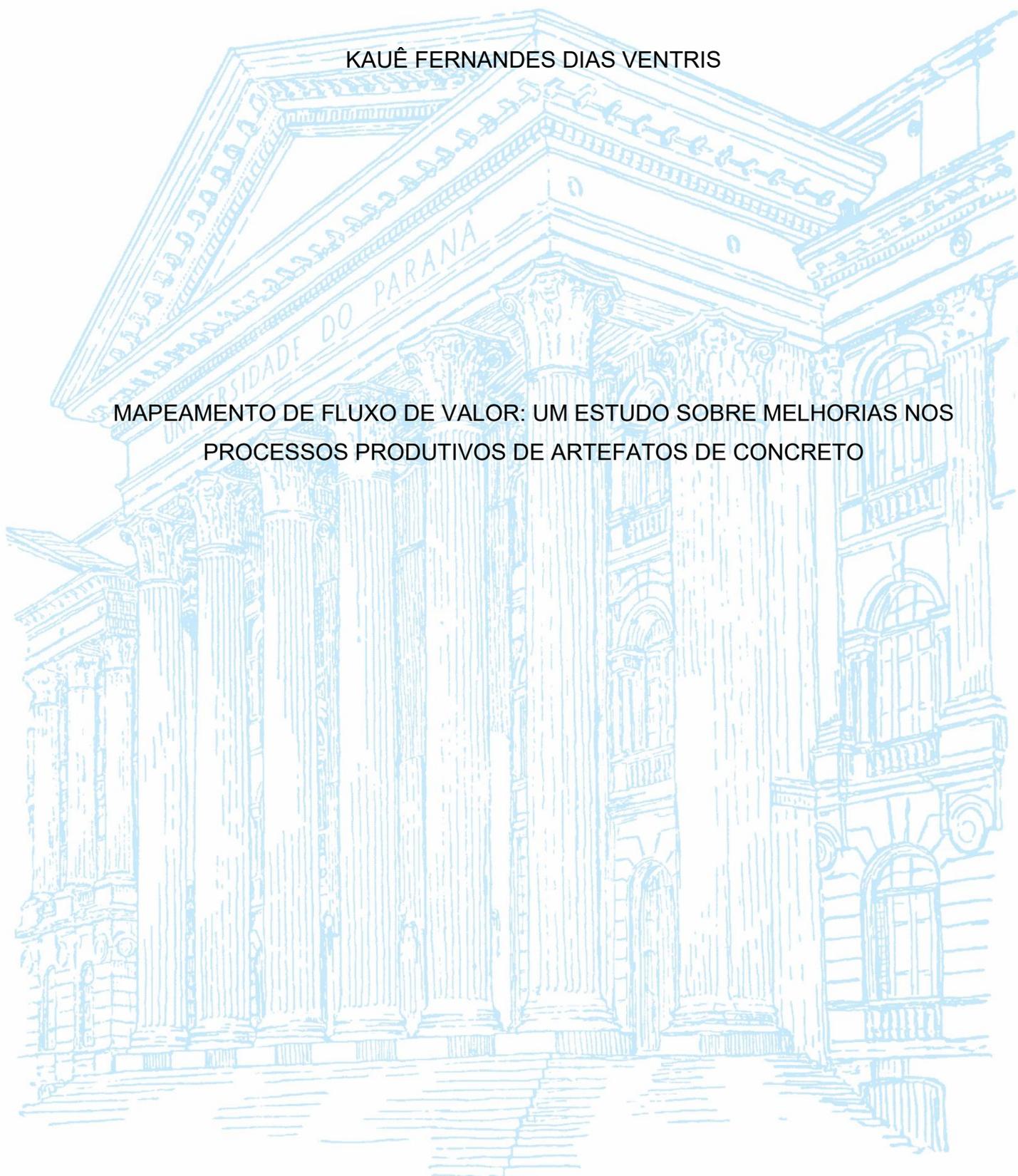


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

KAUÊ FERNANDES DIAS VENTRIS

MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR: UM ESTUDO SOBRE MELHORIAS NOS
PROCESSOS PRODUTIVOS DE ARTEFATOS DE CONCRETO



JANDAIA DO SUL

2022

KAUÊ FERNANDES DIAS VENTRIS

MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR: UM ESTUDO SOBRE MELHORIAS NOS
PROCESSOS PRODUTIVOS DE ARTEFATOS DE CONCRETO

Monografia apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia, no
Curso de Graduação em Engenharia de Produção,
da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Germano Dal Molin
Filho

JANDAIA DO SUL

2022

Ventris, Kauê Fernandes Dias

Mapeamento de Fluxo de Valor : um estudo sobre melhorias nos processos produtivos de artefatos de concreto. / Kauê Fernandes Dias Ventris. – Jandaia do Sul, 2022.

1 recurso on-line : PDF.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Campus Jandaia do Sul, Graduação em Engenharia de Produção. Orientador: Prof. Dr. Rafael Germano Dal Molin Filho.

1. Qualidade. 2. Manufatura Enxuta. 3. Mapeamento do Fluxo de Valor. 4. Artefatos de concreto. I. Molin Filho, Rafael Germano Dal. II. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

CDD: 658.4



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PARECER Nº 63 - **KAUÊ FERNANDES DIAS VENTRIS/2022/UFPR/R/JA**
PROCESSO Nº 23075.079917/2019-87
INTERESSADO: KAUE FERNANDES DIAS VENTRIS

TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Título: MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR: UM ESTUDO SOBRE MELHORIAS NOS PROCESSOS PRODUTIVOS DE ARTEFATOS DE CONCRETO

Autor(a): KAUÊ FERNANDES DIAS VENTRIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau no curso de Engenharia de Produção, aprovado pela seguinte banca examinadora.

Rafael Germano Dal Molin Filho (Orientador)

André Luiz Gazoli de Oliveira

Daniel Mantovani



Documento assinado eletronicamente por **RAFAEL GERMANO DAL MOLIN FILHO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 01/06/2022, às 19:39, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **ANDRE LUIZ GAZOLI DE OLIVEIRA, VICE-DIRETOR(A) DO CAMPUS AVANÇADO DE JANDAIA DO SUL - JA**, em 01/06/2022, às 21:57, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Mantovani, Usuário Externo**, em 02/06/2022, às 13:56, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador 4570906 e o código CRC C1C2C88D.

Dedico esta obra a minha irmã Sophia, a minha mãe Adriana e meu pai Fernando, por todo amor, apoio e suporte fornecido ao longo desses anos, e por sempre me encorajarem a dar meu melhor, em todas as situações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter proporcionado em minha vida a possibilidade de trilhar esse caminho, guiando meus passos com muita sabedoria, saúde e determinação.

Sou extremamente grato a vida dos meus familiares, que desde a descoberta que eu iria cursar Engenharia de Produção em uma universidade em outro estado, a dez horas de viagem, sempre me encorajaram e deram forças para que eu atravessasse qualquer obstáculo que surgisse, sempre com muita alegria, e com a certeza de que eu optei pelo caminho certo.

Agradeço aos amigos que fiz nessa trajetória, que me incentivaram e apoiaram em todos os momentos, pelas angústias e alegrias compartilhadas, e pela própria amizade construída, que se perpetuará para a vida.

Sou grato a todo o corpo docente da UFPR Campus Avançado Jandaia do Sul, pelos ensinamentos transmitidos.

Por fim, agradeço ao meu orientador Prof. Rafael Germano, por toda a dedicação e confiança depositada em mim, e por todo o trabalho desenvolvido ao longo dos últimos três anos.

“Nunca deixe que alguém lhe diga que não pode fazer algo. Se você tem um sonho, tem que protegê-lo. As pessoas que não podem fazer por si mesmas, dirão que você não consegue. Se quer alguma coisa, vá e lute por ela. Ponto final.”

Chris Gardner, de *À Procura da Felicidade*

RESUMO

A implementação de técnicas e ferramentas da Manufatura Enxuta (ME) nos fluxos dos processos produtivos, vem garantindo às organizações ganhos em eficiência e aumento de produtividade. Quando os conceitos da ME são implantados com sucesso, observam-se reduções dos erros de execução, dos desperdícios e dos gastos necessários para resolvê-los. Estas características são essenciais para qualquer empresa que busca se destacar em seu mercado de atuação, haja visto o vigente cenário de pandemia, com forte competitividade entre elas. Nesta conjuntura, o presente estudo, implementou a ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) em uma empresa fabricante de produtos elétricos de grande porte, situada no norte do Paraná. A implementação ocorreu no processo da concretagem, integrante na manufatura de postes do tipo Duplo T, e objetivou a elevação no volume de produção e a redução em seu *lead time*. O estudo de caso adotou a sistemática proposta por Rother e Shook (2003) para a condução do projeto, iniciando-se a partir da escolha do processo a ser mapeado, a elaboração do mapa de estado atual, a subsequente análise e apontamento dos desperdícios e melhorias existentes, a elaboração de um plano de ação que englobasse os fatores observados e os objetivos definidos, e por fim a construção de um mapa de estado futuro que apresente as ações definidas. Além do MFV, utilizou-se outras ferramentas de grande relevância para a ME, tais quais o Diagrama de Ishikawa, o 5W1H e a Matriz GUT. A aplicação do MFV e dos conceitos e técnicas da ME resultaram na projeção da eliminação de uma das etapas do processo e na melhoria dos indicadores analisados. De modo particular, obteve-se a projeção de redução no Tempo de Estoque Inicial de 49,75% e no *Lead Time* de 40,24%, prospectando assim, uma possível elevação nos índices de Tempo de Agregação de Valor em 11,48% e de 63,64% na produtividade.

Palavras-Chave: Qualidade, Manufatura Enxuta, Mapeamento do Fluxo de Valor, Artefatos de Concreto.

ABSTRACT

The implementation of Lean Manufacturing (LM) techniques and tools in the production process flows has been assuring the organizations gains in efficiency and increase in productivity. When the concepts of Lean Manufacturing are successfully implemented, there is a reduction in errors of execution, waste, and the expenses necessary to resolve them. These characteristics are essential for any company that seeks to stand out in its market, given the current pandemic scenario, with strong competition among them. At this juncture, this study implemented the Value Stream Mapping tool (VSM) in a large electrical products manufacturing company, located in northern Paraná. The implementation occurred in the concrete pouring process, integral to the manufacture of Double T concrete poles, and aimed to increase production volume and reduce lead time. The case study adopted the system proposed by Rother and Shook (2003) to conduct the project, starting with the choice of the process to be mapped, the preparation of the current state map, the subsequent analysis and pointing of waste and existing improvements, the preparation of an action plan that encompasses the observed factors and the defined objectives, and finally the construction of a future state map that presents the defined actions. Besides the VSM, other tools of great relevance for LM were used, such as the Ishikawa Diagram, 5W1H, and the GUT Matrix. The application of the VSM and the concepts and techniques of LM resulted in the projection of the elimination of one of the stages of the process steps, and in the improvement of the analyzed indicators. In a particular way, it was obtained the projection of reduction in the Initial Stock Time (-49,75%) and in the Lead Time (-40,24%), and the elevation in the indexes of Time of Value Aggregation (11,48%) and in the Productivity (63,64%) existing in the process, thus reaching the objectives stipulated for the study.

Keywords: *Quality, Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, Concrete Artifacts.*

LISTA DE EQUAÇÕES

(1) EQUAÇÃO PARA PREÇO DO VENDA	32
(2) EQUAÇÃO PARA LUCRO	32
(3) EQUAÇÃO PARA <i>LEAD TIME</i>	59
(4) EQUAÇÃO PARA TEMPO DE ESTOQUE	59
(5) EQUAÇÃO PARA <i>TAKT TIME</i>	59
(6) EQUAÇÃO PARA TEMPO DISPONÍVEL	59
(7) EQUAÇÃO PARA PRODUTIVIDADE TOTAL	60
(8) EQUAÇÃO PARA PRODUTIVIDADE DE FATOR ÚNICO	60
(9) EQUAÇÃO PARA TEMPO DE AGREGAÇÃO DE VALOR (%)	60
(10) EQUAÇÃO PARA TEMPO DISPONÍVEL MFV ATUAL	73
(11) EQUAÇÃO PARA <i>TAKT TIME</i> MFV ATUAL.....	73
(12) EQUAÇÃO PARA TEMPO DE ESTOQUE INICIAL MFV ATUAL	74
(13) EQUAÇÃO PARA <i>LEAD TIME</i> MFV ATUAL	74
(14) EQUAÇÃO PARA TEMPO DE AGREGAÇÃO DE VALOR (%) MFV ATUAL.....	75
(15) EQUAÇÃO PARA PRODUTIVIDADE DE FATOR ÚNICO MFV ATUAL	75
(16) EQUAÇÃO PARA TEMPO DE ESTOQUE INICIAL MFV FUTURO	87
(17) EQUAÇÃO PARA <i>LEAD TIME</i> MFV FUTURO	87
(18) EQUAÇÃO PARA TEMPO DE AGREGAÇÃO DE VALOR (%) MFV FUTURO	87
(19) EQUAÇÃO PARA PRODUTIVIDADE DE FATOR ÚNICO MFV FUTURO.....	87

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – AGRUPAMENTO DAS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS	23
FIGURA 2 – ESTRUTURA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	30
FIGURA 3 – FERRAMENTAS E AÇÕES DO <i>JUST-IN-TIME</i>	38
FIGURA 4 – SIGNIFICADO DO 5S	40
FIGURA 5 – ESTRUTURA BÁSICA – DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	53
FIGURA 6 – CICLO DE MELHORIA DO MFV	56
FIGURA 7 – ÍCONES UTILIZADOS NA REPRESENTAÇÃO DO MFV	58
FIGURA 8 – METODOLOGIA CIENTÍFICA UTILIZADA	63
FIGURA 9 – ORGANOGRAMA SIMPLIFICADO DE ARTEFATOS DE CONCRETO ...	64
FIGURA 10 – PROCESSO DE CONCRETAGEM	65
FIGURA 11 – ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	66
FIGURA 12 – MFV DO ESTADO ATUAL.....	71
FIGURA 13 – TEMPOS DE CICLO x <i>TAKT TIME</i>	74
FIGURA 14 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA – ESTOQUE	78
FIGURA 15 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA – PROCESSAMENTO	78
FIGURA 16 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA – MOVIMENTAÇÃO	79
FIGURA 17 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA – FAB. PRODUTOS DEFEITUOSOS	79
FIGURA 18 – AÇÕES DE MELHORIA NO MFV ATUAL	84
FIGURA 19 – MFV DO ESTADO FUTURO	86

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – FUNÇÕES E REGRAS DO KANBAN	49
QUADRO 2 – 5W2H	54
QUADRO 3 – MATRIZ GUT	55
QUADRO 4 – DESPERDÍCIOS – MFV ATUAL.....	76
QUADRO 5 – PLANO DE AÇÃO - DESPERDÍCIOS	82

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DADOS COLETADOS DO PROCESSO DE CONCRETAGEM.....	69
TABELA 2 – INDICADORES DO PROCESSO DE CONCRETAGEM – MFV ATUAL...	75
TABELA 3 – MATRIZ GUT – ESTOQUE	80
TABELA 4 – MATRIZ GUT – PROCESSAMENTO	80
TABELA 5 – MATRIZ GUT – MOVIMENTAÇÃO	80
TABELA 6 – MATRIZ GUT – FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DEFEITUOSOS	81
TABELA 7 – INDICADORES DO PROC. DE CONCRETAGEM – MFV ATUAL X MFV FUTURO.....	88

LISTA DE ABREVIATURAS

DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve and Control*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

JIT – *Just-in-Time*

ME – Manufatura Enxuta

MFP – Mecanismo da Função Produção

MFV – Mapeamento de Fluxo de Valor

ODF – Ordem de Fabricação

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PA – Produto Acabado

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PDCA – *Plan, Do, Check and Act*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

STP – Sistema Toyota de Produção

TPM – *Total Productive Maintenance*

TRF – Troca Rápida de Ferramenta

VSM – *Value Stream Mapping*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	17
1.2 OBJETIVOS.....	18
1.2.1 Objetivo Geral.....	18
1.2.2 Objetivos Específicos.....	18
1.3 JUSTIFICATIVA.....	18
1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	19
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO	21
2.1 SISTEMAS DE MANUFATURA.....	21
2.1.1 Evolução dos Sistemas de Manufatura.....	22
2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	26
2.2.1 Origem do Sistema Toyota de Produção.....	27
2.2.2 Pilares da Manufatura Enxuta.....	28
2.2.3 Sete Desperdícios.....	31
2.3 FERRAMENTAS E TÉCNICAS DA MANUFATURA ENXUTA.....	37
2.3.1 Foco nas Estruturas.....	38
2.3.2 Foco na Mão de Obra.....	43
2.3.3 Foco nos Equipamentos.....	45
2.3.4 Foco nos Movimentos.....	48
2.3.5 Outras Ferramentas da Manufatura Enxuta.....	50
2.4 MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR.....	55
2.4.1 Elementos do MFV e Outras Definições.....	57
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A REVISÃO.....	61
3. MÉTODO DE PESQUISA	62
3.1 DIMENSIONAMENTO DA PESQUISA.....	62

3.2 A EMPRESA.....	63
3.2.1 Processo Produtivo.....	64
3.3 ETAPAS DA PESQUISA.....	66
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	68
4.1 DADOS COLETADOS	68
4.2 MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL.....	70
4.3 DESPERDÍCIOS E MELHORIAS	76
4.3.1 Desperdícios do Processo	76
4.3.2 Melhoria no MFV Atual	83
4.4 MAPA DE ESTADO FUTURO	85
5. CONCLUSÃO	89
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	90
REFERÊNCIAS.....	91

1. INTRODUÇÃO

O crescente acirramento da competitividade entre as empresas, somado aos recentes períodos de crise econômica nacional, vem exigindo cada vez mais das empresas níveis melhores de produtividade e qualidade em seus processos. Este desenvolvimento nos sistemas de produção garante às empresas uma redução em seu tempo total de processo, conhecido como *lead time*, e conseqüentemente nos seus custos de manufatura.

A busca pela otimização de seus processos não ocorre apenas nos dias atuais, mas sim desde a Primeira Revolução Industrial, em meados do século XVIII. Neste período, uma sucessão de invenções, tais quais a máquina a vapor, originaram um modo de produção fabril, transformando a capacidade produtiva inglesa através de ganhos em produtividade e em níveis de renda (LIMA e NETO, 2017). Vieira (2006) traz que outra significativa revolução nos sistemas de manufatura ocorreu com Henry Ford, em 1913, em suas linhas de montagem do Modelo T. Ford incorporou os ensinamentos de Frederic Taylor, de separar a produção em tarefas especializadas, organizando-as em uma sequência linear, criando assim a linha de produção (PASQUALINI, 2004). Conforme Corrêa e Corrêa (2009), essa manufatura em série eliminou o tempo desperdiçado pela movimentação dos colaboradores, e garantiu maior eficiência e produtividade ao processo.

Uma segunda revolução nos sistemas de manufatura ocorreu no século XX, após a visita de Eiji Toyoda às instalações da Ford em Detroit. Toyoda e Taiichi Ohno, seu especialista em produção, concluíram com base nas reflexões a respeito do que haviam observado, que aquele modelo não se adequava a realidade e as necessidades do mercado japonês. Desse modo, desenvolveram o Sistema Toyota de Produção (STP), conhecido atualmente como Manufatura Enxuta, cujo objetivo é a eliminação de desperdícios e componentes desnecessários, de forma a reduzir custos, e produzindo apenas o necessário, na quantidade solicitada e na hora certa (OHNO, 1997).

Womack e Jones (1998) trazem que o STP se baseia em cinco princípios, sendo eles: a) Valor, ponto inicial para a mentalidade enxuta, e que é definido pelo cliente; b) Fluxo de Valor, correspondendo a toda ação (que agrega ou não valor) necessária para a manufatura do produto; c) Fluxo Contínuo, fluxo de processos constante, com ausência de paradas e desperdícios, e pouco estoque de

processamento; d) Produção Puxada, onde a ordem de produção é dada conforme a demanda; e e) Perfeição, na qual a empresa deve caminhar em direção a um estado ideal, e buscar de maneira contínua, melhores formas de criar valor ao seu produto.

Os princípios apresentados são aplicados e desenvolvidos atualmente por uma gama significativa de empresas, as quais englobam a maioria dos seguimentos de produção. Através da implementação dos princípios e ferramentas presentes na Manufatura Enxuta, elas buscam reduzir os desperdícios e o lead time de sua produção, e promover assim ganhos na qualidade final do produto.

Um exemplo de indústria que faz utilização destes princípios é a manufatura de artefatos de concreto, a qual produz itens constituídos de concreto, que por vezes recebem a adição de fibras, aditivos e armaduras, como por exemplo no concreto armado (TETRACON, 2016). Estes produtos são amplamente utilizados nos setores de infraestrutura, construção civil e instalações elétricas.

Uma das ferramentas mais difundidas no âmbito da Manufatura Enxuta é o chamado Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV). O MFV consiste em uma ferramenta gráfica, a qual retrata de maneira visual a sequência e movimentação de informações e materiais que compõem o fluxo de valor de um produto (WERKEMA, 2011). Ele está atrelado diretamente aos princípios trazidos por Womack e Jones (1998), e conforme Werkema (2011), proporciona a empresa o entendimento de como ocorre o fluxo de valor de seus processos, a identificação de quais são as atividades que geram valor e as que não geram valor ao produto final, a visualização de quais são as atividades vitais ao lead time de produção, o levantamento dos principais desperdícios e a base para a elaboração de um projeto de melhoria deste processo.

Para que o MFV traga os resultados esperados, é importante que os responsáveis pela sua elaboração compreendam todo o processo produtivo analisado, de maneira a levantar todas as suas atividades atreladas ao fluxo de valor, e o modo como ele flui, além do tempo de execução de cada uma delas.

Dessa forma, verifica-se o advento da problemática desta pesquisa, a qual é definida por: de que maneira a ferramenta MFV contribui para a redução do lead time do processo de manufatura de artefatos de concreto? Neste sentido, o presente estudo busca responde-la através da utilização da ferramenta MFV em uma indústria de grande porte do setor de manufatura de artefatos de concreto, localizada no Norte do Paraná, para a elaboração do estado atual de seu processo produtivo, a

identificação dos principais desperdícios e atividades que não agregam valor aos produtos, e a proposição de um cenário que diminua seu lead time de manufatura.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A situação problema analisada ocorre em uma empresa produtora de artefatos de concreto, localizada ao norte do estado do Paraná. Nos últimos anos, ampliou-se a busca por estes itens, como postes, cruzetas e placas de ancoragem, resultando assim em um aumento significativo em suas vendas, e conseqüentemente de sua produção. Alguns dados estimados pela empresa trazem que a produção diária dos artefatos passou de cerca de 200 unidades por dia, para 400 unidades por dia, nos últimos cinco anos. Entretanto, este rápido crescimento não foi acompanhado de perto por evoluções de mesma intensidade na gestão e no controle da qualidade. Observa-se que faltaram estudos e análises dos processos, sob o foco de buscar identificar quais são os principais problemas, fontes de desperdícios e quais são as atividades que não agregam valor ao produto. Com isso, as iniciativas de atuação sobre as oportunidades de melhoria, e até mesmo sobre as correções necessárias, não foram realizadas no fluxo de valor da unidade produtiva.

O grande volume de produção faz que os colaboradores mais capacitados, como os líderes de produção, não tenham tempo e disponibilidade para a realização de projetos de melhoria dos seus processos. Dessa forma, na atual conjuntura, a empresa continuará expandindo sua produção, porém com a ausência de um acompanhamento de um setor da qualidade, que analise o cenário atual de manufatura de forma crítica, e aponte os pontos de melhoria contínua no processo.

Entre os itens que podem ser observados e avaliados, destacam-se os desperdícios existentes ao longo do fluxo produtivo e o *lead time* do processo, sendo ambos diretamente atrelados aos índices de produtividade que a empresa possui. Neste contexto, desponta-se a utilização da ferramenta MFV, a qual realiza essa análise de forma visual e quantitativa, afim de promover a otimização dos dois itens citados, a visualização facilitada das oportunidades de melhoria no processo, além da criação de uma cultura de melhoria contínua na empresa.

