da empresa, em todos os níveis. Somente através dessas transformações sistêmicas a empresa crescerá de forma sustentável e sobreviverá no mercado.

7.2 Trabalhos futuros

Sobre os trabalhos futuros, indica-se o uso da ferramenta PDCA e *Balanced Score Card* no ciclo de implementação das melhorias propostas, estas ferramentas trarão confiabilidade aos dados coletados, identificando pontos de remodelagem.

Outra sugestão é um estudo de viabilidade completo da implementação do *Jidoka* em toda a unidade. A utilização de tecnologia de ponta será capaz de detectar mínimas alterações no ambiente, os sensores serão como os olhos e ouvidos da indústria e gerência, promovendo uma melhora significativa na segurança, contagem de material, controle de direção, nível de fluidos e qualidade do material. Todas essas informações quando compilados fornecerão insumos para a tomada de decisões rápidas por parte da operação e estratégicas dos diretores.

O último ponto é que a gestão precisa reavaliar se mantém o mesmo ritmo de produção. Essa medida faz com que a expedição fique suscetível a variações de demanda, ou seja, é interessante a empresa adotar o sistema *Make to Order* durante todo o ano, minimizando falhas no atendimento ao consumidor.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, Maria Esmeralda Ballestero. **Organização, sistemas e métodos**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.
- ANTUNES, Junico, et al. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- BRUUN, Peter; MEFFORD, Robert N. **Lean Production and the Internet**. School of Business and Management, University of San Francisco, USA, 2003.
- CARVALHO, Antonio Vieira; NASCIMENTO, Luiz Paulo. **Administração de Recursos Humanos**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- CERRA, A. L.; BONADIO, P. V. G. **As relações entre estratégia de produção, TQM (Total Quality Management ou Gestão da Qualidade Total) e JIT (Just-In-Time) - estudos de caso em uma empresa do setor automobilístico e em dois de seus fornecedores**. *Gestão da Produção*, v. 7, n. 3, 2000.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Administração: Teoria, Processo e Prática**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1993.
- CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos –estratégias para redução de custos e melhorias dos serviços**. SP: Pioneira, 1998.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - **CONAB**: Boletim janeiro 2019. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 06 de jul de 2019.
- CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 2009.
- DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa**. *O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- DUARTE, A.; BRITO, L.; DI SERIO, L.; MARTINS, G. **Operational practices and financial performance: an empirical analysis of Brazilian manufacturing companies**. *Brazilian Administration, Review* v.8, 2011.

- FERRO, J. **A essência da ferramenta “mapeamento do fluxo de valor**. [S.I.], 2005.
Disponível em: <http://www.lean.org.br/artigos/61/a-essencia-da-ferramenta-mapeamento-do-fluxo-de-valor.aspx>. Acesso em: 09 abr.2019.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002
- FORTES, C. **Metalurgia da soldagem**. ESAB BR, 2005. Disponível em: Acesso em: jul. 2019
- GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: Mais do que simplesmente Just-In-Time**. Editora da Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul,1999.
- GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de Produção: 1. ed.** Caxias do Sul: EDUSC, 1996.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- GOMES, J. E. N.; OLIVEIRA, J. L. P.; ELIAS, S. J. B.; BARRETO, A. F.; ARAGÃO, R.L. **Balanceamento de linha de montagem na indústria automotiva – um estudo de caso**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, RJ, out.2008.
- GONÇALVES, H. **Manual de metodologia de pesquisa**.São Paulo:Avercamp,2005.
- Hall, R.W., “**Zero inventories**”, McGraw-Hill, 1983.
- HAMMABERG, M; SUNDÉN, J. **Kanban in Action 1. ed.** Manning Publications,2014
- IWAYAMA, H.: **Basic Concept of Just-in-time System, mimeo**, IBQP-PR, Curitiba, PR, 1997.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico: projetos de pesquisa, pesquisa bibliográfica, teses de doutorado, dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso**. 8. ed. – São Paulo: Atlas, 2017.
- LIKER, J.K. **O Modelo Toyota - 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Trad. Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LIKER, J.K. **O Modelo Toyota – Excelência em Serviços**. Porto Alegre: Bookman, 2019.
- LÜDKE, Menga. ANDRE, Marli E.D.A.**A Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**.2 ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.
- MARODIN, Giuliano; ZAWISLAK, Giuliano. **Mapeamento do Fluxo de Valor em Empresa Madeireira**. XII SIMPEP, Bauru – SP, Brasil, 2005