1.2 OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos desta pesquisa.

1.2.1 Objetivo Geral

Especificar um projeto de elevação do volume de produção e redução do *lead time* no fluxo de valor dos processos de manufatura de uma indústria de artefatos de concreto.

1.2.2 Objetivos Específicos

Esta pesquisa tem como objetivos específicos:

- a) Mapear o atual processo produtivo;
- b) Identificar as principais atividades que agregam e as que não agregam valor para o processo;
- c) Analisar oportunidades de melhoria no sistema produtivo;
- d) Propor um novo modelo que diminua o tempo de produção atual.

1.3 JUSTIFICATIVA

O conhecimento pleno de seu sistema de manufatura proporciona à empresa identificar qual a sua real capacidade produtiva, permitindo assim um melhor planejamento de sua produção, seja ela em períodos de alta ou baixa demanda. Esta informação, associada a uma realização da análise de mercado, torna possível a criação de uma vantagem competitiva para a organização, frente aos seus concorrentes do ramo, haja visto que o seu setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) irá atuar de forma mais eficiente e eficaz em suas planificações, além de reduzir custos e o tempo total associado ao sistema. Este modo descrito está diretamente associado aos princípios da Manufatura Enxuta, a qual busca promover o fluxo contínuo, a estabilidade do processo e sua otimização, alcançando assim uma

excelência operacional adequada, e que mantenha a empresa competitiva no mercado (SILVESTRE E VAZ, 2019).

Dessa forma, para adquirir esse conhecimento, torna-se necessário que os responsáveis pelos processos saibam de forma plena como ocorrem os fluxos de materiais e informações para a fabricação de seus produtos. Neste contexto, destaca-se a ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor, a qual objetiva definir o sequenciamento de atividades presentes em um processo produtivo, ademais do levantamento das informações temporais de cada uma delas. A ferramenta abrange toda a cadeia de atividades, partindo desde o recebimento das matérias primas utilizadas, até ao produto final nas mãos dos consumidores (ROTHER e SHOOK, 2003). Esses dados são fundamentais para que a partir deste mapa realizado, seja possível construir um modelo aprimorado que possibilite diminuir o *lead time* de produção, e conseqüentemente seus custos atrelados. Essa redução está diretamente associada a vantagem competitiva sinalizada, considerando a maior facilidade de entrega dos produtos na quantidade certa, no prazo estipulado, e conforme os requisitos apresentados pelos cliente.

Portanto, desponta-se a relevância do presente estudo, o qual propõe a aplicação da ferramenta MFV, no processo produtivo de artefatos de concreto pré-fabricados, buscando elaborar uma proposta de aprimoramento que torne possível a identificação e eliminação dos desperdícios encontrados ao longo do processo, a sinalização de oportunidades de melhoria, e a conseqüente redução do *lead time* de fabricação dos artefatos de concreto.

1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O presente estudo delimita-se como a realização do primeiro ciclo do projeto de melhoria do processo de concretagem, estabelecendo-se a partir da utilização da ferramenta MFV e das técnicas e ferramentas presentes na Manufatura Enxuta. Este ciclo abrange a análise e construção do MFV de estado atual do processo, a identificação dos desperdícios e oportunidades de melhoria existentes e a apresentação do MFV de estado futuro, a partir das ações estabelecidas. O projeto encerra-se com a realização do segundo ciclo, o qual abrange a aplicação prática na fábrica das ações propostas, e a conseqüente comparação entre o que foi projetado

e aquilo que foi verificado efetivamente. Este segundo ciclo é apresentado como uma recomendação para trabalhos futuros.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta monografia está sistematizada em cinco capítulos, conforme descrito a seguir:

Capítulo 1 – Introdução: realiza uma contextualização acerca da problemática de pesquisa, além de apresentar a justificativa do estudo e seus objetivos gerais e específicos.

Capítulo 2 – Referencial Teórico: descreve o referencial teórico do tema estudado, abrangendo os sistemas de manufatura e sua evolução, juntamente com a Manufatura Enxuta, com seus pilares e ferramentas correlatas.

Capítulo 3 – Método de Pesquisa: expõe os procedimentos metodológicos que serão utilizados, iniciando com o dimensionamento da pesquisa, a descrição da empresa e do processo produtivo estudado, e concluindo com as etapas de aplicação da pesquisa.

Capítulo 4 – Resultados e Discussões: exhibe os resultados obtidos a partir da implementação da sistemática definida no capítulo anterior, de modo a abranger o mapa de fluxo atual, as melhorias e desperdícios identificados, e o mapa futuro.

Capítulo 5 – Conclusão: apresenta as considerações finais acerca da pesquisa realizada, com uma síntese dos principais resultados obtidos, as limitações e dificuldades encontradas para a realização da pesquisa, além de sugestões para trabalhos futuros.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como objetivo apresentar os princípios e conceitos essenciais a compreensão da aplicação deste projeto, iniciando-se com a definição de um sistema de manufatura, seguido pelo conceito de Manufatura Enxuta. Neste item, será abordada sua história, além os sete desperdícios dos processos, e as principais ferramentas utilizadas, com destaque ao Mapeamento de Fluxo Valor, o qual compreende ao principal mecanismo de aplicação do presente estudo.

2.1 SISTEMAS DE MANUFATURA

A palavra “sistema” é comumente utilizada para descrever situações complexas, as quais envolvem elementos físicos, químicos e biológicos que podem ser qualificados por parâmetros mensuráveis (ANTUNES *et al.*, 2008). Bellinger (1996) traz uma definição mais abrangente para sistema, na qual ele traduz-se como uma entidade, cuja existência é caracterizada pela interação mútua entre suas partes constituintes. Este conceito implica na necessidade de definição de objetivos ou fins para a interação mencionada, o que por sua vez transfere o eixo de interesse no assunto, das partes constituintes, para as diferentes interações e dinâmicas que ocorrem entre elas (BELLINGER, 1996).

Isto posto, pode-se considerar um sistema como um grupo de itens que se relacionam entre si de formas distintas, e que trabalham em prol de um propósito comum. Quando este trabalho é associado a um processo de transformação, a definição de sistema pode ser aplicada para a produção e manufatura de itens.

Segundo Lustosa *et al.* (2008), os sistemas de produção consistem nas operações e processos de manufatura que transformam os recursos de entrada (*inputs*) em recursos de saída (*outputs*), sejam eles bens ou serviços. Tubino (2015) reconhece como bem, um *output* cujo resultado final da produção corresponde a um item tangível, isto é, que pode ser tocado e sentido, como um carro, um celular ou uma televisão. Neste caso, é dito que o sistema de produção é uma manufatura de bens. Já quando os *outputs* são itens intangíveis, os quais podem ser apenas sentidos, eles são considerados serviços, como por exemplo uma consulta médica ou o transporte de pessoas. Para estes cenários, o sistema de produção consiste em um prestador de serviços (TUBINO, 2015).

Embora exista a diferença apresentada, Tubino (2015) traz que ambos os sistemas apresentam características semelhantes, tais quais: o processo de projeto e desenvolvimento de seus produtos, a necessidade da previsão da demanda, balancear o seu sistema produtivo conforme a previsão feita, possuir uma mão de obra bem treinada para a execução das tarefas e atividades, possuir uma estrutura de venda desses itens, alocação eficiente dos recursos, e o planejamento e controle de suas operações. Todas as ações descritas buscam trazer uma efetiva coordenação dos diferentes subsistemas presentes na empresa, e dessa forma, proporcionar que ela alcance seus objetivos e metas gerais estipuladas.

De modo geral, é possível concluir que um sistema de manufatura recebe um conjunto de entradas, como materiais e informações, advindas de seus variados subsistemas, os quais serão processados de maneira a adquirir valor por meio de diversos processos de transformação, modificando então essa matéria inicial em uma condição final de produto acabado. Este produto, por sua vez, atenderá os anseios apresentados pelo cliente final com relação a suas características e valor agregado atribuído a ele (ANTUNES *et al.*, 2008).

2.1.1 Evolução dos Sistemas de Manufatura

Os sistemas de manufatura vêm se desenvolvendo ao longo dos anos, e se complementando com uma série de conceitos e inovações, boa parte advindas da Administração da Produção. O entendimento dessa evolução, e das diferentes características que os sistemas apresentam, se mostra muito relevante para determinar qual a direção a ser seguida pelos sistemas atuais. Essa direção deve levar em conta as inovações e filosofias surgidas, além dos erros e equívocos cometidos com o passar do tempo (SHINGO, 1996). Dessa forma, Antunes *et al.* (2008) traz que é significativo que se opte por uma visão mais abrangente, a qual busque destacar as relações entre as melhorias dos diferentes sistemas e como eles se complementam entre si. Neste cenário, a análise histórica surge como um caminho a ser adotado quando se almeja compreender e avaliar as vantagens e desvantagens que os sistemas de manufatura possuíram durante sua evolução.

Shingo (1996) propõe cinco revoluções industriais para explicar a evolução dos sistemas de manufaturas, são elas:

- Primeira revolução: o desenvolvimento ocorre por meio da divisão do trabalho;
- Segunda revolução: crescimento da mecanização e da motorização dos processos;
- Terceira revolução: foco na ciência do trabalho;
- Quarta revolução: maior atenção às necessidades humanas;
- Quinta revolução: evolução do período de produção com zero estoque.

Esta separação é significativa, haja visto que considera os aspectos do desenvolvimento da tecnologia e da gestão da produção para sua classificação. De modo a complementar as revoluções propostas por Shigeo Shingo, Antunes *et al.* (2008) sugere um agrupamento delas, de acordo com suas características em comum. Dessa forma, as duas primeiras revoluções compõem o que é chamado de “Período Pré-paradigmático”, ao passo que a terceira e a quarta ao “Paradigma da Melhoria das Operações”, e por fim a quinta revolução faz parte do “Paradigma da Melhoria nos Processos”. Esta composição pode ser observada na FIGURA 1.



FONTE: Adaptado de Antunes *et al.* (2008).

O Período Pré-paradigmático ocorre após a Revolução Industrial, a qual foi um período marcado pelo aumento da produtividade nas empresas e a criação da divisão do trabalho. A partir disso, os elementos tecnológicos foram se aprimorando, tais quais o desenvolvimento da energia (através dos motores a vapor, a gás, eletricidade, etc.) e das ferramentas e máquinas utilizadas pela produção (SHINGO, 1996). Apesar de toda essa evolução nos sistemas produtivos, não havia de fato uma preocupação com os padrões apresentados na organização e gestão do trabalho nas

empresas. Por esse motivo, Antunes *et al.* (2008) considera esta como uma era pré-paradigmática, no qual existem variadas formas de gestão, com pouca eficiência, ocorrendo de forma concomitante entre as empresas.

Já a o segundo período, conhecido como Paradigma da Melhoria das Operações se deu no início do século XX, no qual a atenção e foco foram direcionados para a melhoria das operações dentro da fábrica, ou seja, no acompanhamento do sujeito do trabalho (melhoria das máquinas e racionalização dos trabalhadores) durante a produção (ANTUNES *et al.*, 2008; SHINGO, 1996). Essa focalização ocorreu pelo resultado que a divisão do trabalho proporcionou ao longo do tempo para os sistemas de produção: uma significativa separação entre os processos e as operações internas. Ademais, houveram ganhos em produtividade e um aumento na complexidade da gestão nas fábricas. Esta complexidade foi movida pelo aumento físico dos processos e das distâncias internas, fazendo com que os produtos percorressem longas distâncias durante sua produção. Dessa forma, foi criada uma visão sistêmica que direcionou os esforços para o aperfeiçoamento do trabalho dos colaboradores e na melhoria dos equipamentos.

Durante esse período, desenvolveu-se também a chamada ciência do trabalho, com contribuições dos esforços de Frederick Taylor, Henry Fayol e Henry Ford. Segundo Oliveira (2019), Taylor faz parte ao período conhecido como Administração Científica, a qual iniciou-se em 1903 nos EUA, e trouxe diversas contribuições para a qualidade administrativa e produtiva que as empresas possuíam. Dentre as contribuições, destacam-se: i) a redução dos custos de produção, em decorrência de aspectos como a divisão e especialização do trabalho, a atuação de supervisores de produção, a padronização das ferramentas e instrumentos utilizados no trabalho, o estabelecimento e estruturação de rotinas de trabalho, dentre outras; ii) o estudo dos tempos e métodos, buscando assim maior produtividade e menor alocação de recursos internos da empresa; iii) seleção e treinamento dos colaboradores, com base nos estudos realizados anteriormente; e iv) manutenção das mesmas condições de trabalho e cargas horárias para os colaboradores (OLIVEIRA, 2019). Ford também está inserido neste período, porém suas contribuições estão voltadas para a otimização das linhas de produção através da adoção da produção em série e das linhas de montagem. Estes dois itens trouxeram um ritmo acelerado a produção, e que ao mesmo tempo poupava tempo e custos à empresa.

Ao passo que a Administração Científica trazia ênfase a tarefa realizada pelo operário, desenvolveu-se também a Teoria Clássica da Administração, fundada por Fayol, e que preconizava o destaque à estrutura que a empresa deveria possuir para ser eficiente, isto é, partia de uma abordagem mais global e sintética da organização, para a garantia de eficiência das partes menores envolvidas nos processos (CHIAVENATO, 2021). Conforme Oliveira (2019), esta teoria apresentava como princípios a designação de atividades específicas para cada pessoa, a figura de autoridade e responsabilidade que exercia o direito de mandar e concentrava os poderes de decisão para si, a disciplina e o respeito entre os acordos firmados entre os colaboradores e supervisores, e a unidade de comando, no qual cada trabalhador deve possuir apenas um supervisor. Embora as duas teorias apresentem abordagens distintas entre si, ambas se complementam em prol da busca pela eficiência dos processos produtivos.

Dados os grandes resultados obtidos na época com a utilização dos princípios e ideais apresentados, o Paradigma da Melhoria nas Operações se tornou praticamente o único vigorante no mundo, com relação a administração da produção (ANTUNES *et al.*, 2008). Esta hegemonia perdurou até meados dos anos 70, quando a situação começou a se alterar de forma gradativa com as crises do petróleo.

Antunes *et al.* (2008) relaciona a queda do Paradigma da Melhoria das Operações pela interdependência existente entre as mudanças ocorridas no mercado, com relação a forma de competitividade das organizações, e o surgimento de um novo sistema de produção, o chamado Sistema Toyota de Produção (STP). Estas mudanças estão diretamente relacionadas a crise que assolou boa parte dos países desenvolvidos na época, os quais haviam atravessado um período de guerra mundial, além da citada crise do petróleo. Isso trouxe uma alteração na dinâmica de mercado, que anteriormente apresentava uma oferta global de produtos inferior às demandas globais (ANTUNES *et al.*, 2008).

Isto posto, desponta-se o terceiro paradigma, o Paradigma da Melhoria nos Processos, que através do STP, traz consigo a separação entre o homem e a máquina, haja visto a proposição de que um mesmo indivíduo é capaz de operar mais de uma máquina ao mesmo tempo (SHINGO, 1996). Isso confronta as ideias de Taylor, que relacionava diretamente um homem a uma tarefa. Essa separação pode ser observada quando Sakichi Toyoda, fundador Toyota, e que até então era

produtora de teares automáticos, trouxe que um mesmo operário era capaz de operar mais de dez teares de forma simultânea (ANTUNES *et al.*, 2008).

Segundo Antunes *et al.* (2008), a separação apresentada compreende à primeira diferenciação deste novo paradigma. A segunda está relacionada a um novo pressuposto trazido por Shigeo Shingo, na qual os sistemas de produção não devem ser vistos apenas como um processo formado por um conjunto de operações, mas sim como uma rede de processos e operações que através do mecanismo da função produção (MFP), é capaz de avaliar os próprios sistemas produtivos (ANTUNES *et al.*, 2008; SHINGO, 1996). Esta visão de rede pode ser observada nas diversas ações, proposições, princípios, técnicas e ferramentas trazidas pelo STP, tais quais: i) o Sistema Kanban, que sincroniza o sistema de produção a partir da lógica de supermercado; ii) Automação, uma automação de baixo custo que controla a produção, e seus possíveis defeitos; iii) Troca rápida de Ferramentas, eliminando a ideia de altos tempos de preparação e lotes grandes; iv) Busca pelo zero defeitos e a melhoria contínua na produção; dentre outras (ANTUNES *et al.*, 2008; SHINGO, 1996).

Monden (2015) destaca outras diferenciações advindas deste novo paradigma, como a não necessidade de produção de grandes lotes, a alteração na ideia de produtividade, que agora observa através de indicadores, as tarefas globais e amplas da empresa, e a alteração na contabilidade industrial, que passa a adotar a lógica do custo-alvo e dos custos Kaizen, visando reduzir os custos relacionados à produção. Por fim, outra significativa ideia presente neste paradigma é a separação entre os fins e os meios utilizados, no qual o primeiro está associado as melhorias nos processos (como o fluxo de objetos e a circulação de capital) e suas respectivas consequências econômicas, ao passo que o segundo é relacionado a melhoria nas operações, com o objetivo final de desenvolver o processo com um todo (ANTUNES *et al.*, 2008).

2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

A partir da seção anterior, é possível observar a importância que o STP apresenta, quando são analisados os sistemas de produção vigente. Além disso vale ressaltar que um sistema produtivo apresenta um grau de complexidade e profundidade muito significativo, no que tange seus princípios e ferramentas inseridas

em seu contexto. Dessa forma, nesta seção será abordado o Sistema Toyota de Produção, através da apresentação de sua história, princípios e pilares associados, e os sete desperdícios associados ao processo.

2.2.1 Origem do Sistema Toyota de Produção

O Sistema Toyota de Produção (STP), segundo Lean Institute Brasil (2021), corresponde a um sistema de manufatura desenvolvido pela *Toyota Motor Corporation*, cujo objetivo é garantir melhor qualidade, baixo custo e um *lead time* reduzido para a produção, através da eliminação dos desperdícios. O STP evoluiu da necessidade da Toyota em se adaptar ao novo modelo de mercado que despontou após o término da Segunda Guerra Mundial, e a condição a qual o país se encontrou após esse marco histórico.

A história da Toyota se inicia com a *Toyota Automatic Loom*, empresa produtora de teares automáticos, e que após a visita e fascínio de Sakichi Toyoda aos Estados Unidos, passou a produção de automóveis. Sakichi direcionou então seus lucros e esforços em prol da construção do primeiro veículo motorizado no Japão, em conjunto de seu filho Kichiro Toyoda. Dessa maneira, em 1935, Kichiro apresentou o protótipo A1, o primeiro automóvel de passageiros do Japão, e em 1937, inaugurou a *Toyota Motor Company* (TOYOTA, 2021).

Ao final de 1949, um colapso nas vendas, em decorrência do término desastroso da Segunda Guerra Mundial para o Japão, obrigou a Toyota a demitir um grande número de colaboradores, e a reduzir consideravelmente o seu volume de produção (WOMACK *et al.*, 2004). Neste contexto, a Toyota enfrentava algumas dificuldades frente ao cenário conturbado em que o Japão se encontrava. Womack *et al.* (2004) apresenta algumas das características enfrentadas no período:

- Um mercado doméstico limitado, e que demandava caminhões grandes para o transporte de mercadorias, caminhões pequenos para os agricultores, além de carros de pequeno porte para as cidades mais populosas;
- Alto custo no combustível;
- Novas leis trabalhistas, advindas da ocupação norte-americana e que beneficiavam posição dos trabalhadores para condições mais favoráveis de trabalho. Estas leis dificultavam a demissão dos colaboradores pelas

empresas, e favoreciam os sindicatos na barganha pela participação nos lucros da empresa;

- Economia devastada pela guerra, que impossibilitava a compra de tecnologias ocidentais de produção, com o objetivo de desenvolver as indústrias nacionais;
- Forte concorrência internacional, no qual várias empresas estavam interessadas em operar em território japonês, como a Ford. Entretanto, o governo proibiu investimentos externos na indústria automobilística japonesa, o que foi vital para a Toyota permanecer ativa no cenário.

Frente a esse cenário, Eiji Toyoda realizou uma visita de três meses à fábrica Rouge da Ford, na cidade americana de Detroit. Nesta visita foi possível a visualização e a compreensão do modelo automobilístico produtivo americano, e a conclusão de que ele não seria aplicável ao modelo de produção japonês. Isso se deve pelas características de consumo do país, e pelo menor tamanho do mercado consumidor (WOMACK *et al.*, 2004). Dessa forma, conforme Emiliani (2006), Eiji e Taiichi Ohno, seu especialista em produção, identificaram que a saída para a Toyota era a capacitação de seus colaboradores, e o desenvolvimento de uma produção baseada na manufatura de itens em lotes menores, quando comparados com o sistema de produção em massa de Ford, de modo que seu mercado mais reduzido fosse capaz de absorver essa produção. Nasceu assim o Sistema Toyota de Produção, chamado também de Manufatura Enxuta (ME), que buscava superar os desafios enfrentados pela indústria japonesa, e proporcionar dessa forma o seu crescimento (OHNO, 1997).

2.2.2 Pilares da Manufatura Enxuta

Ohno (1997) traz que o objetivo principal da Manufatura Enxuta, do inglês *Lean Manufacturing*, é a eliminação dos desperdícios e dos componentes desnecessários ao processo. Dessa forma, os custos de produção seriam reduzidos, e a empresa seria capaz de produzir apenas o necessário, no momento certo e na quantidade solicitada.

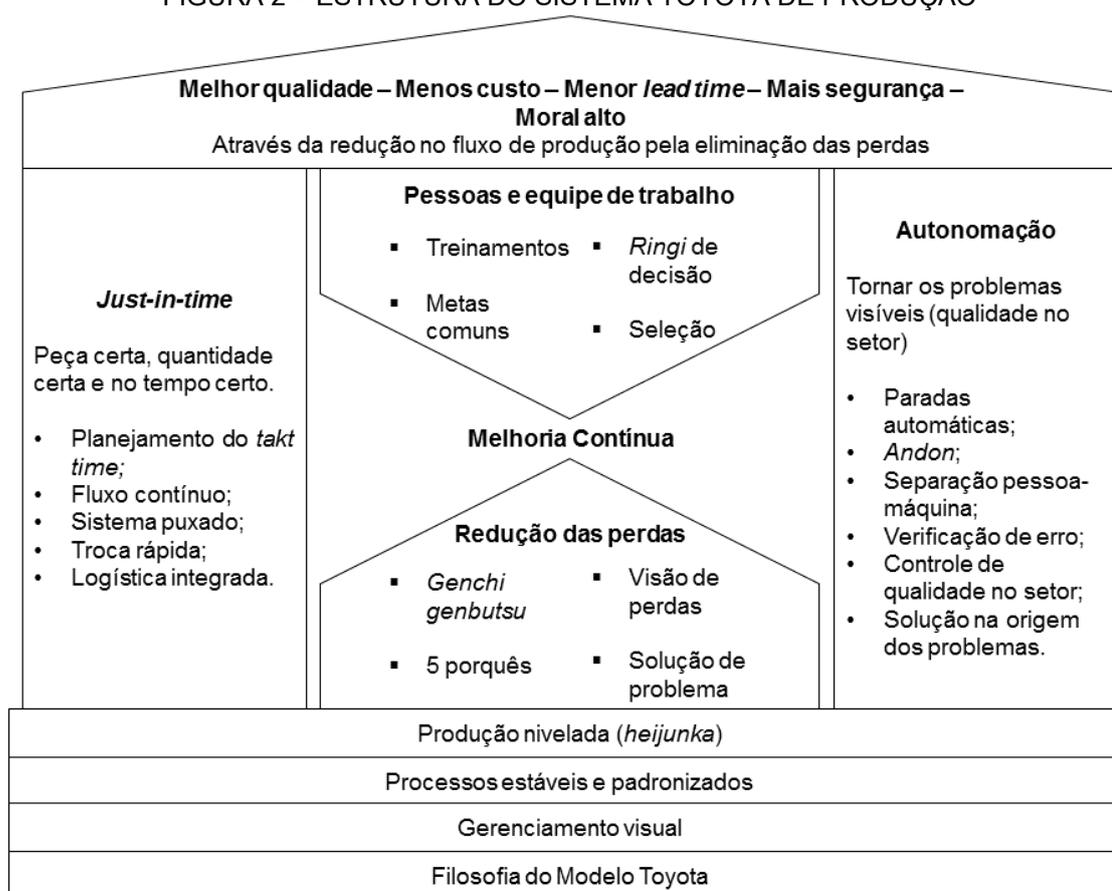
A partir dessa ideia, Monden (2015) traz que um fluxo contínuo de produção ou então a adaptação às mudanças de demanda em quantidade e variedade, é construído com base em dois conceitos chaves: o *Just-in-Time* (JIT) e a Automação.

Como tradução, as palavras *Just-in-Time* significam “no momento certo”, e por vezes trazem o conceito equivocado de que as organizações devem se preocupar apenas com a entrega do produto no tempo definido. Entretanto, isso pode estimular uma superprodução antecipada, afim de garantir essa entrega, e resultar em esperas desnecessárias dos produtos. Dessa forma, o conceito abrange também a produção com zero estoques, na qual cada processo deve ser abastecido com os itens necessários, na quantidade necessária e no momento necessário, isto é, no momento certo, e sem a formação de estoque (SHINGO, 1996). Já o conceito de Autonomiação, conhecido como *Jidoka* em japonês, está associado a construção de um dispositivo que impeça a produção em massa de trabalho defeituoso em linhas de produção ou maquinários (MONDEN, 2015).

Conforme Vieira (2006), a Manufatura Enxuta ganhou destaque nos meios acadêmicos em decorrência do impacto observado pelo *Just-in-Time* nos meios de produção vigentes. No entanto, a ME não se resume apenas ao *Just-in-Time*, de modo que ele, em conjunto com a Autonomiação, compreende aos seus pilares de sustentação, estruturados sobre a base da completa eliminação de perdas (OHNO, 1996).

Conforme Liker (2005), à medida que as práticas mencionadas amadureciam na Toyota, ficou claro para os seus gestores que eles necessitavam de uma representação simplificada daquilo que compreendia o núcleo do Sistema Toyota de Produção. Assim sendo, Taiichi Ohno desenvolveu uma representação gráfica simples no formato de uma casa, na qual está reproduzida toda a ideia base por trás do STP, e que está exibido na FIGURA 2.

FIGURA 2 – ESTRUTURA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO



FONTE: Liker (2005).

Esta estruturação no formato de uma casa remete a um sistema estrutural robusto, no qual ela só é forte se todas as suas estruturas, como o telhado, as colunas e as fundações, forem fortes também. Dessa forma, uma conexão fraca fragiliza todo o sistema (LIKER, 2005). Essa analogia pode ser feita com o STP, no qual o telhado remonta as metas pretendidas, a partir da melhor qualidade, menor custo e do menor *lead time* do processo, sendo elas direcionadas ao foco no cliente. Já as duas colunas externas compreendem aos pilares de sustentação do STP, sendo formado pelo *Just-in-Time* e a *Autonomação*, de modo que cada um apresenta suas especificidades. E por fim a base da casa, que permite a estabilidade e a padronização dos processos, o nivelamento de produção, a gestão visual e a filosofia do modelo, com base em seus pilares (LIKER, 2005; VIEIRA, 2006).

Liker (2005) traz que cada elemento presente na casa possui vital importância para o andamento do STP, porém mais importante do que isso, é a maneira com que eles interagem e reforçam uns aos outros. A estabilidade é essencial para o andamento do fluxo de materiais dentro de um processo, haja visto que na manufatura

enxuta, uma parada na produção resulta na interrupção das atividades seguintes. Dessa forma, cria-se um senso de urgência nos colaboradores, que devem buscar resolver o problema o mais rapidamente possível, e reativar assim o fluxo do produto. As pessoas associadas ao processo encontram-se no centro da casa, pois são elas que executam e analisam as situações diversas ocorridas, e a partir disso promover a melhoria contínua da operação e evitar as citadas interrupções. Para isso, elas devem ser devidamente selecionadas, e então treinadas a agir nessas situações, de maneira a encontrarem as perdas, e eliminar os problemas através da identificação de suas causas raízes. A solução de problemas está nesse lugar, para que se observe realmente o que está acontecendo no processo (*genchi genbutsu*) (LIKER, 2005).

2.2.3 Sete Desperdícios

Ohno (1997) afirma que Ford parte do pressuposto de que os materiais adquirem importância apenas à medida que passam pelas mãos dos colaboradores, isto é, a medida em que o trabalho agrega e embute valor ao material. Neste cenário, tudo o que não gera valor é considerado como uma perda. De modo a complementar esta proposição, Shingo (1996) e Womack (2006) trazem uma melhor definição a respeito do conceito, separando as atividades em três grupos, são elas:

- Atividades que agregam valor: são aquelas que transformam realmente a matéria-prima, de modo a modificar sua forma ou qualidade. Esse valor é obtido através de processos como a montagem ou adição de partes, forjamento, soldagem, pinturas, tratamento térmico, etc. Quanto maior o valor agregado, maior será a eficiência da operação.
- Atividades que não agregam valor: são atividades que não contribuem diretamente para produzir as características demandadas pelo cliente para aquele produto. Alguns exemplos são: caminhar para obter determinada peça ou ferramenta, desembalar materiais vindos de fornecedores, dentre outras.
- Atividades que não agregam valor, porém são importantes ao processo: correspondem às atividades que consomem recursos da empresa, não contribuem diretamente para o produto, porém são altamente necessárias para o processo como um todo.

Ao analisar os três tipos de atividades, é possível inferir que a empresa deve buscar que seus processos sejam formados, em sua maioria, por atividades que agreguem valor ao seu produto final, considerando eliminar ou reduzir aquelas que não o fazem, sendo estas consideradas como desperdícios.

Segundo Ohno (1997), a base principal para a Manufatura Enxuta é a eliminação ou a redução dos desperdícios presentes no processo. Dessa forma, a empresa seria capaz de aumentar sua eficácia produtiva, e atrelar isso a uma redução em seus custos de manufatura. De modo a complementar esta proposição, Ghinato (1996) sugere que a empresa não consegue sobreviver sem esforços implacáveis para cortar seus custos, principalmente, em cenários de grande competição e escassez de recursos, como a vivida pela Toyota no período pós-guerra.

Muitas das empresas determinam o preço de seus produtos a partir do seguinte princípio básico de custo, exibido na equação (1) (SHINGO, 1996):

$$\text{Custo} + \text{Lucro} = \text{Preço de Venda} \quad (1)$$

Dessa forma, quando o custo de produção se eleva, seja ele atrelado às matérias primas, ou então as despesas envolvendo luz, água, aluguel, etc., ocorre uma reação nos demais fatores da equação, no qual a margem de lucro da empresa pode diminuir, ou o seu preço final aumentar. Entretanto, esta proposição não foi aplicável à Toyota, a qual traz que o mercado é quem determina o preço dos produtos, cabendo a empresa se adequar a esta realidade e utilizar o princípio do “não-custo” (SHINGO, 1996). Assim, a equação passa a ter o seguinte princípio:

$$\text{Preço de Venda} - \text{Custo} = \text{Lucro} \quad (2)$$

Analisando-se esta fórmula, pressupõe que os consumidores são os responsáveis pela decisão final do preço, e que o lucro é o restante da subtração do custo associado ao produto, deste preço final. Consequentemente, a única forma que a empresa possui para aumentar seu lucro é através da redução de seus custos. Esta atividade possui vital importância para a ME, que através de sua busca pela eliminação dos desperdícios dos processos, procura tornar a empresa mais competitiva no cenário de mercado em que se encontra.

É importante destacar que existe uma pequena diferença de significados entre perda e desperdício. De acordo com Ghinato (1996), a perda corresponde a utilização ineficaz de um determinado recurso, ao longo da cadeia de valor de um produto. Ao passo que o desperdício representa um extravio ou descarte, de modo geral não intencional, de um certo recurso por simples negligência. Embora essa diferença seja observada do ponto de vista da engenharia industrial, no presente estudo elas serão utilizadas como sinônimos.

Dessa forma Ohno (1997), em conjunto com Shingo, definiu uma forma ampla de classificação para abordar os desperdícios associados aos processos, de modo a considerar as máximas apresentadas até então, e todas as atividades presentes em uma organização. Essa categorização classifica em sete os desperdícios em um processo, são eles: superprodução, espera, transporte, processamento, estoque, movimentação e fabricação de produtos defeituosos. Os sete desperdícios mencionados serão apresentados nas seções seguintes.

2.2.3.1 Desperdício por Superprodução

De acordo com Tubino (2015), o desperdício por superprodução está associado a duas situações, sendo elas: a superprodução quantitativa, quando se produz mais do que o necessário, e a superprodução temporal, na qual se é produzido muito antes do que o necessário. Este desperdício é considerado a principal fonte para os demais desperdícios, e gera para a empresa um consumo desnecessário de material e capital antes do tempo, uma ocupação desnecessária dos recursos produtivos, além de originar grandes custos com o armazenamento de produtos acabados, energia, manutenção de maquinário, etc. (SCHOEFFEL, 2018; VIEIRA, 2006).

A superprodução tem sua origem associada a três causas principais (TUBINO, 2015):

- Lotes econômicos grandes: causado quando os maquinários estão superdimensionados para a demanda, ou possui tempos de *setup* altos, ou então quando a empresa tenta reduzir seus custos fixos locais através desses grandes lotes.

- Demandas instáveis passadas diretamente para a fábrica (programação empurrada): essa programação instável faz com que hora a fábrica produza muito, ora produza pouco, gerando assim desorganização nas quantidades a serem manufaturadas.
- Falta de capacidade produtiva: embora pareça contraditório, essa falta muitas vezes faz com que as empresas que operam em demandas sazonais, busque produzir muito acima de sua demanda imediata, na tentativa de suprir a demanda sazonal.

Desse modo, a Manufatura Enxuta define a necessidade de produzir somente o necessário, e no momento certo, afim de evitar as consequências apresentadas.

2.2.3.2 Desperdício por Espera

Conforme Tubino (2015), a espera compreende ao tempo em que o produto fica na fábrica sem ser processado, movimentado, ou então inspecionado, ou seja, não está sendo agregado nenhum valor a ele nesse momento. Sua origem está associada a dificuldade que as empresas possuem na identificação no curto prazo de seus gargalos de produção. Esta característica, somada a complexidade do sequenciamento das ordens, no ciclo alto de programação empurrada, formação de lotes econômicos muito grandes, falta de matéria-prima, e desbalanceamento do fluxo de produção, faz com que este desperdício seja um dos mais clássicos na manufatura (TUBINO, 2015; VIEIRA, 2006).

Vieira (2006) acrescenta a este desperdício a espera que os operários possuem quando permanecem juntos à máquina, acompanhando o processamento do início ao fim. Embora neste momento está sendo gerado valor ao produto, o trabalhador encontra-se ocioso, e capaz de desempenhar outra atividade nesse momento (resguardado seu direito a pausas e intervalos durante a produção).

Como consequência, esse desperdício traz para a empresa um aumento na conclusão dos lotes, a necessidade de um espaço físico próximo aos maquinários, e a possibilidade de surgimento de problemas técnicos associados a qualidade do produto.

2.2.3.3 Desperdício por Transporte

O transporte corresponde a uma atividade que não gera valor algum ao produto, e deve ser eliminada sempre que possível (VIEIRA, 2006). Conforme Tubino (2015), este desperdício possui origem no tipo de *layout* utilizado na planta, e na manufatura de grandes lotes com necessidade de armazenagem. Ambas as situações proporcionam um aumento nos custos envolvendo pessoas e equipamentos de movimentação, a necessidade de grandes espaços internos para movimentação adequada, e por vezes uma perda na qualidade final do produto, decorrente de batidas ou então a queda do produto durante o trajeto.

Sua otimização pode ser feita através de modificações no layout, que busquem reduzir as distâncias entre os processos. Ademais, esteiras rolantes ou pontes de movimentação podem ser alternativas viáveis, conforme necessidade e disponibilidade de recursos pela empresa (GHINATO, 1996).

2.2.3.4 Desperdício por Processamento

Este desperdício está associado ao acréscimo no processo de mais trabalho ou esforço do que aquele requerido pelas especificações do cliente (TUBINO, 2015). Estas situações podem ser eliminadas sem afetar as características e funções básicas apresentadas pelo produto.

O desperdício por processamento está relacionado a várias causas, como por exemplo: instruções de trabalho pouco claras ou inexistentes, requisitos dos clientes (internos e/ou externos) mal definidos, especificações de qualidade mais rigorosas do que aquela exigida, mal desempenho de um maquinário em função de necessidade ajuste ou manutenção, má utilização dos equipamentos e ferramentas, dentre outras (TUBINO, 2015; VIEIRA, 2006).

2.2.3.5 Desperdício por Estoque

Os desperdícios por estoque são aqueles que ocorrem pela manutenção excessiva de estoques de matéria-prima, material em processamento ou então produtos acabados (VIEIRA, 2006). Esta necessidade de larga utilização do estoque

está associada a alguns fatores, como: uma grande variabilidade do sistema de produção (muitas vezes repassadas diretamente através do sistema empurrado de programação), a utilização de lotes econômicos grandes, superprodução, falta de sincronização da produção, problemas crônicos do processo (tais quais quebra de máquinas, alto tempo de *setup*, produtos com defeito, etc.), estoques de segurança, dentre outros (GHINATO, 1996; TUBINO, 2015).

Este tipo de desperdício gera como consequência a necessidade de locais apropriados para o armazenamento destes materiais, maior número de pessoas envolvidas, além de sistemas de controle e manutenção para estes espaços. Tudo isso gera um grande custo para a empresa, e pode impactar na qualidade final do produto e na margem de lucro que a empresa terá com a sua venda.

Tubino (2015) traz que nos setores em que ocorre maior dinamicidade no fluxo de produtos, como por exemplo o setor têxtil, esse desperdício por estoque pode levar a uma perda definitiva do produto ou então sua venda por um valor muito abaixo do padrão, haja visto que a coleção em que ele faz parte já se encerrou.

2.2.3.6 Desperdício por Movimentação

O desperdício por movimentação acontece por conta dos movimentos desnecessários realizados pelos trabalhadores durante a execução de uma operação e pela desorganização do ambiente de trabalho (TUBINO, 2015; VIEIRA, 2006). Como consequência, ele traz um aumento nos tempos e custos associados ao processo, problemas de qualidade, e em muitos casos problemas ergonômicos aos operadores.

Schoeffel (2018) apresenta que as técnicas de estudos dos métodos e tempos da operação, e a troca rápida de ferramentas, são atividades importantes para a eliminação deste desperdício, além da mecanização do processo.

2.2.3.7 Desperdício pela Fabricação de Produtos Defeituosos

Este corresponde ao desperdício mais visível de todos, e compreende a manufatura de produtos com características fora da especificação, não atendendo assim as necessidades do cliente (VIEIRA, 2006). Conforme Schoeffel (2018), ele traz

como resultado o desperdício de matérias-primas, de tempo de operação, retrabalho, além dos demais desperdícios apresentados até então.

A fabricação de produtos defeituosos pode apresentar diversas origens, tais quais a existência de procedimentos incorretos, operadores mal treinados, equipamentos desregulados, falta de manutenção no maquinário, ferramentas e equipamentos utilizados durante o processo, dentre outras (TUBINO, 2015). Para contornar essa situação, é recomendado a utilização de técnicas de controle de qualidade, amostragens e ferramentas estatísticas, as quais irão proporcionar a empresa melhor controle e identificação de possíveis desvios nas especificações apresentadas pelos produtos (SCHOEFFEL, 2018).

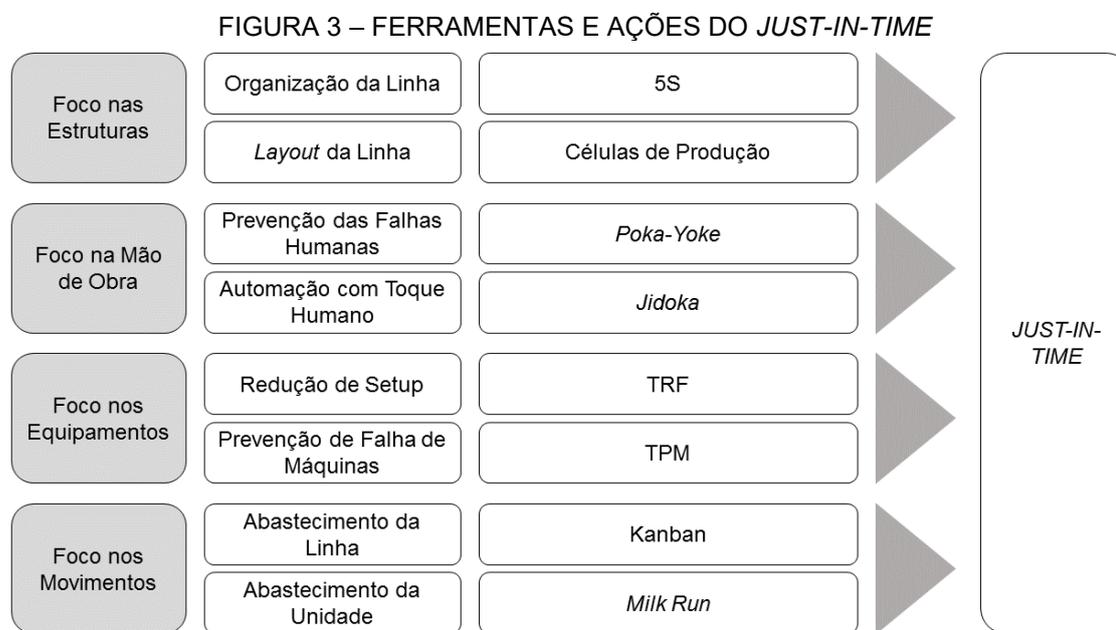
2.3 FERRAMENTAS E TÉCNICAS DA MANUFATURA ENXUTA

Um dos pilares fundamentais para a Manufatura Enxuta é o *Just-in-Time*, que de forma sintetizada busca a produção no “momento certo” afim de reduzir ou então eliminar os desperdícios ao longo da linha de produção. Conforme Rodrigues (2015), este importante pilar persegue também a melhoria contínua dos processos, a partir da busca dos seguintes itens:

- Ambientes de trabalho limpos e organizados;
- Sistemas à prova de falhas humanas;
- Menor tempo de *setup*;
- Sistema de produção puxada;
- Estoque zero ao longo do processo;
- Abastecimento otimizado, e relação otimizada com os fornecedores;
- Zero defeito e zero desperdício;
- Qualidade total ao longo do processo.

Esses elementos proporcionam para a empresa uma diminuição de seu *lead time*, além do aumento na flexibilidade de produção e da confiabilidade ao sistema, que se torna cada vez mais capaz de atender aos requisitos apresentados pelo cliente, e de atribuir maior valor ao produto (WERKEMA, 2011). De maneira a criar condições plenas para a operacionalização da filosofia trazida pelo JIT, Rodrigues (2015) sistematizou as principais ferramentas e ações a serem utilizadas, com base em quatro

focos principais da Manufatura Enxuta: o foco nas estruturas, na mão de obra, nos equipamentos e nos movimentos. Esta sistematização pode ser observada na FIGURA 3.



FONTE: Rodrigues (2015).

Rodrigues (2015) traz que o “Foco nas Estruturas” relaciona-se as ações de medidas de organização e *layout* de linha, enquanto o “Foco na Mão de Obra” às ações de prevenção de falhas humanas e a automação com toque humano. Já para o “Foco nos Equipamentos”, relaciona-se às técnicas para redução do *setup* e da prevenção de falhas de máquinas, ao passo que o “Foco nos Movimentos” estende-se para o abastecimento da linha e das unidades produtivas. Cada uma das ações citadas está diretamente correlacionada à uma ferramenta ou técnica da Manufatura Enxuta, as quais serão apresentadas nas seções a seguir.

2.3.1 Foco nas Estruturas

Para que a Manufatura Enxuta consiga trazer êxito para o sistema produtivo, e proporcionar todos os seus benefícios citados até então, é necessário que ele apresente condições estruturais adequadas para que a ME seja aplicada de forma correta e gere os resultados esperados. Neste contexto, apresenta-se o primeiro foco da Manufatura Enxuta, o Foco nas Estruturas, que busca através da organização da linha e do *layout*, otimizar os espaços físicos da empresa, padronizar as condições de

trabalho dos colaboradores, e otimizar seus recursos produtivo (RODRIGUES, 2015). Para este foco, estão associadas a ferramenta 5S e as células de produção.

2.3.1.1 5S

O 5S corresponde a uma ferramenta de origem japonesa, desenvolvida no século XX e que compreende a um conjunto de práticas que buscam organizar e padronizar o local de trabalho, promover e preservar sua limpeza, além de manter apenas o necessário para as atividades rotineiras do colaborador (WOMACK e JONES, 1998). Conforme Rodrigues (2015), a ferramenta possui baixo custo de implementação e necessita a participação de todos para que seus resultados sejam obtidos. Ademais, ela pode ser aplicada tanto em áreas administrativas, quanto de manufatura.

De acordo com Campos *et al.* (2005), a prática do 5S leva em consideração três aspectos básicos: o aspecto físico (*layout*), o aspecto social e o aspecto intelectual. Todos eles interrelacionam-se entre si, e dependem uns dos outros para a ferramenta possa ser colocada em prática em sua totalidade. Desse modo, sua aplicação requer mudanças na cultura organizacional e o engajamento de todos os colaboradores, para que os hábitos advindos do 5S sejam aplicados e mantidos em toda empresa.

A sigla 5S deriva de cinco palavras japonesas que iniciam com a letra S, conforme apresentado na FIGURA 4.

FIGURA 4 – SIGNIFICADO DO 5S

Palavra Japonesa	Tradução	Significado
<i>Seiri</i>	Senso de Utilização	Separar o necessário do desnecessário
<i>Seiton</i>	Senso de Organização	Organizar o necessário, definindo um lugar para cada item
<i>Seiso</i>	Senso de Limpeza	Limpar os recursos utilizados
<i>Seiketsu</i>	Senso de Padronização	Criar e seguir um padrão para os três primeiros S's
<i>Shitsuke</i>	Senso de Autodisciplina	Estabelecer disciplina para manter os quatro primeiros S's

FONTE: Werkema (2011).

A partir da análise da FIGURA 4, é possível observar os conceitos e objetivos por trás de cada senso, os quais serão melhor conceituados a seguir, conforme Rodrigues (2015) e Werkema (2011):

- **Seiri ou Senso de Utilização:** este senso está relacionado com a otimização dos espaços e a alocação e utilização eficiente dos equipamentos e materiais utilizados nas atividades. Para isso, deve-se inicialmente identificar os itens que não são necessários atualmente no trabalho, e em seguida destinar estes itens para um local adequado, ou então sua eliminação (lixo ou reciclagem). Por fim, os itens restantes devem ser guardados em local apropriado.
- **Seiton ou Senso de Organização:** possui o objetivo de ordenar racionalmente os equipamentos e materiais utilizados, de maneira a facilitar o acesso e uso dos mesmos durante as atividades. Para que ele seja implementado, os itens devem ser identificados, para que eles possam ser encontrados por qualquer pessoa, e logo após criar limites e áreas específicas para a alocação dos itens. Essas áreas devem levar em consideração a frequência de uso e os princípios de economia de tempo.
- **Seiso ou Senso de Limpeza:** objetiva deixar o local e os itens utilizados limpos e em condições favoráveis ao uso. Engloba também a criação de rotinas de manutenção das máquinas e equipamentos, de modo a buscar a eliminação

das causas raízes para determinadas fontes de sujeira. Para sua realização, deve-se inicialmente limpar toda a área de trabalho e em seguida criar procedimentos de limpeza diária e manutenções periódicas, que visem manter a área arrumada, livre de sujeiras e mais segura para os colaboradores.

- Seiketsu ou Senso de Padronização: este senso busca cumprir as recomendações trazidas até então, além da padronização dos bons hábitos e dos procedimentos e ações utilizadas nos três primeiros sentidos. Para que ele seja colocado em prática, devem ser criados procedimentos padronizados para a realização das tarefas diárias, e comunicar a todos a seu respeito e disponibilidade.
- Shitsuke ou Senso de Autodisciplina: possui o objetivo de criar uma cultura que eduque, conscientize e discipline o colaborador acerca de seus comportamentos e hábitos, frente a continuidade e ao sucesso da implementação dos sentidos iniciais. A importância do cumprimento das ações deve ser reforçada periodicamente, além do devido reconhecimento dos casos de sucesso que ocorreram dentro da organização.