- MARQUES, P. V., MODENESI, P. J.; BRACARENSE, Q. A. **Soldagem Fundamento e Tecnologia**. 3. Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.
- MINAYO, Maria C. de Souza (org) et al. **Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade**. 18 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.
- MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 5 ed. São Paulo: Pioneira, 2000.
- MORTIMER, A. **A lean route to manufacturing survival**, *Journal Assembly Automation*, Manchester, v. 26, n. 4, 2006.
- MOURA, R.A.; BANZATO, E. **Redução do Tempo de Setup: Troca Rápida de Ferramenta e Ajustes de Máquinas**. São Paulo: IMAM, 1996.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- OLABUENAGA, J. I. R.; ISPIZÚA, M. A. **La descodificacion de la vida cotidiana: metodos de investigacion cualitativa**. 1. ed. Bilbao: Universidad de Deusto, 1989.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. 1 ed. Curitiba: Unicenp, 2001.
- RENTES, A. F.; NAZARENO, R. R.; SILVA, A. L. **Mapeamento do Fluxo de Valor para Produtos com Ampla Gama de Peças**. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ouro Preto-MG, 2004.
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 4. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Atlas, 2017
- ROTHER, M.; HARRIS R. **Criando Fluxo Contínuo**. Lean Institute Brasil. São Paulo.105p, 2002
- ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- ROWLEY, I. **Toyota: way, way off-road**. Business Week Online, 06 jul. 2006. Disponível em: <https://www.toyota.pt/world-of-toyota/toyota-no-mundo/the-toyota-way.json>: Acesso em: 12 jul. 2019.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

- SHINGO, S. **Sistema toyota de produção: do ponto-de-vista de engenharia de produção.** Porto Alegre: Bookmann, 1996.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 4. ed. Florianópolis, 2005.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** 2. Ed. São Paulo:Atlas,2002
- SPEAR, S.; BOWEN, H. K. **Decoding the DNA of the Toyota Production System.** Harvard Business Review, p. 97-106, 1999.
- STRAUSS, A.L.; CORBIN, J. **Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada.** Trad. de Luciane de Oliveira da Rocha. 2ª ed., Porto Alegre, Artmed,2015.
- SUZAKI, Kiyoshi. **The new manufacturing challenge: Techniques for continuous improvement.** New York, NY: The Free Press, 1987.
- TAPPING, D; LUYSTER, T.; SHUKER, T. **Value Stream Management: eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements.** Productivity Press. New York, 2002.
- Thiollent, M. **Metodologia de Pesquisa-ação.** São Paulo: Saraiva,2009
- TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Atlas, 1987.
- TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** São Paulo: Atlas, 2009.
- VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração.** São Paulo: Atlas, 2005.
- VIEIRA, Maurício G. **Aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor para Avaliação de um Sistema de Produção.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006
- WERKEMA, Cristina. **Ferramentas estáticas básicas para gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Werkema, 2006.
- WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROSS, Daniel. **A Máquina que mudou o Mundo.** 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- XAVIER, G. V.; SARMENTO, S. S. **Lean Production e mapeamento do fluxo de valor.** Disponível em: < http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo >. Acesso em: 18 de out. de 2019

ZANELLI, J. C. **Pesquisa qualitativa em estudos da gestão de pessoas.** Estudos de Psicologia, v. 7, 2002.