Werkema (2011) destaca diversos benefícios advindos da implementação do 5S nas empresas, como por exemplo o aumento de produtividade e da segurança do trabalho para os colaboradores, a diminuição dos defeitos e dos desperdícios, o melhor atendimento dos prazos e a melhor distinção entre as condições normais e anormais de trabalho.

2.3.1.2 Células de Produção

Uma das etapas de maior importância na definição e planejamento da produção consiste na escolha do *layout* produtivo que o setor irá possuir. Segundo Rodrigues (2015), existe uma série de itens que devem ser levados em consideração para tal escolha, sendo eles: o espaço físico do local, a capacidade produtiva, o nível de automação e as tecnologias utilizadas pela empresa, a lógica sequencial do processo, a quantidade de máquinas e colaboradores disponíveis, tempo de *setup* das máquinas, dentre outros.

Existem quatro principais tipos de layouts que podem ser utilizados, conforme as especificidades apresentadas por cada organização: o *layout* por linha, o *layout* por processo, o *layout* por posição e o *layout* por células (RODRIGUES, 2015).

O *layout* por linha é caracterizado por possuir as estações de trabalho definidas conforme a sequência das operações, e é muito utilizado em processos produtivos contínuos, padronizados e com pouca diversificação, como por exemplo em empresas automotivas e programas de triagem de serviços de saúde. Apresenta como fatores positivos a facilidade no controle da produção e na previsão do fluxo de materiais, e como fatores negativos o alto investimento inicial, e o estresse nos colaboradores gerados pela repetitividade de suas ações executadas.

Já o *layout* por processo é descrito pelo agrupamento de atividades ou operações similares em uma mesma área. Apresenta menor velocidade, associado a custos fixos menores, quando comparado com o *layout* em linha. Suas vantagens estão relacionadas a maior flexibilidade do processo para a fabricação de produtos diferentes e lotes menores, e a maior facilidade de medição da produtividade individual. Porém, suas desvantagens consistem na geração de maior estoque de materiais ou produtos semiacabados entre os processos, planejamento de produção mais complexo, e menor velocidade de produção. Este tipo é muito utilizado em serviços de um hospital, agências bancárias e nas vendas de um supermercado.

O *layout* por posição é caracterizado por produtos que tendem a permanecer fixos ao longo do processamento, dessa forma, quem se desloca são as estações de trabalho em torno dele. Este tipo de *layout* é comumente utilizado para a concepção de produtos únicos, como por exemplo na construção de um edifício, navio ou de uma rodovia, na qual existe baixa ou nenhuma padronização. Para isso, é importante que existe um alto nível de habilidade tanto dos operadores, quanto das máquinas e equipamentos utilizados.

Por fim, tem-se o *layout* por células, que possui geralmente o formato em “U”, e é definido pelo agrupamento de peças e ações similares em grupos, os quais apresentam características semelhantes. Este agrupamento objetiva o aumento da eficácia da produção, através da otimização dos recursos já existentes. Este *layout* possui como vantagens a otimização do tempo de *setup*, de operação e de produção, a redução com custos de estoque e mão de obra, o aumento no nível de automação e o ganho em responsabilidades e motivação para o colaborador.

2.3.2 Foco na Mão de Obra

O segundo foco da Manufatura Enxuta é representado pelo Foco na Mão Obra, que busca reduzir e prevenir possíveis falhas humanas ao longo do processo produtivo. Para tal, associa-se a ferramenta *Poka-Yoke* e o princípio do *Jidoka*, descritas a seguir.

2.3.2.1 *Poka-Yoke*

O *Poka-Yoke*, termo japonês que significa à prova de erros, compreende um conjunto de procedimentos e/ou dispositivos que possuem como objetivo detectar e corrigir erros em um processo, de maneira a anteceder possíveis defeitos a serem percebidos pelos clientes, sejam eles internos ou externos (WERKEMA, 2011). O conceito surge a partir do lema de que “a falha humana é inevitável”, ou seja, eventualmente ela irá acontecer. Dessa forma, Rodrigues (2015) destaca a importância da utilização deste método que auxilia nas atividades de inspeção ao indicar ao operador a maneira adequada para realizar um trabalho.

Sua operacionalização acontece por meio de qualquer mecanismo que evite que o erro seja cometido, ou então que faça com que seja óbvio à primeira vista do operador sua detecção e correção (WERKEMA, 2011). Segundo Shingo (1996) e Werkema (2011), existem duas categorias de dispositivos *Poka-Yoke*, as quais estão exibidas a seguir:

- *Poka-Yoke* de Prevenção: Engloba os métodos que não permitem a ocorrência do erro, como por exemplo o *pendrive*, que permite apenas a sua inserção no computador quando estiver na posição correta de encaixe.
- *Poka-Yoke* de Detecção: Abrange os dispositivos que interrompem o processo (*Poka-Yoke* de Controle), como por exemplo um disjuntor, e aqueles que emitem um sinal sonoro ou visual quando um erro é cometido (*Poka-Yoke* de Advertência), como os sinais emitidos pelo automóvel quando a porta está aberta ou o cinto não foi afivelado.

Este método é mais indicado em tarefas que exigem muita atenção dos colaboradores, processos com alto custo de treinamentos ou elevado índice de

turnover, processos em que o cliente tende a cometer erros, e culpar o provedor por eles, dentre outros (WERKEMA, 2011). Por fim, é importante ressaltar que um bom dispositivo *Poka-Yoke* deve ser simples e de baixo custo, de maneira a tornar simples a sua utilização, além de estar situado próximo do local de ocorrência do erro, e permitir assim uma ação corretiva imediata.

2.3.2.2 *Jidoka*

De acordo com Ghinato (1994), o *Jidoka*, ou automação, consiste na automação com o toque humano, de modo a assegurar a possibilidade do operador ou então da máquina de paralisar o processo, sempre que uma anormalidade for observada e detectada. Essas paradas são sinalizadas por um sistema de informação visual chamado *andon*, que significa “sinal de luz para pedir ajuda”, sempre que for detectada a irregularidade. O conceito do *Jidoka* está ligado a automação e autonomia, e pode ser utilizado também em processos manuais, sem a presença de máquinas (RODRIGUES, 2015).

Conforme Rodrigues (2015), o objetivo principal da automação compreende evitar que uma peça que possua um defeito em seu processamento continue a ser produzida, o que iria acarretar na redução da produtividade e na elevação dos custos do processo, haja visto o retrabalho decorrente dos consequentes defeitos que esta peça iria desencadear.

Dentre os principais benefícios observados a partir de sua implementação, destacam-se a redução nos custos de produção, através da eliminação das peças defeituosas, o ganho em qualidade assegurada do produto e na segurança do operador, além da otimização e flexibilidade que os operadores passam a ter dentro do processo. Entretanto, é importante que a organização tome algumas medidas preparatórias para a sua implementação, tais quais a capacitação dos colaboradores para a multifuncionalidade, a correta definição e distribuição de atividades, e a implantação de uma nova política de recursos humanos que assegure essas novas atribuições (RODRIGUES, 2015).

2.3.3 Foco nos Equipamentos

O terceiro foco da Manufatura Enxuta compreende ao Foco nos Equipamentos, que busca otimizar a utilização dos equipamentos e maquinários presentes nos processos, para que estes apresentem um desempenho eficaz e produzam os itens conforme o planejamento realizado. Para isso, são utilizados os métodos Troca Rápida de Ferramentas e a Manutenção Produtiva Total.

2.3.3.1 Troca Rápida de Ferramentas – TRF

A Troca Rápida de Ferramentas (TRF) é um método que auxilia na redução do tempo de *setup*, isto é, o tempo em que a máquina ou equipamento fica parado ou deixa de produzir de forma plena quando surge a necessidade da realização da troca de ferramentas, ou então para a programação de fabricação de uma nova peça ou produto (RODRIGUES, 2015). Este tempo tem início na produção da última peça de um lote e vai até o momento em que a primeira peça do novo lote é produzida.

Em decorrência das demandas de mercado, que vem exigindo cada vez mais uma maior flexibilidade das organizações para a manufatura de produtos diversificados e por vezes únicos, desponta-se a importância que deve ser dada nas mudanças e preparações de máquinas e linhas de produção para atender essa dinâmica. Nesse contexto, se apresenta o TRF, que possui origem na década de 50 com estudos de melhoria de eficiência que Shigeo Shingo realizou na planta *Mazda* da *Toyo Kogyo*, em Hiroshima.

Nesses estudos, Shingo percebeu a existência de dois tipos de *setup* (SHINGO, 2000):

- *Setup* Interno ou Tempo de Preparação Interna: os quais só podem ser realizados com a máquina parada, como a montagem ou remoção de matrizes;
- *Setup* Externo ou Tempo de Preparação Externa: abrangendo operações que podiam ser realizadas com as máquinas em funcionamento, como o transporte de matrizes já utilizadas.

O resultado deste estudo foi a importância que a separação dos *setups* internos dos externos, além da definição de ações eficazes para a realização dos *setups* externos.

Em outro estudo realizado por Shingo, em 1969, já na fábrica da Toyota, foi possível a diminuição do tempo de *setup* de quatro horas para três minutos, após uma criteriosa análise do processo e otimização dos *setups* (CALHADO *et al.*, 2015; RODRIGUES, 2015). A partir daí, Shingo percebeu que a maioria dos *setups* poderia ser expresso em um tempo menos do que dez minutos. Este novo conceito foi nomeado com *Single Minute Exchange of Die* (SMED) ou Troca Rápida de Ferramentas.

Shingo (2000) sugeriu quatro estágios para a operacionalização do TRF, sendo eles:

- Análise das condições de *setup*: nesta fase deve ser realizada uma análise completa da linha de produção, envolvendo elementos como cronoanálise (análise dos tempos e movimentos envolvidos no processo produtivo) e entrevistas com os operadores e supervisores;
- Separação dos *setups* interno e externo: separar os dois tipos de *setups*, e verificar as condições de funcionamento de todas as máquinas e equipamentos;
- Conversões de *setups* interno e externo: nesta etapa busca-se converter os *setups* internos em externos, de maneira a diminuir o tempo em que as máquinas ficam paradas. Para isso, devem ser preparadas de forma antecipada as condições operacionais e a padronização das atividades do processo.
- Racionalização das ações e operações dos *setups* interno e externo: objetiva-se diminuir ao máximo o tempo dos dois tipos de *setups*, na busca pelo *single minute*, isto é, um tempo inferior a 10 minutos para a realização do *setup*.

Conforme Rodrigues (2015), alguns dos benefícios advindos da implementação do TRF são a maior flexibilidade nas linhas de produção, a redução do *lead time*, possibilidade de fabricação de pequenos lotes, diminuição dos tempos improdutivos e o aumento na produtividade geral da linha.

2.3.3.2 Manutenção Produtiva Total – TPM

A manutenção compreende às ações realizadas para recuperar, monitorar e gerenciar um equipamento, para que ele sempre se apresente em condições normais de funcionamento (RODRIGUES, 2015). De modo a complementar este termo surge o TPM – *Total Productive Maintenance* – o qual segundo Werkema (2011), consiste em um conjunto de procedimentos que objetivam assegurar que os equipamentos e máquinas de um processo produtivo sempre sejam capazes de executar as tarefas necessárias, de maneira que não interrompam a produção. Para que ele seja efetivo, deve existir um envolvimento direto de todos os colaboradores associados ao processo.

A palavra “total” presente em sua denominação está associada aos seguintes pontos: a) necessita da participação total de todos, e não apenas do setor da manutenção. Isto inclui a alta administração e supervisores do processo; b) tem como objetivo a produtividade do equipamento e a diminuição das principais perdas sofridas pelas máquinas (pequenas paradas, perda de velocidade, quebras, refugo, retrabalho e tempo de *setup*); e c) foco no ciclo de vida da máquina e a sua atividade de manutenção associada (WERKEMA, 2015).

De acordo com Werkema (2011), existem cinco passos para a implementação do TPM em uma empresa, são eles:

Passo 1) Melhorar a eficácia total dos equipamentos essenciais: os equipamentos e maquinários devem ter sua eficácia elevada, através da utilização de técnicas da ME, como o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

Passo 2) Implementar a manutenção autônoma: no qual os operadores são capacitados para a execução de tarefas rotineiras de limpeza, inspeção e ajuste, antes realizadas exclusivamente pelo setor da manutenção.

Passo 3) Elaborar um programa de manutenção planejada: criação de um cronograma pré-definido para a manutenção das máquinas e equipamentos, de modo a eliminar a necessidade de manutenções corretivas.

Passo 4) Elaborar um programa para gerenciamento do ciclo de vida dos equipamentos: englobando aspectos como as funções e características do equipamento, fornecedores mais adequados, utilização a longo prazo e o descarte daqueles que ficaram obsoletos.

Passo 5) Planejar e executar atividades de melhoria contínua: execução de projetos de melhoria contínua, com base no método DMAIC.

O TPM vem sendo difundido em muitas empresas que possuem uma visão estratégica bem definida, e que buscam a implementação da Manufatura Enxuta em seus processos internos. Como vantagens advindas da realização do TPM, Rodrigues (2015) cita a integração entre o setor produtivo e o administrativo no processo de manutenção, a otimização do desempenho e do ciclo de vida do equipamento, diminuição da responsabilidade pela manutenção, já que passa a ser de responsabilidade de todos, e a redução com os custos de manutenção e operação.

2.3.4 Foco nos Movimentos

O último foco da Manufatura Enxuta compreende ao Foco nos Movimentos, o qual está relacionado com a movimentação de materiais (interna e externa), que pode provocar estoques desnecessários ou então a falta de abastecimento das linhas de produção. Para isso, são apresentadas duas ferramentas, o Kanban e o *Milk Run*.

2.3.4.1 Kanban

O Kanban é um dispositivo de sinalização que autoriza e dá instruções para a produção ou então a retirada de itens em um sistema puxado (WERKEMA, 2011). O exemplo mais conhecido de Kanban são os cartões, que por vezes são cartões de papelão, contendo informações como o nome do item e número da ODF, setor ou fornecedor do item, forma de transporte, local de armazenamento, dentre outras informações.

Conforme Schoeffel (2018), o Kanban é utilizado para situações de controle de estoque ao longo do processo de produção, para a aquisição dos suprimentos necessários, e por vezes na aquisição de matérias primas. De modo a complementar as funções atribuídas ao Kanban, o QUADRO 1 traz outras funções, e suas respectivas regras para utilização.

QUADRO 1 – FUNÇÕES E REGRAS DO KANBAN

Funções do Kanban	Regras para Utilização
Fornecer informação sobre apanhar ou transportar.	O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo Kanban no processo precedente.
Fornecer informação sobre a produção.	O processo inicial produz itens na quantidade e sequência indicadas pelo Kanban.
Impedir a superprodução e o transporte excessivo.	Nenhum item é produzido ou transportado sem um Kanban.
Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias.	Serve para afixar um Kanban às mercadorias.
Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz.	Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é mercadorias 100% livres de defeitos.
Revelar problemas existentes e mantém o controle de estoques.	Reduzir o número de Kanbans aumenta sua sensibilidade aos problemas.

FONTE: Ohno (1997).

De uma maneira simplificada, Rodrigues (2015) apresenta como operacionalizar o sistema Kanban através de uma sequência de ações, as quais estão exibidas a seguir:

- A estação de trabalho A (ET-A) recebe o Kanban da estação B (ET-B) e deve produzir somente o solicitado no Kanban;
- Ao chegar na ET-A, o Kanban enviado pela ET-B e armazenado em um painel de planejamento, o qual define um limite de prioridades para a manufatura do item solicitado;
- Após a produção do item, ele é colocado em um container junto com o cartão que iniciou a produção, e encaminhado para a ET-B;
- Assim que a ET-B recebe os itens, o cartão é retirado e direcionado à uma caixa de recolhimento de Kanbans, para que seja enviado novamente a ET-A, reiniciando dessa forma novamente o processo.

Por fim, Werkema (2011) traz que os benefícios obtidos pela utilização do Kanban são: a capacidade de evitar o excesso de produção, diminuição dos estoques e dos desperdícios, eliminação das esperas pelas instruções de trabalho e o conhecimento da prioridade de produção ou abastecimento de itens.

2.3.4.2 *Milk Run*

Conforme Rodrigues (2015), o *Milk Run* consiste em um método que procura operacionalizar de forma eficaz o suprimento de materiais em uma linha produtiva. O nome tem origem com as leiterias, que recolhiam as latas de leite em fazendas ou sítios, onde os produtores colocavam em um local, horário e tipo de embalagem predeterminados, a sua produção de leite diária destinada à indústria. A partir daí, um transporte recolhia essas latas previamente definidas e as levava até a linha de produção.

O sistema *Milk Run* chegou nas indústrias e se tornou uma opção muito eficaz para o abastecimento de peças e componentes em uma linha de produção, sendo muito utilizado pela indústria automobilística, por exemplo. A partir desse sistema, as empresas gerenciam e controlam todo o fluxo de materiais com origem nos fornecedores, contribuindo assim de maneira eficaz para a filosofia JIT (RODRIGUES, 2015).

De acordo com Rodrigues (2015), para que o sistema seja implementado, é importante que a organização tome alguns cuidados, como uma troca de informações eficiente e limpa entre a empresa e seus fornecedores, localização próxima dos fornecedores, possuir um plano de gerenciamento em caso de possíveis imprevistos, desenvolvimento de fornecedores, dentre outros.

2.3.5 Outras Ferramentas da Manufatura Enxuta

Ademais das ferramentas e técnicas apresentadas das seções anteriores, a Manufatura Enxuta desprende de uma vasta gama de ferramentas, técnicas e metodologias com grande importância para a realização de projetos voltados a qualidade e melhoria contínua, sejam elas para a gestão e direcionamento do projeto, para a análise de causa raiz dos problemas, para a criação de planos de ação afim de atacar o problema encontrado, ou então para a priorização de problemas, ações ou atividades.

Para a gestão e direcionamento de projetos destacam-se o ciclo PDCA (Planejamento, Execução, Verificação e Ação, ou no inglês *Plan, Do, Check and Act*) e o ciclo DMAIC (Definição, Mensuração, Análise, Melhoramento e Controle, ou no inglês *Define, Measure, Analyse, Improve and Control*) (SLACK *et al.*, 2018).

O PDCA, conforme Hassan e Hossain (2018), compreende a um ciclo de melhoria contínua composto por quatro etapas, as quais deve-se passar para a resolução de uma não conformidade. Ele foi popularizado pelo Dr. W. Edwards Deming nas indústrias japonesas na década de 1960, e apresenta a ideia de que para aprender qualquer coisa, é necessário primeiro mudar algo, verificar os resultados obtidos com essa mudança, e por fim avaliar o impacto gerado por ela (BALLÉ *et al.*, 2019). Conforme Slack *et al.* (2018), o ciclo é descrito por Deming, como sendo composto por quatro passos fundamentais, são eles:

- Planejamento – Nesta fase de planejamento, ocorre o exame do problema que está sendo estudado, de forma a coletar e analisar dados, afim de elaborar um plano de ação voltado a melhoria do desempenho do problema;
- Execução – Implementação do plano elaborado anteriormente, na operação do problema;
- Verificação – Avaliação da nova solução implementada, de maneira a observar se ela gerou o resultado de melhoria esperado;
- Ação – Consolidação e/ou padronização da mudança implementada, caso bem sucedida, ou então o abandono e aprendizado da experiência, caso mal sucedida.

Já o ciclo DMAIC, constitui-se de uma metodologia fundamentada em dados e na utilização de ferramentas estatísticas para a análise e tratamento dos problemas, proporcionando ao fim, a melhoria contínua e o direcionamento para o alcance das metas estratégicas almejadas (CONCEIÇÃO e RODRIGUES, 2019). Conforme Slack *et al.* (2018), o ciclo apresenta cinco etapas fundamentais, sendo elas:

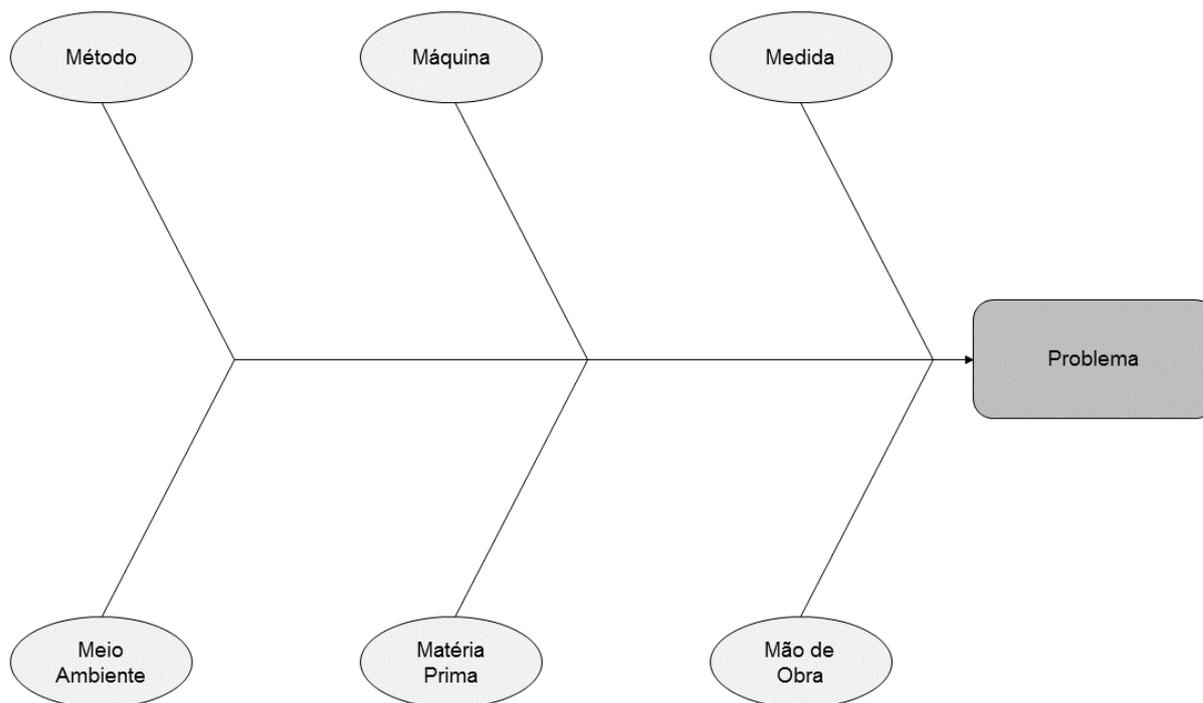
- Definição – Define-se o problema a ser analisado, de modo a descrever qual será o escopo do projeto e a meta a ser alcançada;
- Mensuração – Valida-se o problema, afim de assegurar que ele é realmente um problema e que vale a pena ser estudado. Nesta etapa são coletados os dados e mapeados os processos;

- Análise – A partir dos dados coletados, são desenvolvidas hipóteses quanto às raízes reais do problema, além da definição de soluções e ações a serem tomadas afim de solucioná-lo;
- Melhoramento – São executadas as ações propostas, de modo a aperfeiçoar o processo;
- Controle – Monitoramento das ações tomadas, visando a manutenção dos ganhos obtidos.

Ambas as metodologias apresentadas envolvem uma análise de causa raiz do problema, afim de aumentar a assertividade das ações tomadas e garantir o sucesso do projeto. Para isso, uma das ferramentas mais utilizadas consiste no Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama Espinha de Peixe, em decorrência de seu formato que lembra um esqueleto de um peixe. Conforme Carpinetti (2016), o diagrama foi desenvolvido pelo professor Kaoru Ishikawa para reproduzir as relações presentes entre um problema ou efeito indesejado, e todas as suas possíveis causas, sendo assim um direcionador para as causas fundamentais deste problema, e conseqüentemente para as medidas corretivas a serem adotadas.

O diagrama é constituído por um eixo principal, ligado as seis categorias de classificação das causas, sendo elas máquina, medida, meio ambiente, mão de obra, método e matéria prima, e estas por sua vez ligadas as causas do problema. A FIGURA 5 apresenta esta estrutura básica do diagrama.

FIGURA 5 – ESTRUTURA BÁSICA – DIAGRAMA DE ISHIKAWA



FONTE: Adaptado de Carpinetti (2016).

A construção do diagrama deve ser feita por pessoas envolvidas com o processo analisado, podendo para isso ser utilizada a ferramenta *Brainstorming*, cujo objetivo é auxiliar um grupo de pessoas a apresentar o maior número de ideias possíveis acerca de um assunto (CARPINETTI, 2016). Uma vez definido o problema, a equipe deve buscar elencar as causas relacionadas a ele, e então refletir a respeito do porquê isso acontece. Ao final desse processo, serão definidas as causas raízes do problema estudado.

Após serem definidas as causas problema, é necessário estipular um plano com ações voltadas a mitigar ou então resolvê-lo. Para isso, utiliza-se comumente a ferramenta 5W2H, que auxilia na definição e controle das ações de forma metódica e seguindo um raciocínio lógico. Segundo Silveira *et al.* (2016), a ferramenta consiste em um *checklist*, no qual constam as respostas para as atividades e ações planejadas para o projeto. Para sua elaboração, deve-se responder a sete questões, conforme o QUADRO 2.

QUADRO 2 – 5W2H

5W	<i>Who?</i>	Quem?	Quem irá fazer parte da ação?
	<i>Why?</i>	Por quê?	Por que executá-la?
	<i>What?</i>	O que?	O que será feito?
	<i>When?</i>	Quando?	Quando será realizada?
	<i>Where?</i>	Onde?	Onde será realizada?
2H	<i>How much?</i>	Quanto custa?	Quanto irá custar a ação?
	<i>How?</i>	Como?	Como ela será executada?

FONTE: Adaptado de Lisbôa e Godoy (2012).

Quando o fator custo apresenta algum grau de incerteza, a ferramenta é adaptada para o 5W1H, no qual não é apresentada a informação do custo associado a ação.

Tanto o Diagrama de Ishikawa quanto o 5W2H podem gerar um número significativo de causas e ações, respectivamente. Dessa forma, torna-se importante a priorização dos itens, de maneira a agir primeiro em prol daqueles que apresentam maior significância e impacto sobre o problema analisado. Para isso, desponta-se a ferramenta Matriz GUT, que conforme Fáveri e Silva (2016), possui o objetivo de orientar as decisões que possuem muitas variáveis, atribuindo prioridade aos problemas através de três fatores, sendo eles:

- Gravidade – Associado ao impacto e a consequência que o problema irá apresentar caso ele aconteça, devendo ser analisados aspectos envolvendo pessoas, processos, organizações, etc.;
- Urgência – Representa o tempo disponível ou então necessário para a solução do problema analisado, de modo que, quanto maior a urgência, menor o tempo disponível para resolvê-lo;
- Tendência – Consiste no potencial de crescimento do problema com o passar do tempo, caso ele não venha a ser solucionado. Para isso, avalia-se a tendência de crescimento, redução, ou então desaparecimento do problema com o tempo.

Após a análise de cada um dos fatores, é necessário estabelecer uma pontuação para cada um deles, através de uma escala crescente de 1 a 5, a respeito dos critérios exibidos na QUADRO 3.

QUADRO 3 – MATRIZ GUT

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá mudar
2	Pouco grave	Pouco urgente	Irá piorar a longo prazo
3	Grave	O mais rápido possível	Irá piorar a médio prazo
4	Muito grave	É urgente	Irá piorar a curto prazo
5	Extremamente grave	Precisa de ação imediata	Irá piorar rapidamente

FONTE: Adaptado de Fáveri e Silva (2016).

Ao final, o valor de cada variável deve ser multiplicado, resultando em uma pontuação específica para cada problema analisado. A priorização se dará a partir deste resultado, de maneira que aqueles que apresentarem maior valor, devem ser resolvidos ou atacados primeiramente (FÁVERI e SILVA, 2016).

2.4 MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR

Um fluxo de valor, conforme Rother e Shook (2003) compreende a toda ação, que agrega valor ou não, a qual é necessária para trazer um produto através de todos os seus fluxos essenciais, sendo eles o fluxo de produção (desde a matéria prima até as mãos do consumidor), e o fluxo do projeto do produto (desde sua concepção até o lançamento).

A partir da ideia descrita, Werkema (2011) apresenta a definição do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) ou *Value Stream Mapping* (VSM), o qual consiste em uma ferramenta visual, que faz uso de símbolos gráficos para retratar e apresentar a sequência e o movimento de informações, materiais e ações, as quais fazem parte do fluxo de valor de uma empresa ou produto. Trata-se de uma representação relativamente simples (utilizando-se por vezes papel e lápis), porém robusta, e que proporciona a visualização e compreensão da situação atual do processo, e na construção da situação futura (ROTHER e SHOOK, 2003).

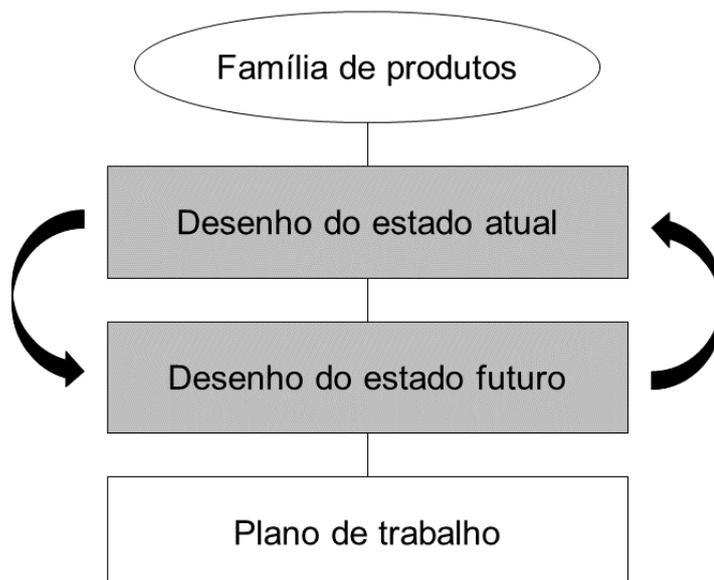
Pojasek (2004) traz que o MFV foi desenvolvido para ser uma ferramenta de baixa tecnologia, no qual apesar de existirem *softwares* que realizam sua construção, o mapeamento é comumente feito de forma manual, e está associado ao princípio de ver por si mesmo para entender de maneira completa a situação do processo (*genchi genbutsu*), descrito por Liker (2005).

Conforme Vieira (2006) o MFV apresenta as seguintes características:

- Apresenta uma linguagem comum, visual e simbólica;
- Possui fácil visualização e compreensão;
- Pode ser utilizada também pelos níveis hierárquicos mais baixos;
- Auxilia a visualização dos processos, de modo a enxergar seu fluxo de valor através dos diferentes departamentos e setores;
- Apresenta a relação entre o fluxo de informações e de materiais;
- Assiste na melhoria do sistema como um todo;
- Ajuda na identificação das fontes de desperdícios do processo;
- Agrega diferentes técnicas e conceitos presentes na Manufatura Enxuta;
- Forma a referência para um projeto de melhoria no processo analisado.

De acordo com Rother e Shook (2003), o MFV corresponde a uma ferramenta de melhoria contínua, já que cria um círculo vicioso no qual após a elaboração e proposição de um mapa de estado futuro, este mapa futuro torna-se o mapa de estado presente, onde serão elaboradas novas ações de melhoria para a obtenção de um novo mapa futuro. Essa sistemática se repete a cada três meses na Toyota, e pode ser observada na FIGURA 6.

FIGURA 6 – CICLO DE MELHORIA DO MFV



FONTE: Rother e Shook (2003).

Como pode ser observado na FIGURA 6, o MFV inicia-se a partir da definição da família de produtos que serão mapeados e analisados. Em seguida, são coletados os dados relacionados ao processo que auxiliem na construção do desenho do estado

atual. Após isso, o mapa de estado futuro é elaborado a partir da utilização das ferramentas da qualidade, do controle de produção e através de um plano de trabalho robusto, os quais buscam extinguir as falhas e os desperdícios presentes no processo. Ao final, esse processo é realizado de forma periódica, de maneira a gerar e fomentar a melhoria contínua para a empresa (ROTHER e SHOOK, 2003).

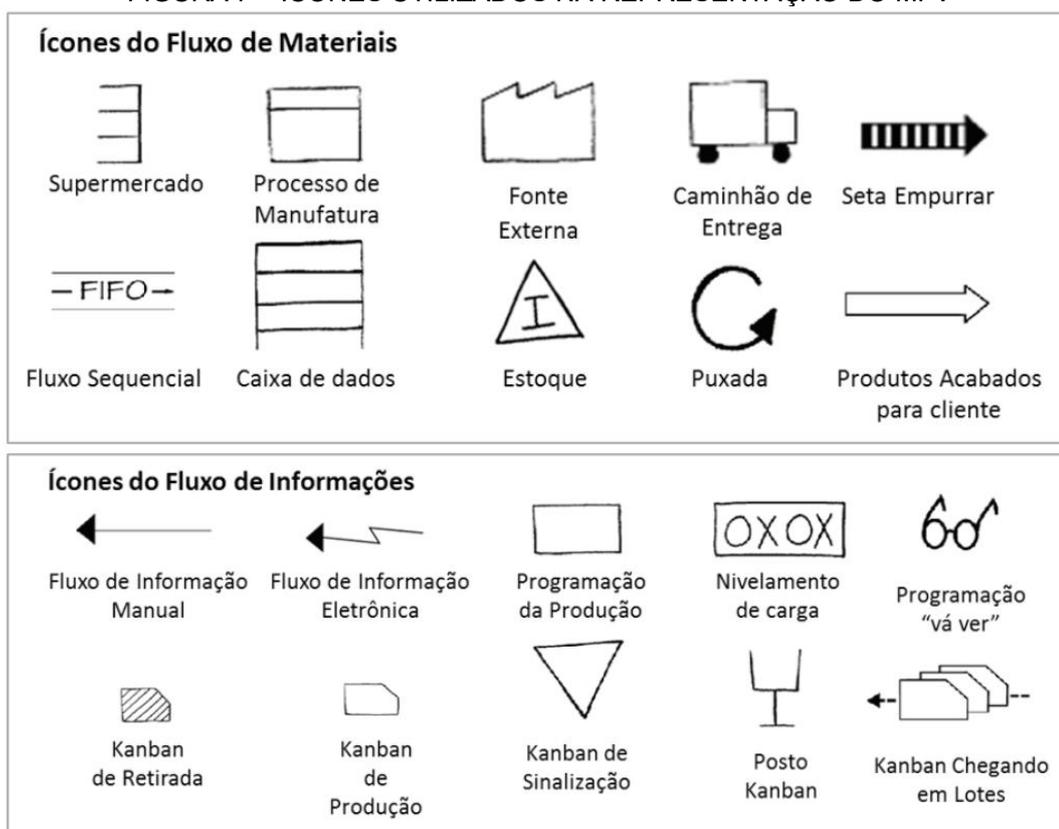
2.4.1 Elementos do MFV e Outras Definições

O Mapeamento de Fluxo de Valor é formado por diversos elementos padronizados, que proporcionam fácil leitura para qualquer um que conheça a ferramenta, ao passo que possui flexibilidade para adaptar seus elementos, conforme os mapas e processos específicos. Os elementos mais utilizados pelo MFV, conforme Vieira (2006), são:

- Processo de manufatura: corresponde as estações de processo, isto é, os estágios onde é agregado valor ao produto. Estes são os locais onde ocorrem a modificação ou a transformação de matéria ou informação;
- Caixa de dados: consiste no elemento que descreve os dados relativos aos processos, incluindo o tempo de ciclo, tempo de *setup*, dentre outros. Cada Processo de manufatura possui uma caixa de dados;
- Identificação da forma com que o sistema flui: representam o sentido do fluxo de material, e indicam se o fluxo é “puxado” ou “empurrado”;
- Estoques: indicam a existência de estoque, seja ele em processo, matéria prima ou produto acabado. Compreende a um dos elementos mais importantes, já que revelam a existência de problemas;
- Fonte externa: representam um fornecedor ou cliente localizado fisicamente fora da empresa;
- Meio de transporte utilizado para a entrega e recebimento de produto acabado e matéria prima;
- Fluxo de informação: mostram o sentido em que flui a informação, e se ela é eletrônica ou manual.

A FIGURA 7 resume a representação visual dos elementos mais comuns.

FIGURA 7 – ÍCONES UTILIZADOS NA REPRESENTAÇÃO DO MFV



FONTE: Rother e Shook (2003).

Podem ser destacados também os elementos de supermercado e Kanban, os quais estão diretamente relacionados ao modelo de produção puxado.

Segundo Sayer e Willians (2016), existem cinco conceitos muito importantes atrelados ao MFV, os quais são imprescindíveis para a correta leitura dos mapas. São eles:

- Tempo de processamento: é o tempo gasto para executar uma tarefa, ou seja, o tempo utilizado para produção;
- Tempo de ciclo (T/C): período de tempo no qual uma quantidade de produtos é processada, ou então o tempo gasto pelo operador para a realização de um conjunto de tarefas, antes de iniciar o processo novamente;
- Tempo de *setup* (T/S): é o tempo despendido para alterações no processo, para o início da produção de outro produto;
- *Lead Time*: consiste no tempo gasto por um produto, desde o início até o final do seu processamento, podendo ser representado através da soma do Tempo de Ciclo Total e do Tempo de Estoque Total do processo, conforme equação (3):

$$\text{Lead Time} = \sum \text{Tempo de Ciclo Total} + \sum \text{Tempo de Estoque Total} \quad (3)$$

Para o cálculo do Tempo de Estoque Total, soma-se o tempo de estoque inicial e o estoque em processo, os quais são calculados através da equação (4).

$$\text{Tempo de Estoque} = \text{Quantidade} * \text{Takt Time} \quad (4)$$

- *Takt Time*: é a velocidade (ritmo) com que se deve produzir cada peça de um determinado produto, afim de suprir a demanda do cliente. Conforme Alvarez e Antunes Jr. (2001), o *takt time* é encontrado de forma matemática através da razão entre o tempo de disponibilidade para a produção executar a tarefa e o número de unidades a serem produzidas, conforme observado na simplificação a seguir:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo disponível para produção}}{\text{Número de unidades a serem produzidas}} \quad (5)$$

É importante apontar que o tempo disponível para produção não corresponde necessariamente a duração do expediente, haja visto que devem ser descontados os tempos de paradas programadas, como por exemplo as manutenções preventivas dos equipamentos, paradas por motivos ergonômicos, dentre outras (ALVAREZ E ANTUNES JR., 2001), além da disponibilidade existente no processo. Dessa forma, pode-se apresentar a equação (6) para o tempo disponível:

$$\text{Tempo Disponível} = \text{Período de trabalho} * \text{Disp.} - \text{Paradas programadas} \quad (6)$$

Um exemplo simples para um *takt time* é a de uma linha de produção que possui uma demanda diária de 720 peças do tipo A, com um tempo produtivo disponível de 6 horas (360 minutos). Para este exemplo, o *takt time* será de 0,5 minutos/peça ou 30 segundos/peça.

Outro importante conceito, diretamente atrelado a utilização e aos resultados obtidos com o MFV é o de produtividade, que representa a taxa de produção física obtida num certo período de tempo, considerando os fatores utilizados para isso (PRODUTIVIDADE, 2022). A produtividade, de acordo com Slack *et al.* (2018), é a

medida mais frequentemente utilizada para indicar o sucesso ou não de uma operação, e pode ser calculada a partir daquilo que é produzido em uma operação (*output*), em razão daquilo que é exigido para produzi-lo (*input*), conforme exibido na equação (7):

$$\textit{Produtividade Total} = \frac{\textit{Output da operação}}{\textit{Input da operação}} \quad (7)$$

Além da produtividade total, isto é, aquela que considera todos os aspectos e parâmetros envolvidos, existe também a produtividade parcial, na qual o *input* utilizado é de apenas um dos fatores analisados, conforme equação (8) (SLACK *et al.*, 2018).

$$\textit{Produtividade de Fator Único} = \frac{\textit{Output da operação}}{\textit{Um input da operação}} \quad (8)$$

Esta equação possibilita que sejam comparadas diferentes operações, excluindo os efeitos de custo de entrada (SLACK *et al.*, 2018).

Por fim, o último conceito significativo atrelado ao MFV é o Tempo de Agregação de Valor, associado diretamente a ideia de atividades que agregam valor, isto é, aquelas que transformam o produto, de maneira que o cliente está disposto a pagar por elas (HINES *et al.*, 2004). Seu cálculo pode ser obtido através da razão entre o Tempo de Ciclo Total pelo Lead Time, sendo o resultado apresentado na forma porcentagem, como pode ser observado na equação (9).

$$\textit{Tempo de Agregação de Valor} (\%) = \frac{\Sigma \textit{Tempo de Ciclo Total}}{\textit{Lead Time}} * 100 \quad (9)$$

Os conceitos apresentados devem ser definidos durante a elaboração do mapa de estado atual, e servem como comparação com o mapa de estado futuro, proporcionando assim uma visualização consistente a respeito das melhorias que de fato foram implementadas e de seus respectivos resultados no processo.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A REVISÃO

Esta revisão bibliográfica apresentou os conceitos e ferramentas da qualidade que podem ser utilizados durante a realização do projeto de elaboração de um MFV, que diminua a *lead time* de produção em uma indústria de artefatos de concreto. Para tal, a revisão iniciou-se com a apresentação da história evolutiva dos sistemas de produção, partindo da primeira revolução que trouxe o desenvolvimento a partir da divisão do trabalho, até a quinta revolução, no qual buscou-se a produção com zero estoques, e onde desponta-se o Sistema Toyota de Produção ou Manufatura Enxuta (SHINGO, 1996).

A partir desta última, objetivou-se detalhar as características, pilares (*Just-in-Time* e *Jidoka*) e ferramentas associadas à Manufatura Enxuta, tais quais o 5S e o Kanban. As ferramentas foram exibidas de acordo com os quatro focos principais da Manufatura Enxuta, propostos por Rodrigues (2015), sendo eles: o foco nas estruturas, na mão de obra, nos equipamentos e nos movimentos. Esses itens são de extrema importância para a execução deste estudo, que conforme seu andamento, fará uso deles ao longo das etapas descritas na seção de Metodologia.

Por fim, deu-se o destaque ao Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), que conforme Rother e Shook (2003), consiste em uma ferramenta robusta e que proporciona o entendimento do estado atual do processo produtivo, para que assim seja elaborado um estado futuro contendo melhorias que eliminem ou reduzam os desperdícios e atividades que não agregam valor ao produto. Esta é a ferramenta mãe que trará o direcionamento ao projeto.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia científica, segundo Silva e Menezes (2001), é compreendida como um conjunto de etapas, as quais estão dispostas de forma ordenada, a serem adotadas ao longo de uma investigação científica. Ela abrange desde a escolha do tema, até o planejamento da pesquisa, suas etapas de desenvolvimento, a coleta dos dados e sua conseqüente análise e conclusão.

Desse modo, o presente capítulo irá apresentar a metodologia utilizada neste estudo, englobando o dimensionamento da pesquisa, conforme a literatura, além da caracterização da empresa que é objeto de estudo, e por fim as fases de desenvolvimento da pesquisa.

3.1 DIMENSIONAMENTO DA PESQUISA

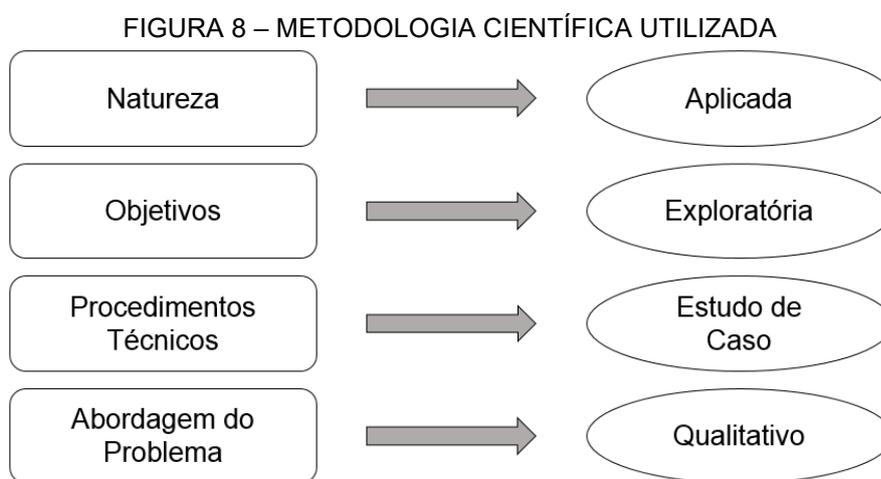
Conforme Silva e Menezes (2001), uma pesquisa corresponde a um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução de um problema, as quais possuem como base procedimentos racionais e sistemáticos. Dessa forma, é necessário estabelecer qual o caráter da pesquisa e quais serão os passos a serem tomados para que essa pesquisa se desenvolva, de forma a solucionar o problema, além de encontrar o melhor resultado possível.

Isto posto, do ponto de vista de sua natureza, o presente estudo é classificado como uma pesquisa aplicada, haja visto que procura gerar conhecimentos para uma realização prática voltada à solução de problemas específicos, e está atrelada a verdades e interesses locais (PRODANOV e FREITAS, 2013). Já com relação ao ponto de vista de seus objetivos, este estudo apresenta o caráter exploratório, pois ele objetiva fomentar mais informações a respeito do assunto pesquisado por meio da formulação de hipóteses e problemas de pesquisas aptos a serem aprofundados, representados na forma de um estudo de caso (GIL, 2019; PRODANOV e FREITAS, 2013).

Quanto aos procedimentos técnicos, que incluem a forma como os dados serão levantados para a elaboração da pesquisa, este trabalho segue as etapas existentes em um estudo de caso, pois, embora não aplique os resultados obtidos, o estudo abrange uma investigação profunda de um objeto de estudo real, afim de ampliar e detalhar o seu conhecimento através da aplicação dos conceitos da

Manufatura Enxuta (PRODANOV e FREITAS, 2013; SILVA e MENEZES, 2001). Por fim, com relação a forma de abordagem do problema, o estudo é classificado com qualitativo, haja visto que considera uma relação dinâmica entre o ambiente e o sujeito observado, na qual está presente uma análise subjetiva dos aspectos e informações levantadas, tais quais o método de trabalho dos colaboradores (SILVA e MENEZES, 2001).

A FIGURA 8 sintetiza a metodologia científica utilizada neste estudo.



FONTE: Autor (2022).

Como pode ser inferido a partir da caracterização da pesquisa acima, e dos objetivos propostos anteriormente, este estudo busca, através da aplicação real da ferramenta MFV em uma indústria de artefatos de concreto, a redução quantificada no *lead time* do processo produtivo da concretagem, com a utilização de conceitos e ferramentas advindos da Manufatura Enxuta.

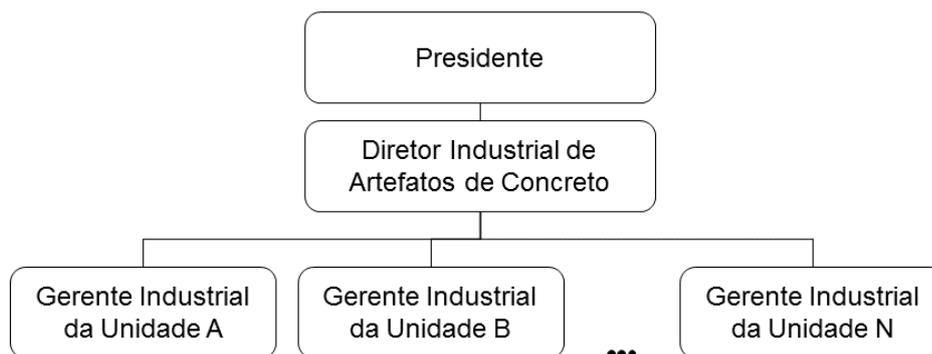
3.2 A EMPRESA

O trabalho será desenvolvido em uma das maiores fabricantes de produtos elétricos do Brasil. Fundada em 1962, a empresa é localizada no norte do estado do Paraná, e é caracterizada como de grande porte, possuindo cerca de 3000 funcionários distribuídos entre suas várias unidades. Sua matriz é estabelecida no Paraná, porém possui unidades fabris espalhadas por outros estados brasileiros, como São Paulo e Rio de Janeiro. A empresa apresenta uma vasta gama de produtos,

indo desde transformadores de distribuição e industrial, até postes e demais artefatos de concreto utilizados em redes elétricas.

O presente estudo irá ser realizado para o fluxo de valor da linha de manufatura de postes e artefatos de concreto. A unidade estudada será ficcionalmente chamada de “Unidade A”, e seu organograma pode ser observado na FIGURA 9.

FIGURA 9 – ORGANOGRAMA SIMPLIFICADO DE ARTEFATOS DE CONCRETO



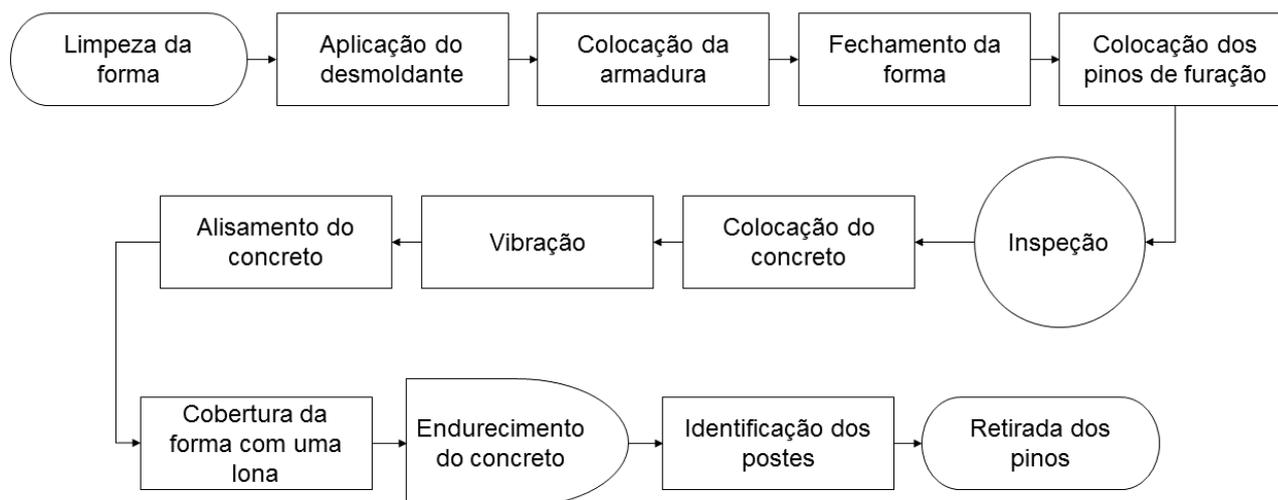
FONTE: Autor (2022)

Através da observação do organograma é possível notar que se trata de uma estrutura simples, no qual cada unidade fabril é coordenada por um gerente, de maneira que abaixo dele encontram-se engenheiros civis, líderes de processos, operadores de processos, dentre outras funções essenciais para a manufatura dos artefatos.

3.2.1 Processo Produtivo

A análise feita foi realizada na linha produtiva de um poste de distribuição Duplo T. O processo produtivo do poste passa por uma série de etapas de manufatura, partindo desde a fabricação do concreto, até seu período de cura. Para este estudo, a ferramenta MFV será utilizada no processo da concretagem, que envolve atividades de vital importância para o poste. O fluxograma das atividades presentes nesse processo é observado na FIGURA 10.

FIGURA 10 – PROCESSO DE CONCRETAGEM



FONTE: Autor (2022).

A concretagem inicia-se através da limpeza da forma e da aplicação do desmoldante, responsável por tornar mais simples a retirada do poste posteriormente. Em seguida, é colocada a armadura de aço (componente estrutural do poste), fechada a forma, e inserido os pinos de furação. Após isso, é realizada uma inspeção que busca identificar possíveis falhas ou irregularidades ocorridas nas etapas anteriores.

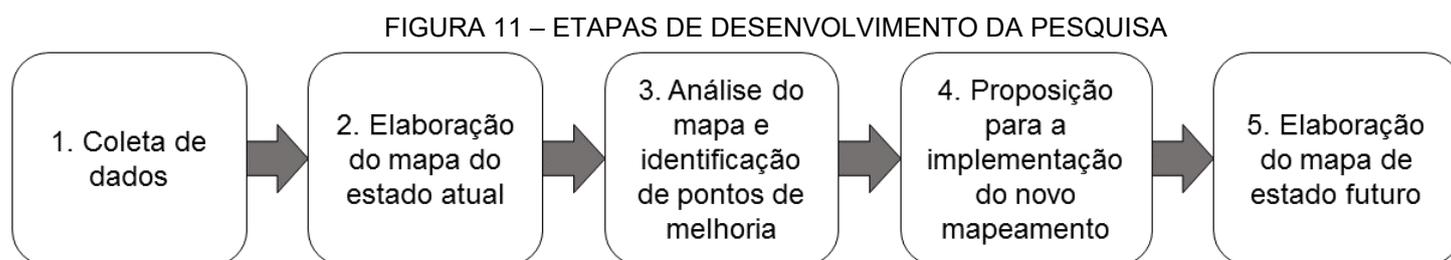
Finalizada a inspeção, o concreto é colocado na forma, e em seguida é feita a vibração com a utilização de um maquinário específico. Esta etapa busca assentar o concreto, e fazer com que ele seja distribuído de forma homogênea na forma. Após a vibração, o concreto é alisado pelo operador para evitar qualquer imperfeição em sua superfície.

Por fim, é colocado sobre a forma um cabo de aço 3/8 de 7 metros e uma lona, afim de evitar qualquer interferência climática, tal qual a chuva (contato com a água e possíveis poças que podem se formar) e a exposição ao sol. Quando o cimento adquire um certo grau de endurecimento, é realizada sua identificação, e ao final os pinos de furação são retirados. O processo de concretagem se encerra aqui, porém o poste ainda segue para o acabamento superficial, no qual é feito a remoção dos defeitos existentes, em sequência para a identificação da base. Ao final é levado para o estoque, onde ocorrerá o tempo de cura, período este que busca diminuir os efeitos da evaporação da água na estrutura concretada, e o consequente surgimento de fissuras e trincas.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Para que o objetivo geral deste estudo seja atingido, o qual consiste na implementação da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor em uma linha de produção de artefatos de concreto, no processo de concretagem, afim de aumentar o volume de produção e reduzir o *lead time* e os desperdícios existentes, tornou-se necessária a definição das etapas de pesquisa, as quais foram desenvolvidas e seguidas durante sua aplicação. Dessa forma, realizou-se o estudo de maneira adequada e organizada, com as ações ocorrendo conforme planejado.

Para tal, foram definidas cinco etapas de aplicação da pesquisa, as quais estão representadas na FIGURA 11.



FONTE: Autor (2022).

Cada uma das etapas de desenvolvimento da pesquisa está descrita a seguir:

Etapa 1) Coleta de dados: nesta fase foram levantados todos os tempos e informações associadas ao processo, incluindo o tempo de execução das atividades, tempo de espera entre elas, estoque presente ao longo do processo, quantidade de colaboradores envolvidos, turnos trabalhados, e a forma de transmissão dos dados. A coleta foi realizada *in loco*, ao longo de três visitas, através da observação e da utilização da ferramenta cronoanálise. Para cada atividade do processo, foram coletados três valores de tempo de execução, para que seja feita uma média simples do tempo gasto em sua realização. Os valores levantados para cada atividade estão relacionados a sua realização em 14 formas, haja visto que os colaboradores trabalham nelas de maneira concomitante. As informações são exibidas através de uma tabela contendo os valores coletados e tempo médio de execução, e através de um Gráfico de Balanceamento de Operadores, o qual correlaciona o *Takt Time* com os tempos obtidos. A coleta foi realizada em dias da semana distintos, e nos períodos

em que as equipes de colaboradores estavam trabalhando juntas ao longo da linha de produção.

Etapa 2) Elaboração do mapa de estado atual: Com base nas informações obtidas na etapa anterior, realizou-se a elaboração de um MFV de estado atual, isto é, um mapa que represente o processo produtivo em sua situação real e vigente. O MFV foi representado de forma visual, incluindo toda a simbologia e seus elementos associados, conforme Rother e Shook (2003).

Etapa 3) Análise do mapa e identificação dos pontos de melhoria: Com o MFV atual já estruturado, foram analisados a forma com que o fluxo é realizado, os indicadores de processo (Tempo Disponível de Produção, *Takt Time*, Tempo de Estoque Inicial, *Lead Time* do Processo, Tempo de Agregação de Valor, e Produtividade de Fator Único) e as principais fontes de desperdícios. Para cada um destes, foi construído um Diagrama de Ishikawa, afim de identificar quais são suas respectivas causas raízes, as quais foram hierarquizadas conforme análise feita através da Matriz GUT.

Etapa 4) Proposição para a implementação do novo mapeamento: Finalizada a identificação dos desperdícios e melhorias, foi formulado um plano de ação que abrangeu as duas principais causas, definidas com base na hierarquização, de cada um dos desperdícios, além de prazos e responsáveis para sua execução. Este plano será apresentado aos gestores da unidade, os quais irão decidir a respeito de sua implementação.

Etapa 5) Elaboração do mapa de estado futuro: Fundamentado na avaliação elaborada nas etapas anteriores, foi construído um mapa de estado futuro, que contempla todas as atividades associadas ao processo com a inclusão das melhorias propostas. Ademais, os indicadores adotados na Etapa 3 foram analisados novamente, afim de gerar uma comparação de melhoria entre eles.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresentará: os dados coletados do processo produtivo; o mapa de estado atual do processo da concretagem, com todas as informações obtidas por meio da coleta de dados; e o apontamento das propostas de melhoria para o processo a fim de diminuir os desperdícios e o tempo total de produção. Ao final, a partir das melhorias levantadas, exibirá qual o mapa de estado futuro, contendo as evoluções consideradas.

4.1 DADOS COLETADOS

Conforme descrito na Etapa 1 de desenvolvimento da pesquisa, esta iniciou-se através da coleta de informações do processo da concretagem, de maneira a fornecer a base de dados necessária para a construção do MFV de estado atual. Estas informações compreendem aos valores de tempo gasto para a realização de cada uma das atividades exibidas na FIGURA 10, coletados com a utilização de um cronômetro, caderno e caneta, ao longo de três visitas realizadas a fábrica. As informações de tempo para a realização de cada atividade durante a produção de 14 postes estão apresentadas na TABELA 1.

TABELA 1 – DADOS COLETADOS DO PROCESSO DE CONCRETAGEM

Processos	Nº de colaboradores	Tempo para a produção de 14 formas (s)	Média para 14 forma (s)	Média para 14 forma (min)
Limpeza da forma	2,00	764	844,00	14min04s
		805		
		963		
Aplicação do desmoldante	2,00	719	650,00	10min50s
		497		
		733		
Colocação da armadura	4,00	369	622,00	10min22s
		592		
		903		
Fechamento da forma	5,00	1936	1673,00	27min53s
		1887		
		1196		
Colocação dos pinos de furação	8,00	1623	1389,00	23min09s
		1115		
		1428		
Inspeção	1,00	72	76,00	1min16s
		103		
		52		
Colocação do concreto	2,00	1341	1449,00	24min09s
		1384		
		1622		
Vibração	1,00	798	845,00	14min05s
		895		
		842		
Alisamento do concreto	2,00	1153	1058,00	17min38s
		1035		
		985		
Cobertura da forma com uma lona	1,00	1211	1206,00	20min06s
		1053		
		1354		
Endurecimento do concreto	0,00	3182	3264,00	54min24s
		2886		
		3724		
Identificação dos postes	2,00	991,5	966,00	16min06s
		876		
		1028		
Retirada dos pinos	2,00	988	1205,00	20min05s
		1265		
		1361		

FONTE: Autor (2022).

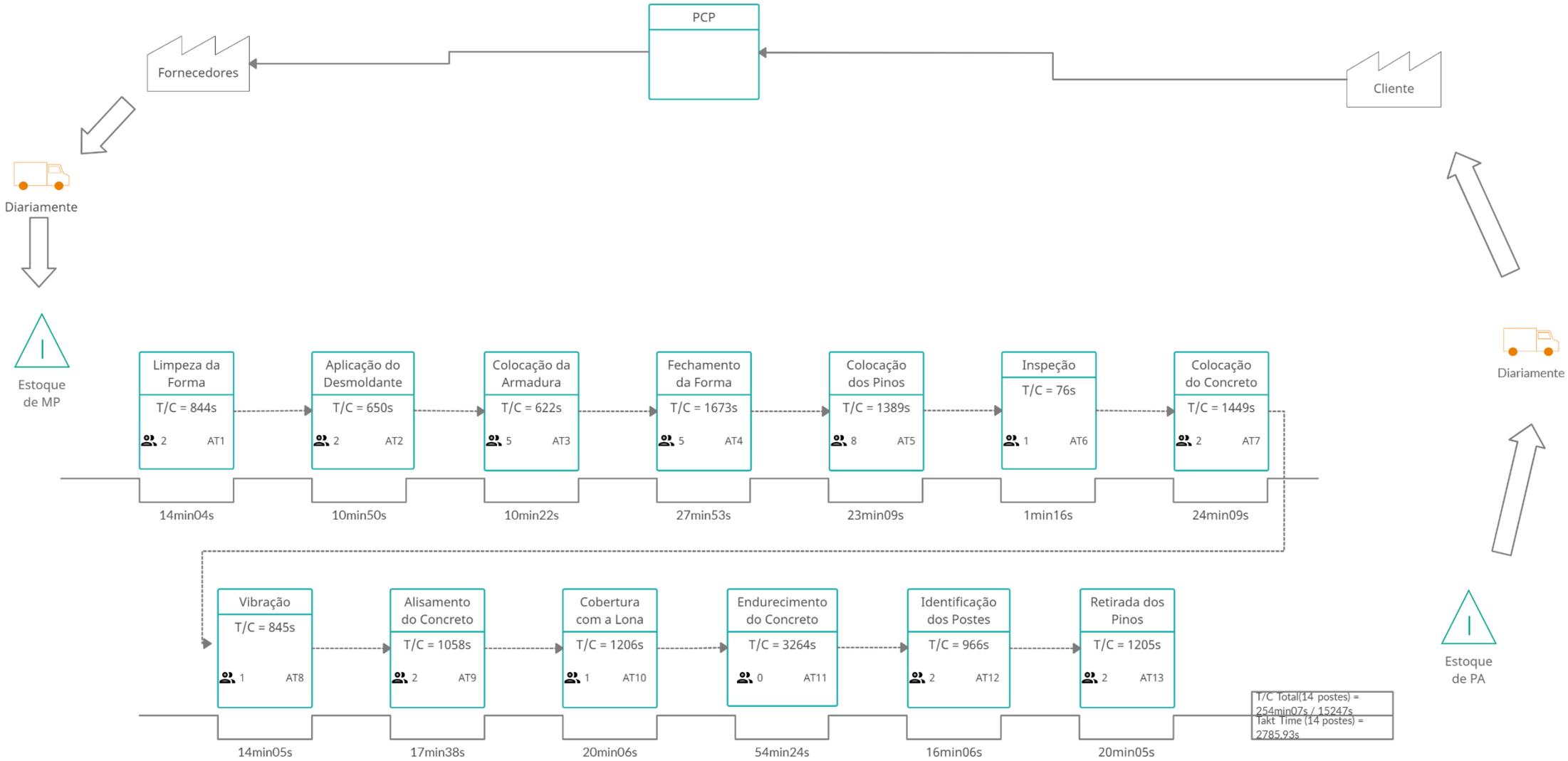
Na TABELA 1, estão representadas cada uma das etapas presentes no processo da concretagem, além do número de colaboradores que executam cada uma delas, os tempos de realização (coletados três vezes), e por fim o valor médio de tempo despendido para a realização da atividade, calculado a partir da média simples dos tempos anteriores. É possível observar que as atividades que apresentam maior tempo médio de execução são o endurecimento da forma, com 54min24s, e o fechamento da forma, com 27min53s, sendo a colocação dos pinos de furação e do concreto, atividades que também apresentam uma média elevada de tempo de realização.

Como pode ser constatado, existe uma variação entre os valores dos tempos de produção coletados para cada atividade, sendo este o comportamento normal do processo. Isto se dá por influências externas a ele, tais quais as condições climáticas no local, e o grau de qualidade do concreto utilizado. Ambos os fatores influenciam no ritmo da produção e conseqüentemente nos tempos coletados.

4.2 MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL

Para a elaboração do mapa de estado atual, utilizou-se as informações qualitativas referentes ao fluxo produtivo da concretagem (etapas), e as informações quantitativas obtidas na seção 4.1. Através dessa sistematização foi possível a construção do MFV do Estado Atual, exibido na FIGURA 12.

FIGURA 12 – MFV DO ESTADO ATUAL



FONTE: Autor (2022).

Conforme a FIGURA 12, o processo inicia-se com o setor de PCP (Planejamento e Controle da Produção) programando a quantidade de matéria prima a ser adquirida, a partir das informações do estoque já existente e da quantidade de produtos demandada pelo cliente. A partir disso, o pedido de compra é enviado pelo fornecedor, que em sequência realiza sua entrega na empresa. Com a matéria prima em mãos e a programação da produção feita, sendo esta realizada no Sistema Integrado de Gestão Empresarial (do inglês *Enterprise Resource Planning* – ERP) da empresa e comunicado aos colaboradores de forma física, o processo da concretagem origina-se com a limpeza das formas e finaliza com a retirada dos pinos, marcando assim o fim deste processo produtivo. Os postes ainda seguirão para outras etapas, como pequenos reparos, armazenamento e cura, antes de serem finalmente enviados para os clientes. Não há tempo de *setup* entre as etapas apresentadas no MFV.

A fim de aprofundar a análise advinda do MFV atual, foram calculados os seguintes indicadores do processo, considerando um dia de trabalho:

- a) Tempo Disponível de Produção;
- b) *Takt Time*;
- c) Tempo de Estoque Inicial;
- d) *Lead Time* do Processo;
- e) Tempo de Agregação de Valor; e
- f) Produtividade de Fator Único.

O primeiro item a ser calculado é o tempo disponível de produção, o qual representa a quantidade de horas diárias à disposição para realizar o processo de concretagem, e atender a demanda diária de 199 postes. Demais indicadores utilizarão estes dados. A produção inicia-se às 05 horas e 30 minutos e finaliza às 17 horas e 30 minutos, totalizando assim 12 horas ou 43.200 segundos disponíveis. Entretanto, deve-se subtrair 1 hora do valor obtido, considerando o horário de almoço da equipe, resultando assim em 11 horas ou 39.600 segundos à disposição da produção. A linha de manufatura é exclusivamente dedicada a este processo, dessa forma a disponibilidade dos operadores e equipamentos é toda (100%) voltada a esta linha produtiva. A equação (10) demonstra o cálculo realizado para a obtenção do tempo disponível para produção.

$$\text{Tempo Disponível} = \text{Período de Trabalho} * \text{Disp.} - \text{Paradas Programadas} \quad (10)$$

$$\text{Tempo Disponível} = ((43,200 * 1) - 3600)$$

$$\text{Tempo Disponível} = 39.600 \text{ segundos ou } 11 \text{ horas}$$

A partir do Tempo Disponível para a Produção, e do Número de Unidades a Serem Produzidas, sendo 39.600 segundos e 199 postes, respectivamente, é possível o cálculo do *Takt Time*, o qual realiza a razão destas informações, conforme exibido na equação (11).

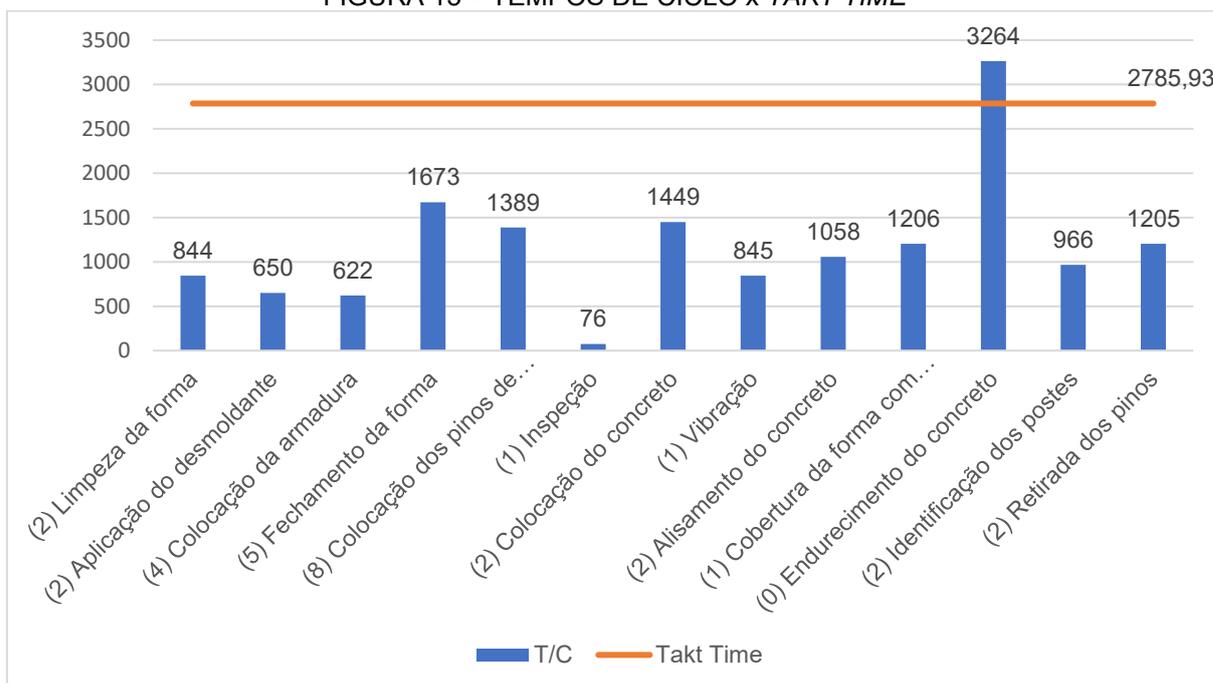
$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo Disponível para Produção}}{\text{Número de Unidades a Serem Produzidas}} \quad (11)$$

$$\text{Takt Time} = \frac{39600 \text{ segundos}}{199 \text{ postes}}$$

$$\text{Takt Time} = 198,99 \frac{\text{segundos}}{\text{poste}} \text{ ou } 2785,93 \frac{\text{segundos}}{14 \text{ postes}}$$

Com base no *Takt Time* calculado, e com os Tempos de Ciclos de cada processo mapeado no MFV atual (informações para 14 postes), construiu-se o Gráfico de Balanceamento de Operadores afim de identificar e analisar o tempo consumido nas atividades além de possíveis sobras de capacidade existentes. O gráfico pode ser observado na FIGURA 13.

FIGURA 13 – TEMPOS DE CICLO x TAKT TIME



FONTE: Autor (2022).

O terceiro indicador a ser calculado compreende ao Tempo de Estoque Inicial, sendo este o valor temporal da quantidade de estoque presente no início do processo produtivo. Em média, quando os colaboradores iniciam a produção, estão presentes no sistema 199 postes, bastando multiplicar esta informação pelo *Takt Time* já encontrado, conforme exibido na equação (12).

$$\text{Tempo de Estoque Inicial} = \text{Quantidade} * \text{Takt Time} \quad (12)$$

$$\text{Tempo de Estoque Inicial} = 199 * 198,99$$

$$\text{Tempo de Estoque Inicial} = 39.599,01 \text{ segundos} \sim 11 \text{ horas}$$

Dessa forma, a partir da informação obtida, e do Tempo de Ciclo Total apresentado na FIGURA 12, torna-se possível o cálculo do *Lead Time* do processo. Para o Tempo de Estoque Total, utilizou-se o valor do Tempo de Estoque Inicial, pelo motivo do estoque em processo ser zero. Este importante indicador do sistema é visualizado na equação (13).

$$\text{Lead Time} = \sum \text{Tempo de Ciclo Total} + \sum \text{Tempo de Estoque Total} \quad (13)$$

$$\text{Lead Time} = 15.247 \text{ segundos} + 39.599,01 \text{ segundos}$$

$$\text{Lead Time} = 54.846,01 \text{ segundos} \sim 15,23 \text{ horas}$$

Utilizando-se o valor do *Lead Time* encontrado, e do Tempo de Ciclo Total, calcula-se o tempo de agregação de valor, demonstrando assim o tempo efetivo de transformação do produto. Este cálculo é exibido na equação (14).

$$\text{Tempo de Agregação de Valor (\%)} = \frac{\Sigma \text{Tempo de Ciclo Total}}{\text{Lead Time}} * 100 \quad (14)$$

$$\text{Tempo de Agregação de Valor (\%)} = \frac{15.247 \text{ segundos}}{54.846,01 \text{ segundos}} * 100$$

$$\text{Tempo de Agregação de Valor (\%)} = 0,278 \text{ ou } 27,8\%$$

Por fim, o sexto e último indicador a ser calculado é a Produtividade de Fator Único do sistema. Este indicador leva em consideração dois fatores, sendo eles: a quantidade diária de postes produzidos (*output*), e o *Lead Time* do processo (*input*). Este cálculo pode ser observado na equação (15).

$$\text{Produtividade de Fator Único} = \frac{\text{Output da operação}}{\text{Um input da operação}} \quad (15)$$

$$\text{Produtividade de Fator Único} = \frac{\text{Qntd. de Postes}}{\text{Tempo Disponível para Produção}}$$

$$\text{Produtividade de Fator Único} = \frac{199 \text{ postes}}{54.846,01 \text{ segundos}}$$

$$\text{Produtividade de Fator Único} = \frac{199 \text{ postes}}{914,10 \text{ minutos}}$$

$$\text{Produtividade de Fator Único} = 0,22 \frac{\text{postes}}{\text{minuto}}$$

A TABELA 2 exibe de forma conjunta os indicadores calculados.

TABELA 2 – INDICADORES DO PROCESSO DE CONCRETAGEM – MFV ATUAL

Indicador	Valor
Tempo Disponível de Produção	39.600 s ou 11 h
<i>Takt Time</i>	198,99 s/poste ou 2785,93 segundos/14 postes
Tempo de Estoque Inicial	39.599,01 s ≈ 11 h
<i>Lead Time</i>	54.846,01 segundos ≈ 15,23 horas
Tempo de Agregação de Valor	27,80%
Produtividade de Fator Único	0,22 postes/minuto

FONTE: Autor (2022).

Como é possível observar através da análise da Tabela 2, nota-se que o valor referente ao Tempo de Estoque Inicial é elevado, haja visto que os postes produzidos em um dia, serão retirados de suas formas apenas no dia seguinte, gerando assim o tempo de aproximadamente 11 horas. O estoque por sua vez interfere diretamente no *Lead Time* do processo, e conseqüentemente no Tempo de Agregação de Valor, de modo que este exibe um valor de 27,80%. Por fim, resulta-se em uma produtividade de fator único de 0,30 postes por minuto

4.3 DESPERDÍCIOS E MELHORIAS

Nesta seção são exibidos os principais desperdícios associados ao processo atual, de modo a abranger uma análise de causa, uma hierarquização das causas encontradas e um plano de ação para a respectiva correção das duas mais significativas. Ademais, é apresentado o MFV atual, com o devido destaque nas atividades abrangidas pelas ações estabelecidas.

4.3.1 Desperdícios do Processo

O mapeamento de fluxo atual tornou possível a identificação de alguns desperdícios ao longo do processo, os quais estão exibidos no QUADRO 3, em paralelo com os desperdícios apresentados pela literatura no capítulo 2.

QUADRO 4 – DESPERDÍCIOS – MFV ATUAL

Teórico	Observável
Estoque	A quantidade de produtos em processo e acabados é alta na planta, em decorrência de dois fatores principais, são eles: (i) tempo elevado de cura do poste, que gira em torno de 12 dias; (ii) armazenagem de postes que já passaram pela cura e que poderiam ser despachados para os clientes. Por vezes, os postes ficam armazenados nas próprias formas, impedindo-as de produzir.
Processamento	Os pinos de furações utilizados ficam mantidos sem organização adequada em um suporte na parte inferior da forma, resultando em maior tempo durante a identificação e colocação dos pinos (se são pinos superiores ou laterais).
Movimentação	Pinos insuficientes no suporte da forma, levando o operador a buscá-los no suporte de outra forma.
Fabricação de Produtos Defeituosos	A lona e o cabo de aço colocados sobre o poste por vezes resultam em imperfeições na sua superfície, gerando assim a necessidade de reparos afim de minimizá-los.

FONTE: Autor (2022).

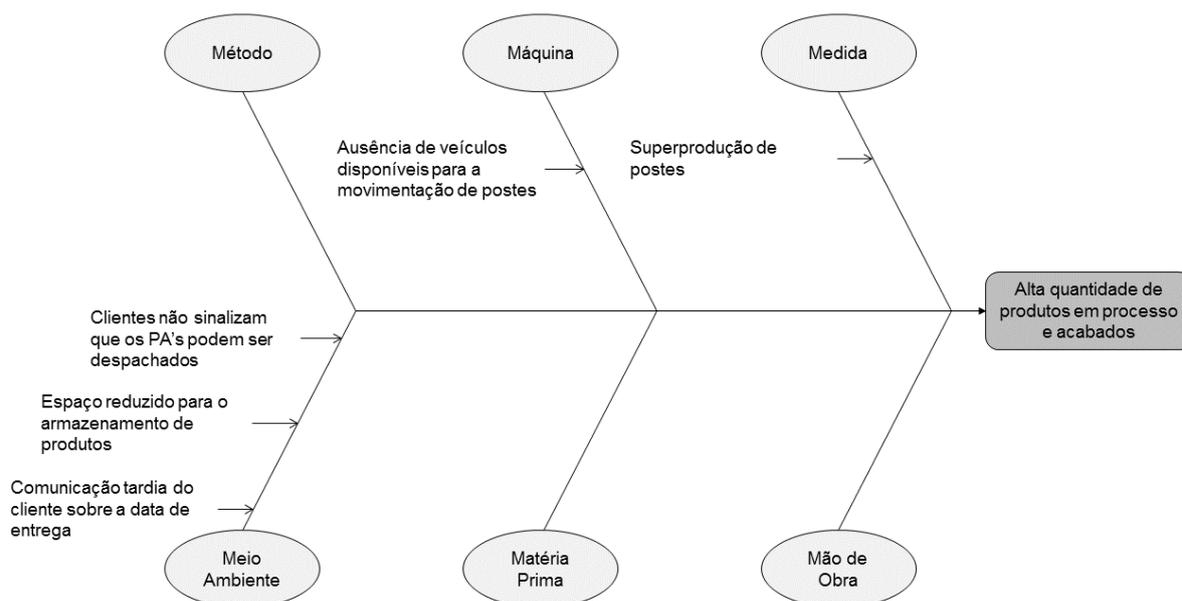
Como observado na TABELA 3, o primeiro desperdício está associado ao estoque de produtos em processo e acabados que a empresa possui. Este estoque possui origem a partir de do alto tempo de cura que o concreto dos postes exige, antes de se tornar um produto acabado e passível de ser enviado ao cliente, e também por conta de a empresa armazenar postes que já poderiam ser despachados, porém, em decorrência dos clientes, ficam parados por mais tempo no estoque. Isso influencia diretamente o processo da concretagem, pois por vezes os postes deixam de ser retirados das formas ao final do processo, por não existir lugar disponível para acomodá-los, gerando conseqüentemente a inutilização destas formas para a produção de novos postes.

O segundo e terceiro desperdícios estão associados ao processo da colocação dos pinos de furação nas formas, de maneira que a organização dos pinos no suporte abaixo da forma, gera o desperdício de processamento extra, haja visto que os operadores gastam tempo durante a identificação e colocação dos pinos superiores e laterais na hora da colocação na forma. Ademais, ocorre de os pinos de uma forma não estarem todos em seu suporte, resultando na busca de um novo pino disponível em outra forma.

Por fim, o quarto desperdício está relacionado a lona e ao cabo de aço colocados sobre o poste após a vibração e alisamento do concreto. Estes itens possuem o objetivo de diminuir a exposição do poste ao sol e a chuva, entretanto, por vezes geram imperfeições em sua superfície, as quais demandam de uma ação de reparo, antes de se tornarem aptos a serem enviados ao cliente.

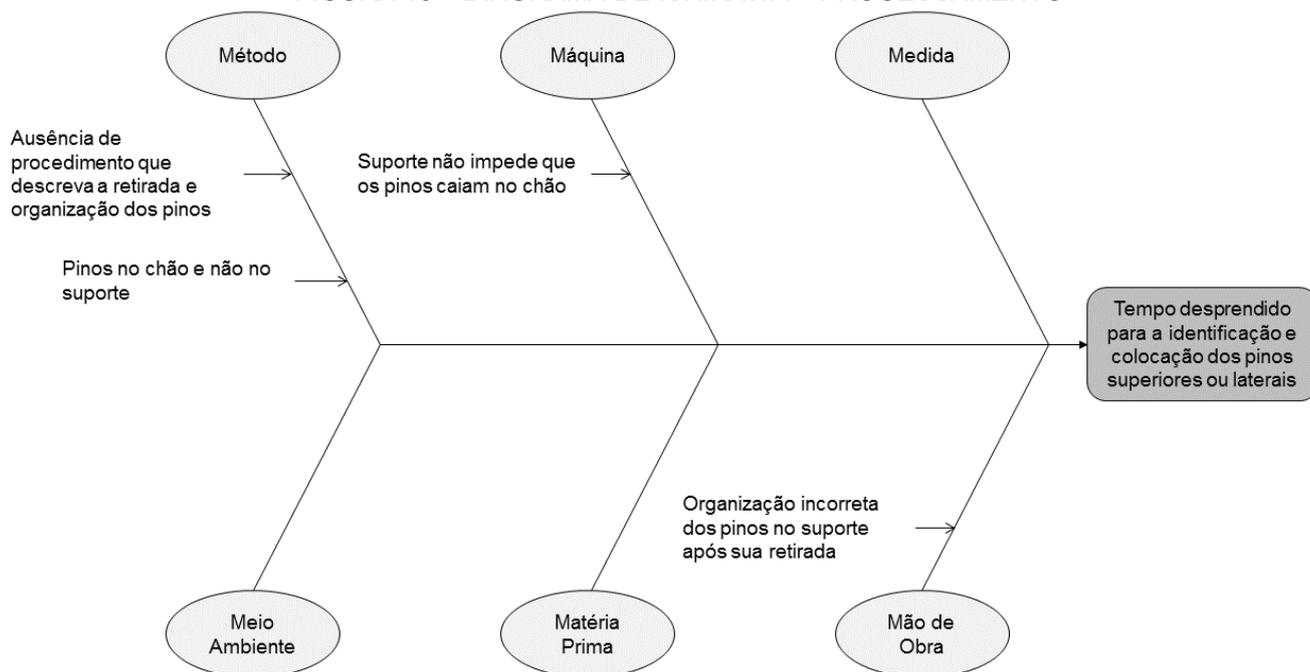
Para cada um dos desperdícios, foi gerado um Diagrama de Ishikawa afim de identificar qual a sua respectiva causa raiz, e conseqüentemente a elaboração de um plano de ação para atacá-los. Os diagramas são exibidos nas FIGURAS 14, 15, 16 e 17.

FIGURA 14 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA – ESTOQUE



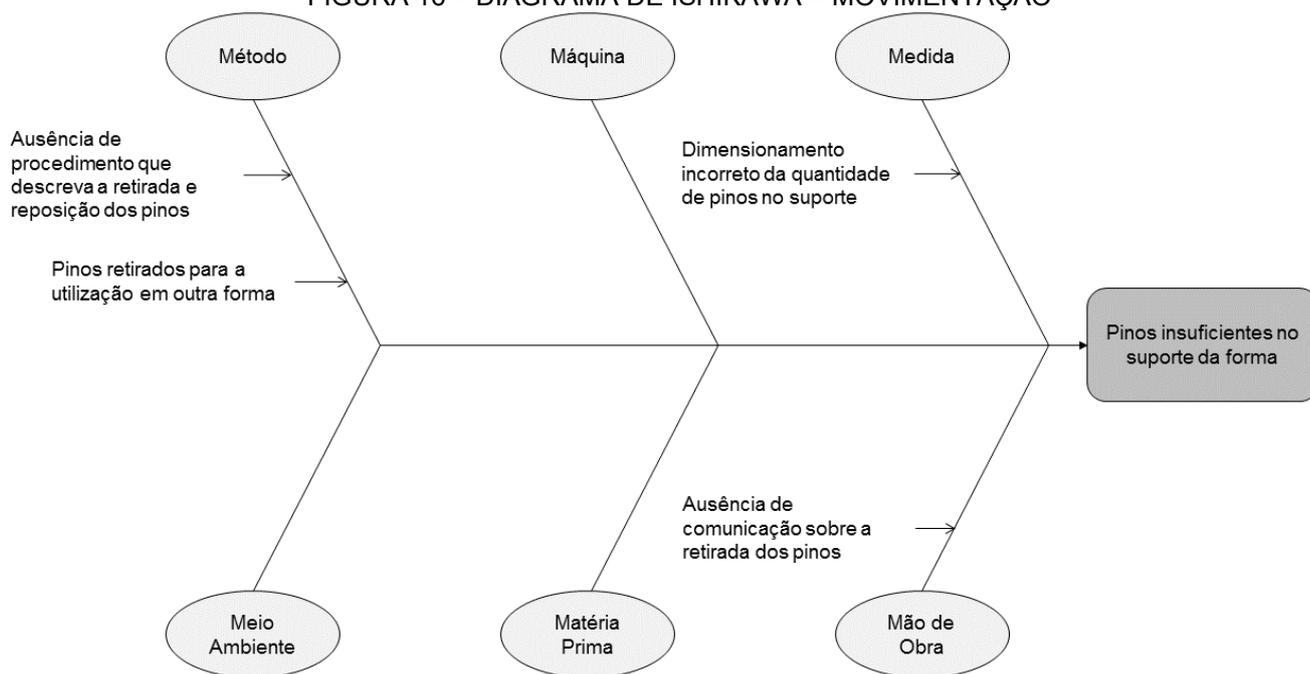
FONTE: Autor (2022).

FIGURA 15 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA – PROCESSAMENTO



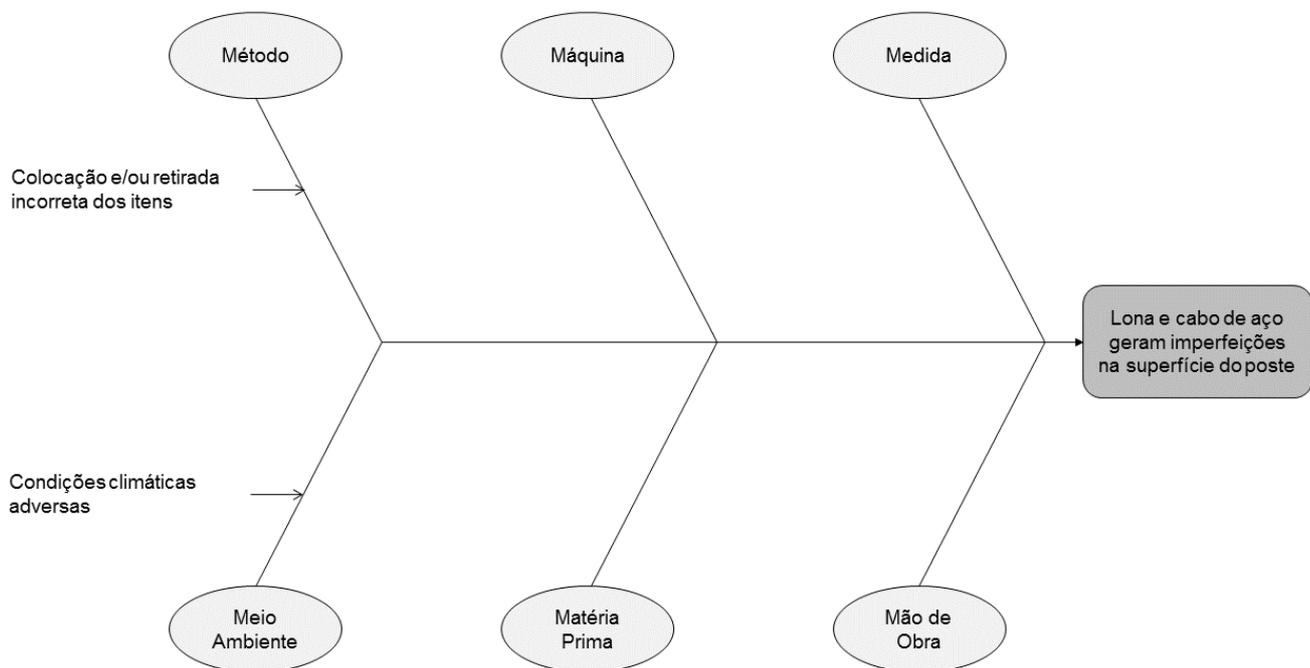
FONTE: Autor (2022).

FIGURA 16 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA – MOVIMENTAÇÃO



FONTE: Autor (2022).

FIGURA 17 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA – FAB. DE PRODUTOS DEFEITUOSOS



FONTE: Autor (2022).

Cada um dos diagramas exibe as possíveis causas para os problemas advindos dos desperdícios observados no processo. De maneira a hierarquiza-las, utilizou-se a Matriz GUT, enumerando-as conforme sua gravidade, urgência e tendência. As matrizes são exibidas nas TABELAS 4, 5, 6 e 7.

TABELA 3 – MATRIZ GUT – ESTOQUE

Alta Quantidade de Produtos em Processo e Acabados					
Causa	Gravidade	Urgência	Tendência	GUT	Classificação
Clientes não sinalizam que os PA's podem ser despachados	4	2	3	24	3º
Espaço reduzido para o armazenamento de produtos	5	4	4	80	1º
Ausência de veículos disponíveis para a movimentação de postes	2	2	2	8	4º
Comunicação tardia do cliente sobre a data de entrega	4	4	4	64	2º
Superprodução de postes	1	2	2	4	5º

FONTE: Autor (2022).

TABELA 4 – MATRIZ GUT – PROCESSAMENTO

Tempo Despendido para a Identificação e Colocação dos Pinos Superiores ou Laterais					
Causa	Gravidade	Urgência	Tendência	GUT	Classificação
Ausência de procedimento que descreva a retirada e organização dos pinos	4	3	3	36	1º
Pinos no chão e não no suporte	3	2	3	18	4º
Suporte não impede que os pinos caiam no chão	3	3	3	27	2º
Organização incorreta dos pinos no suporte após sua retirada	4	2	3	24	3º

FONTE: Autor (2022).

TABELA 5 – MATRIZ GUT – MOVIMENTAÇÃO

Pinos Insuficientes no Suporte da Forma					
Causa	Gravidade	Urgência	Tendência	GUT	Classificação
Ausência de procedimento que descreva a retirada e reposição dos pinos	4	3	3	36	1º
Pinos retirados para a utilização em outra forma	2	2	3	12	3º
Dimensionamento incorreto da quantidade de pinos no suporte	2	2	2	8	4º
Ausência de comunicação sobre a retirada dos pinos	3	3	3	27	2º

FONTE: Autor (2022).

TABELA 6 – MATRIZ GUT – FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DEFEITUOSOS

Lona e Cabos de Aço Geram Imperfeições na Superfície do Poste					
Causa	Gravidade	Urgência	Tendência	GUT	Classificação
Colocação e/ou retirada incorreta dos itens	4	3	3	36	1º
Condições climáticas adversas	3	2	1	6	2º

FONTE: Autor (2022).

A partir da análise das TABELAS 4, 5, 6 e 7, foi possível concluir que as duas principais causas, para cada um dos desperdícios observados, são:

- Estoque: (1º) espaço reduzido para o armazenamento de produtos e (2º) a comunicação tardia do cliente sobre a data de entrega;
- Processamento: (1º) ausência de procedimento que descreva a retirada e organização dos pinos e (2º) suporte não impede que os pinos caiam no chão.
- Movimentação: (1º) ausência de procedimento que descreva a retirada e reposição dos pinos e (2º) ausência de comunicação sobre a retirada dos pinos;
- Fabricação de Produtos Defeituoso: (1º) a colocação e/ou retirada incorreta dos itens e (2º) as condições climáticas adversas.

Definidas as principais causas, estipulou-se um plano de ação para cada uma delas. O plano está exibido no QUADRO 4.

QUADRO 5 – PLANO DE AÇÃO – DESPERDÍCIOS

	Ação	5W					1H	Atividade Relacionada
		O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	
Estoque	1	Alteração no layout da fábrica, de maneira realocar o setor de manutenção e uma das linhas produtivas (com 56 formas).	Para gerar um espaço destinado ao armazenamento de cerca de 3500 à 4000 produtos acabados.	Planta da fábrica (setor de manutenção e linha produtiva de poste Duplo T).	Diretoria, Gerência e Engenharia.	Dezembro de 2022.	Realocando o setor da manutenção para o espaço antes destinado a área de ensaios, e a linha produtiva de postes para o espaço da manutenção.	Estoque de PA
	2	Acordo com o cliente a respeito do prazo de entrega dos produtos acabados.	Para evitar o estoque excessivo de produtos acabados.	Comercial.	Comercial.	Agosto de 2022.	Definindo com o cliente um período máximo para a permanência de produtos acabados na planta da empresa.	Estoque de PA
Processamento	3	Elaboração de instrução de trabalho, contendo o processo atual da colocação, retirada e organização dos pinos no suporte.	Aumentar a organização dos pinos, e diminuir o tempo gasto na atividade.	Sistema integrado de documentos.	Qualidade e Líder de Produção.	Julho de 2022.	Através da elaboração de um documento que demonstre a sistemática de retirada e organização dos pinos no suporte. Em sequência, a capacitação dos colaboradores.	AT5 e AT13
	4	Realização de estudo para a identificação de um mecanismo que aumente a automação do processo.	Para reduzir o tempo despreendido na atividade.	Engenharia.	Engenharia e Líder de Produção.	Janeiro de 2023.	Elaboração de um mecanismo que possibilite que o processo de colocação e retirada dos pinos seja feito de forma mais automatizada.	AT5 e AT13
Movimentação	5	Elaboração de instrução de trabalho, contendo o processo atual da colocação, retirada e organização dos pinos no suporte.	Aumentar a organização dos pinos, e diminuir o tempo gasto na atividade.	Sistema integrado de documentos.	Qualidade e Líder de Produção.	Julho de 2022.	Através da elaboração de um documento que demonstre a sistemática de retirada e organização dos pinos no suporte. Em sequência, a capacitação dos colaboradores.	AT5 e AT13
	6	Conscientização dos colaboradores da importância da comunicação da retirada dos pinos, e da consequente reposição nas formas.	Afim de evitar movimentação desnecessária de colaboradores.	Chão de Fábrica	Líder de Produção.	Junho de 2022.	Conscientização verbal dos colaboradores.	AT5 e AT13
Fabricação de Produtos Defeituosos	7	Realização de estudo para avaliar a necessidade de utilização da lona nos postes.	Para eliminar uma atividade que consome tempo e por vezes gera a necessidade de reparo nos postes.	Engenharia.	Engenharia.	Janeiro de 2023.	Através da amostragem de formas, com a ausência de utilização das lonas.	AT10
	8	Não há uma ação a ser feita a respeito das condições climáticas adversas.	-	-	-	-	-	

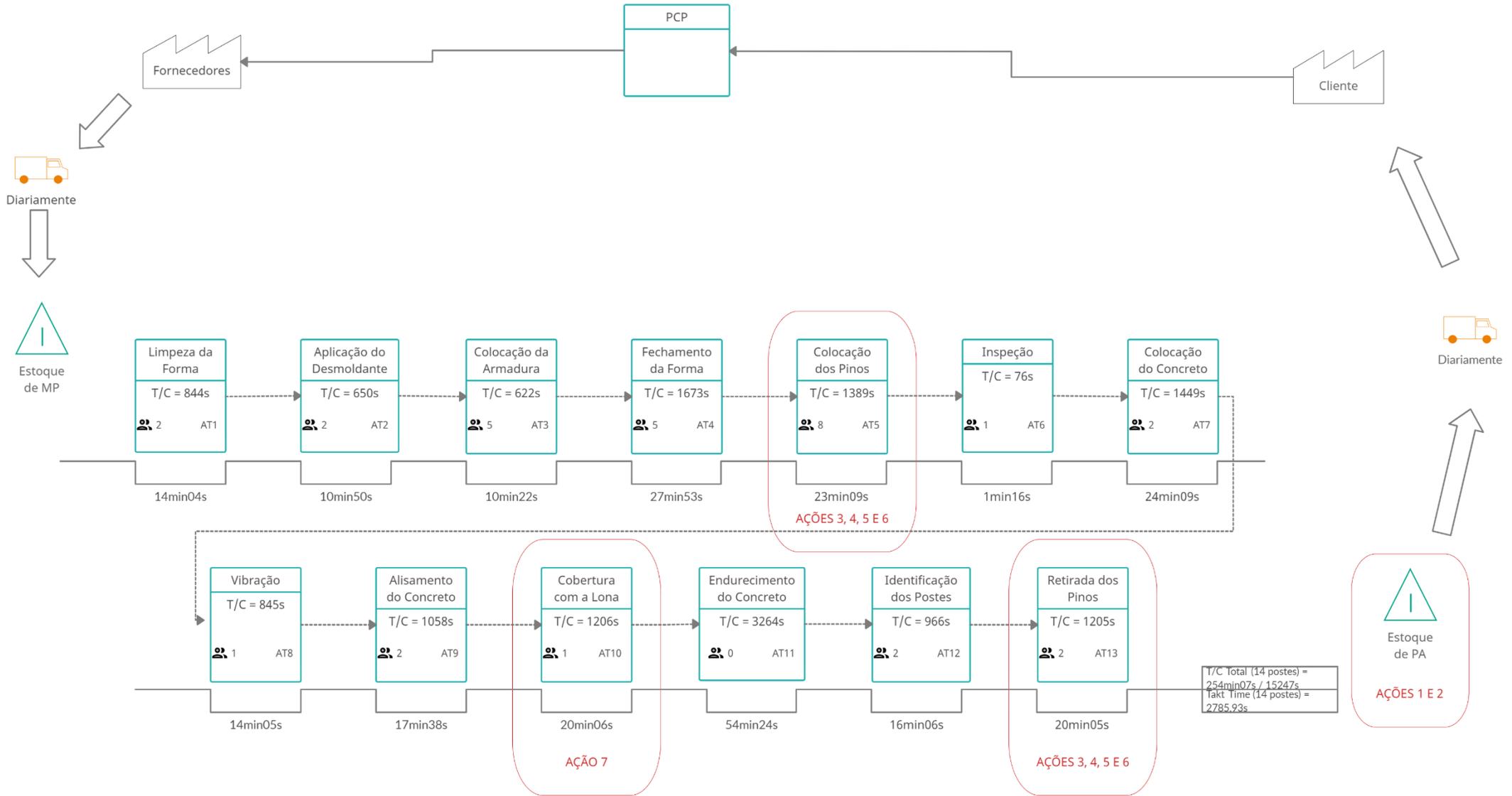
FONTE: Autor (2022).

Como pode ser observado no QUADRO 4, criou-se uma ação para as duas principais causas de cada desperdício encontrado no processo da concretagem, a partir da utilização da ferramenta 5W1H, com exceção da causa a respeito das condições climáticas adversas, haja visto que é um fator que a empresa não possui controle. Ademais, relacionou-se as ações, com as atividades existentes no processo, conforme exibido na última coluna.

4.3.2 Melhoria no MFV Atual

A partir do plano de ação elaborado com base nos desperdícios identificados, relacionou-se 5 ações com as atividades existentes no processo, as quais estão destacadas na FIGURA 18.

FIGURA 18 – AÇÕES DE MELHORIA NO MFV ATUAL



FONTE: Autor (2022).

Como pode ser observado, as Atividades 5 e 6 estão relacionadas com as Ações 3, 4, 5 e 6, as quais buscam otimizar o processo através da elaboração de instrução de trabalho que descreva a atividade executada, de um estudo que objetive desenvolver um mecanismo que aumente a automação da atividade, e da conscientização dos colaboradores de comunicarem entre si sobre as movimentações dos pinos. Ao final da implementação das ações, estima-se uma redução de 45% no tempo total gasto em cada uma das atividades, além de diminuir em 50% a quantidade de colaboradores utilizados para a colocação dos pinos.

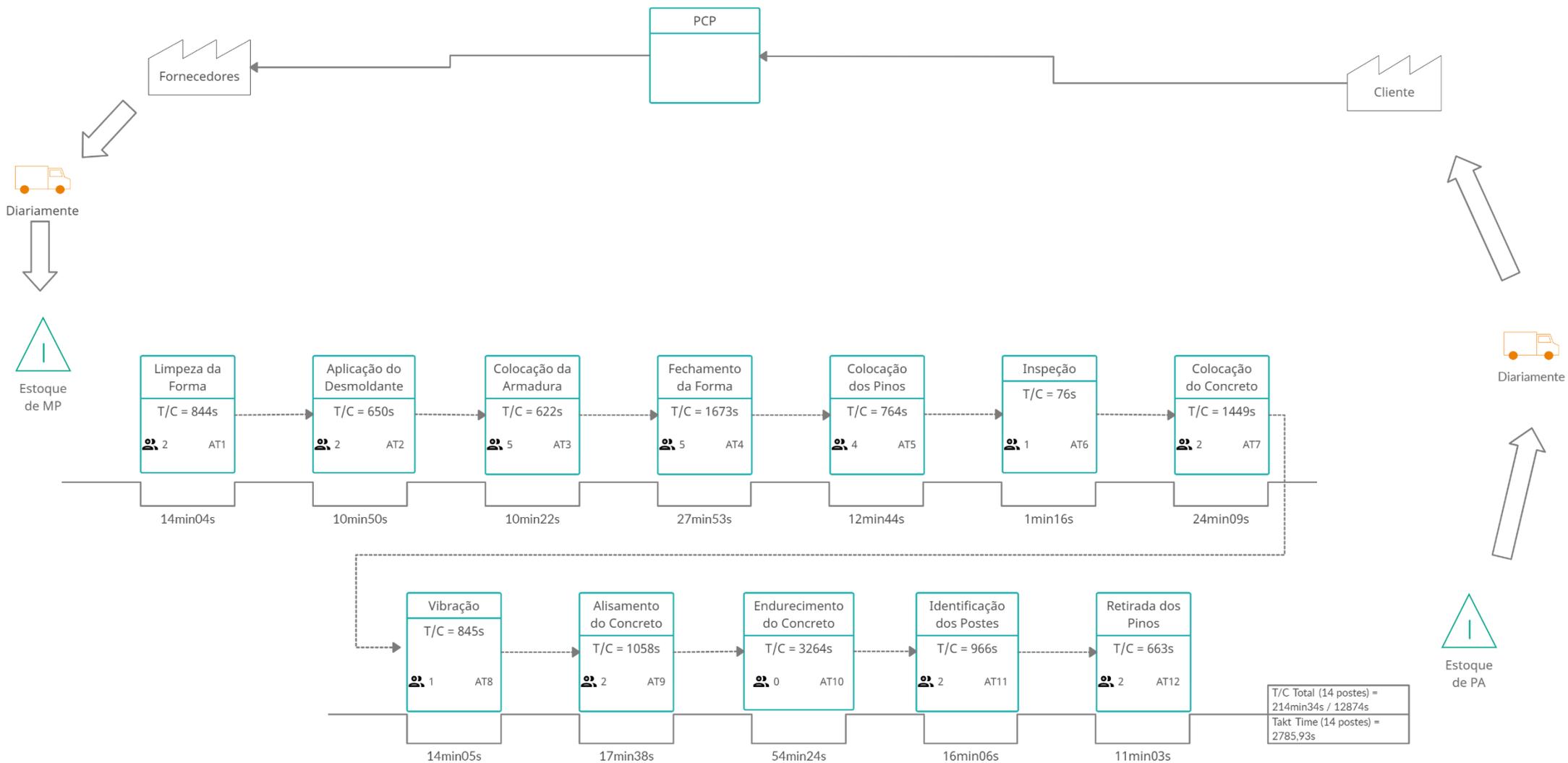
Já a Atividade 10 está correlacionada a Ação 7, que busca realizar um estudo sobre a necessidade da utilização das lonas durante o processo. Amostragens pequenas já realizadas no setor, se mostraram favoráveis a não utilização. Sua implementação fará com que essa atividade não necessite mais ser executada, gerando assim maior ganho de tempo no processo.

Por fim, o Estoque de PA está presente nas Ações 1 e 2, as quais objetivam aumentar o espaço existente para o armazenamento de PA, e diminuir o tempo que ela fica armazenada no estoque, antes de ser enviada ao cliente. Dessa forma, seria eliminada a necessidade de armazenagem de produtos acabados nas próprias formas, e reduziria em 50% a quantidade de postes que se iniciam na produção, passando de 199 para 100 postes.

4.4 MAPA DE ESTADO FUTURO

A partir da implementação das ações estabelecidas, e de seus respectivos resultados, foi possível a construção do MFV de estado futuro, exibindo os ganhos esperados a partir da eliminação dos desperdícios encontrados. O MFV é apresentado na FIGURA 19.

FIGURA 19 – MFV DO ESTADO FUTURO



FONTE: Autor (2022).

A avaliação de desempenho do MFV de estado futuro foi através do cálculo e comparação dos seis indicadores definidos para o MFV de estado atual, os quais são: o Tempo Disponível de Produção, *Takt Time*, Tempo de Estoque Inicial, *Lead Time* do Processo, Tempo de Agregação de Valor e a Produtividade de Fator Único. Os dois primeiros indicadores apresentam o mesmo valor, haja visto que são influenciados por fatores considerados fixos no presente estudo, como o tempo disponível de produção e a demanda diária. Os demais indicadores foram calculados, conforme as novas informações advindas do MFV de estado futuro, conforme as equações (16), (17), (18) e (19).

a) Tempo de Estoque Inicial

$$\text{Tempo de Estoque Inicial} = \text{Quantidade} * \text{Takt Time} \quad (16)$$

$$\text{Tempo de Estoque Inicial} = 100 * 198,99$$

$$\text{Tempo de Estoque Inicial} = 19.899s \approx 5,53 \text{ horas}$$

b) *Lead Time*

$$\text{Lead Time} = \sum \text{Tempo de Ciclo Total} + \sum \text{Tempo de Estoque Total} \quad (17)$$

$$\text{Lead Time} = 12.874 + 19.899$$

$$\text{Lead Time} = 32.773s \approx 9,10 \text{ horas}$$

c) Tempo de Agregação de Valor (%)

$$\text{Tempo de Agregação de Valor (\%)} = \frac{\sum \text{Tempo de Ciclo Total}}{\text{Lead Time}} * 100 \quad (18)$$

$$\text{Tempo de Agregação de Valor (\%)} = \frac{12.874}{32.773} * 100$$

$$\text{Tempo de Agregação de Valor (\%)} = 0,3928 \text{ ou } 39,28\%$$

d) Produtividade de Fator Único

$$\text{Produtividade de Fator Único} = \frac{\text{Output da operação}}{\text{Um input da operação}} \quad (19)$$

$$\text{Produtividade de Fator Único} = \frac{\text{Qntd. de Postes}}{\text{Lead Time}}$$

$$\text{Produtividade de Fator Único} = \frac{199 \text{ postes}}{32.773 \text{ s}}$$

$$\text{Produtividade de Fator Único} = \frac{199 \text{ postes}}{546,22 \text{ minutos}}$$

$$\text{Produtividade de Fator Único} = 0,36 \frac{\text{postes}}{\text{minuto}}$$

Os valores obtidos para os indicadores estão exibidos de forma conjunta na TABELA 7.

TABELA 7 – INDICADORES DO PROC. DE CONCRETAGEM – MFV ATUAL X MFV FUTURO

Indicador	Valor Presente	Valor Futuro	Δ
Tempo Disponível de Produção	39.600 s ou 11 h	39.600 s ou 11 h	0
<i>Takt Time</i>	198,99 s/poste ou 2785,93 segundos/14 postes	198,99 s/poste ou 2785,93 segundos/14 postes	0
Tempo de Estoque Inicial	39.599,01 s ≈ 11 h	19.899 s ≈ 5,53 h	- 49,75%
<i>Lead Time</i>	54.846,01 segundos ≈ 15,23 horas	32.773 segundos ≈ 9,10 horas	- 40,24%
Tempo de Agregação de Valor	27,80%	39,28%	11,48%
Produtividade de Fator Único	0,22 postes/minuto	0,36 postes/minuto	63,64%

FONTE: Autor (2022).

Nota-se a partir das informações apresentadas uma projeção de redução significativa nos valores de Tempo de Estoque Inicial e do Lead Time, sendo eles de 49,75% e 40,24%, respectivamente. Isso se deve às ações voltadas a redução do estoque inicial, em decorrência do aumento da área destinada ao produto acabado, e aos processos de colocação e retirada dos pinos de furação.

Por consequência, as projeções de reduções obtidas nos indicadores citados refletem diretamente na elevação obtida de Tempo de Agregação de Valor, o qual obteve um aumento de 11,48%, e na Produtividade de Fator Único, com um aumento de 63,64%. Ademais dos indicadores analisados, a implementação do plano pode resultar em outros ganhos dentro do processo, tais quais a redistribuição das cargas de trabalho entre os colaboradores, observado no estudo de Weber *et al.* (2013), evitando assim uma possível necessidade de abrir um segundo turno de trabalho, além da facilidade para visualizar e entender os processos e o fluxo produtivo, evidenciada na pesquisa de Silvestre e Vaz (2019).

5. CONCLUSÃO

A crescente exigência imposta pelo mercado sobre os níveis de produtividade e qualidade dos produtos e serviços ofertados, estabelece um elevado padrão que obriga as empresas procurarem por estratégias e ações que busquem promover estes indicadores de processo, de maneira a fazer-se apta a atender os níveis quantitativos e qualitativos que seus clientes apresentam, e por sua vez, torná-la competitiva no setor que está inserida.

Neste contexto, o presente estudo aplicou um método de análise de sistemas de produção, sendo ele o Mapeamento de Fluxo de Valor, de modo a proporcionar uma projeção de elevação no volume de produção, e a redução do *lead time* do processo da concretagem, em uma indústria que realiza a manufatura de postes e outros artefatos de concreto.

Conforme observado no estudo de caso desenvolvido, a aplicação do método proposto possibilitou a apresentação direta e clara dos desperdícios existentes ao longo do processo, sendo eles relacionados ao estoque, processamento, movimentação e fabricação de produtos defeituosos, resultando assim na proposição de ações de melhoria dos fluxos de materiais, pessoas e informações, que objetivam otimizá-los.

Estas ações por sua vez, refletiram-se em um mapa de estado futuro que apresenta um desenvolvimento significativo nos indicadores estudados, conforme exibido na TABELA 7. A comparação entre os estados presente e futuro, permitem apontar com precisão a dimensão e o impacto que as ações propostas trazem para o sistema, como por exemplo a redução no Tempo de Estoque Inicial (-49,75%) e no *Lead Time* (-40,24%), e a elevação nos índices de Tempo de Agregação de Valor (11,48%) e na Produtividade (63,64%) existente no processo.

Por fim, é possível concluir que a ferramenta MFV possui uma grande importância para o estudo e a melhoria de um processo, de maneira a tornar mais simples e objetiva a análise geral de como funcionam os fluxos produtivos e de quais são os desperdícios e aperfeiçoamentos existentes para eles. Ademais, a partir de sua aplicação, o objetivo geral e os específicos propostos foram atingidos, haja visto os valores obtidos para os indicadores, com destaque aos de Produtividade e *Lead Time* do processo. As ações e resultados observados serão exibidos para os gestores do setor, afim de que sejam analisadas e colocadas em prática.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente estudo configura-se como o primeiro ciclo do projeto de desenvolvimento e aprimoramento do processo produtivo da concretagem, haja visto que as ações propostas não foram colocadas em prática. Dessa forma, desponta-se como recomendação para trabalhos futuros, a realização do segundo ciclo do projeto, aplicando-o na fábrica, de maneira a acompanhar o desempenho real a ser obtido, e compará-lo com o seu desempenho esperado.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, R. R.; ANTUNES JR., J. A. V. *Takt-Time: Conceitos e Contextualização Dentro do Sistema Toyota de Produção*. Revista Gestão e Produção, v.8, n.1, p.1-18, 2001.
- ANTUNES, J.; ALVAREZ, R.; BORTOLETTO, P.; KLIPPEL, M.; PELLEGRIN, I. **Sistemas de Produção: Conceitos e práticas para projetos e gestão da produção enxuta**. 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 327 p.
- BALLÉ, M.; JONES, D.; CHAIZE, J.; FIUME, O. **A Estratégia Lean: Para Criar Vantagem Competitiva, Inovar e Produzir com Crescimento Sustentável**. 1º edição. Porto Alegre: Bookman, 2019.
- BELLINGER, G. **System thinking: an operational perspective of the universe**. *System University on the Net*, 1996.
- BRASIL, Lean Institute. **Sistema Toyota de Produção (Toyota Production System - TPS)**. 2021. Disponível em: [https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-\(toyota-production-system---tps\).aspx](https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-(toyota-production-system---tps).aspx). Acesso em: 16 out. 2021.
- CALHADO, P. M.; FRANCE, L. D. A.; ROCHA, Y. B.; OLIVEIRA, F. M. V. B.; NETO, P. C. O. Implantação do Método de Troca Rápida de Ferramentas no Setor de Usinagem em uma Indústria de Autopeças. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 35. 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: [s.n.].
- CAMPOS, R.; OLIVEIRA, L. C. Q.; SILVESTRE, B. S.; FERREIRA, A. S. **A Ferramenta 5S e suas Implicações na Gestão da Qualidade Total**. 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/268011854_A_Ferramenta_5S_e_suas_Implicacoes_na_Gestao_da_Qualidade_Total> Acesso em: 20 nov. 2021.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: Conceitos e Técnicas**. 3º edição. São Paulo: Atlas, 2016.
- CHIAVENATO, I. **Teoria Geral da Administração**. 8. ed. Barueri: Atlas, 2021. 288 p.
- CONCEIÇÃO, A. R.; RODRIGUES, A. C. E. Análise e proposta para a solução da baixa produtividade na estufa do UNASP-EC: Estudo de caso e aplicação das metodologias MASP, PDCA e DMAIC. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 39, 2019, Santos. **Anais...** Santos: [s.n.].
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- EMILIANI, M. L. *Origins of lean management in America*. **Journal of Management History**, vol. 12, n.2, p.167-184, 2006.

FÁVERI, R.; SILVA, A. Método GUT aplicado à gestão de risco de desastres: uma ferramenta de auxílio para hierarquização de riscos. **Revista Ordem Pública e Defesa Social**, v.9, n.1, p.93-107, 2016.

GHINATO, P. **Elementos para a compreensão de princípios fundamentais do Sistema Toyota de Produção: Autonomia e Zero Defeitos**. Dissert. Mestrado PPGE/UFGRS, Porto Alegre, 1994.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente *just-in-time***. 1. Ed. Caxias do Sul: EDUSC, 1996.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas De Pesquisa Social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019. 248 p.

HASSAN, Z; HOSSAIN, S. *Improvement of Effectiveness by Applying PDCA Cycle or Kaizen: An Experimental Study on Engineering Students*. **Journal of Scientific Research**. Bangladesh, v.10, n.2, p.159-173, 2018.

HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N.. *Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking*. **International Journal of Operations & Production Management**, Reino Unido, v.24, n.10, p.994-1012, 2004.

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

LIKER, J. K.; FRANZ, J. K. **O Modelo Toyota de Melhoria Contínua**: estratégia + experiência operacional = desempenho superior. Porto Alegre: Bookman, 2013. 467 p.

LIKER, J. K.; HOSEUS, M. **A Cultura Toyota**: a alma do modelo toyota. Porto Alegre: Bookman, 2009.

LIMA, E. C.; NETO, C. R. O. Revolução Industrial: Considerações Sobre o Pioneirismo Industrial Inglês. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 194, p. 102-113, jul. 2017. Bimestral.

LISBÔA, M. G. P.; GODOY, L. P. Aplicação do método 5W2H no processo produtivo do produto: a joia. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis. v. 4, n.7, p. 32-47, 2012.

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O; OLIVEIRA, R. J. **Planejamento e Controle da Produção**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 376 p.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção**: uma abordagem integrada ao *just-in-time*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 512 p.

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

OLIVEIRA, D. P. R. **Administração**: evolução do pensamento administrativo, instrumentos e aplicações práticas. São Paulo: Atlas, 2019. 335 p.

PASQUALINI, M. **Fordismo**: uma análise aplicada aos casos do Brasil e Japão. 2004. 67 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

POJASEK, R. B. *Mapping information flow the production process*. **Environmental Quality Manager**. South Carolina, v. 13, n. 3, p. 89, mar-mai, 2004.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho Científico**: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. ed. Rio Grande do Sul: Feevale, 2013. 277 p.

PRODUTIVIDADE. *In*: **MICHAELIS**. Editora Melhoramentos, 2022. Disponível em <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/produtividade/>>. Acesso em: 06/02/2022.

RODRIGUES, M. V. **Entendendo, Aprendendo e Desenvolvendo Sistemas de Produção Lean Manufacturing**. 2. ed. Rio de Janeiro: Gen Ltc, 2015. 168 p.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SAYER, N. J.; WILLIAMS, B. **Lean para Leigos**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2016.

SCHOEFFEL, C. **Proposta de Melhoria de processos com base no Lean Manufacturing em uma Micro Empresa**. 2018. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Transportes e Logística, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2018.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**: Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta. Uma Revolução nos Sistemas Produtivos**. 1ªed. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino A Distância da UFSC, 2001. 121 p.

SILVEIRA, H. E.; MARTELLI, R.; OLIVEIRA, V. V. A implantação da ferramenta 5W2H como auxiliar no controle da gestão da empresa agropecuária São José. **Revista de Administração do Sul do Pará**. Pará, v.3, n.2, p.68-80, 2016.

SILVESTRE, G. A.; VAZ, C. R. Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor Para Automação de Processos: Estudo de Caso em uma Empresa do Setor Eletrônico. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 39. 2019, Santos. **Anais...** Santos: [s.n.].

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 8ª edição. São Paulo: Grupo GEN | Grupo Editorial Nacional, 2018.

TETRACON. **O que são artefatos de concreto?** 2016. Disponível em: <https://tetraconind.com.br/blog/o-que-sao-artefatos-de-concreto/>. Acesso em: 13 out. 2021.

TOYOTA. **UMA HISTÓRIA DE INOVAÇÃO E QUALIDADE**. 2021. Disponível em: <https://www.toyota.com.br/mundo-toyota/sobre-a-toyota/>. Acesso em: 12 nov. 2021.

TUBINO, D. F. **Manufatura Enxuta Como Estratégia de Produção**: a chave para a produtividade industrial. São Paulo: Atlas, 2015. 313 p.

VIEIRA, M. G. **Aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor para Avaliação de um Sistema de Produção**. 2006. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

WEBER, G.; PASQUALINI, F.; SIEDENBERG, D. R. Mapeamento do Fluxo de Valor em um Sistema Produtivo: Aplicação em uma Célula de Soldagem. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 33. 2013, Salvador. **Anais...** Salvador: [s.n.].

WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma - Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. Rio de Janeiro: GEN | Grupo Editorial Nacional, 2011. ISBN 9788595158214.

WOMACK, J. P. *Value Stream Mapping. Manufacturing Engineering, Deasborn*, vol. 136, n.5, p 145, mai. 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 10. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 332 p.