



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

RENATA MALIZIA TEIXEIRÃO GARTNER

**PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO
COM BASE EM MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR E TEORIA DAS
RESTRIÇÕES**

Recife
2022

RENATA MALIZIA TEIXEIRÃO GARTNER

**PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO
COM BASE EM MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR E TEORIA DAS
RESTRIÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gerência da Produção.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Denise Dumke de Medeiros.

Recife

2022

Catálogo na fonte:
Bibliotecário Carlos Moura, CRB-4/1502

G244p Gartner, Renata Malizia Teixeira.

Proposição de um modelo de avaliação de sistemas de produção com base em mapeamento do fluxo de valor e teoria das restrições. / Renata Malizia Teixeira Gartner. – 2022.

84 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Denise Dumke de Medeiros.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção, 2022. Inclui referências.

1. Engenharia de produção. 2. Mapa do fluxo de valor. 3. Lean manufacturing. 4. Teoria das restrições. 5. Throughput accounting. 6. Indicadores de desempenho. 7. Melhoria de processos. I. Medeiros, Denise Dumke de (orientadora). II. Título.

658.5 (22. ed.)

UFPE

BCTG/2023-74

RENATA MALIZIA TEIXEIRÃO GARTNER

**PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO
COM BASE EM MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR E TEORIA DAS
RESTRIÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Gerência da Produção.

Aprovada em: 19/08/2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Denise Dumke de Medeiros (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Rodrigo Jose Pires Ferreira (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Maria Creuza Borges de Araújo (Examinadora Externo)
Universidade Federal de Campina grande

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo, a Deus, que me abençoou com saúde, iluminou os meus caminhos e permitiu que eu chegasse até aqui. Sem Ele não teria obtido êxito nessa conquista.

À minha família agradeço pelo apoio, compreensão e confiança depositadas em minhas decisões. Ao meu esposo, Alfredo, e à minha filha Júlia agradeço toda a paciência, carinho e renúncia para me suportar nos momentos mais difíceis desta jornada.

Aos Professores do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, pelo conteúdo e os ricos ensinamentos das disciplinas ministradas. Em especial agradeço ao professor Dr. Isaac Pergher, cujas conversas e orientações fizeram crescer o interesse pelo tema desse trabalho.

Agradeço à minha orientadora, Dra. Denise Dumke de Medeiros, pela paciência, apoio e segurança na orientação.

Agradeço ainda aos meus colegas do mestrado, em especial Ana Carolina Inojosa, uma companheira na realização dos trabalhos e um exemplo de força, fé e gratidão a Deus.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.” (SCHOPENHAUER, 1998, p. 421)

RESUMO

Ao longo deste trabalho foram apresentados os conceitos relacionados à produção enxuta, mais especificamente ao Mapa do Fluxo de Valor (MFV), que é uma ferramenta que possibilita uma visão sistêmica que direciona a tomada de decisão, cujo principal resultado alcançado no processo, segundo Rother e Shook (2003), é a redução do lead time; e à Teoria das Restrições (TOC), que é uma metodologia de gestão baseada no pensamento sistêmico (Boyd e Gupta, 2004) composta, de acordo com Antunes (1998), Cox e Spencer (2002), Simatupang et al. (1997) e Tsou (2013), por um conjunto integrado de ferramentas que pode ser compreendido a partir (i) de uma abordagem logística e operacional para identificar e eliminar restrições; (ii) por um processo de pensamento orientado para analisar e resolver problemas; e (iii) por um sistema de indicadores para medir o desempenho financeiro. A partir da revisão da literatura, que buscou identificar no período entre 2011 e 2021 as contribuições de pesquisas sobre o uso do MFV associado aos indicadores de desempenho financeiro da TOC, não foram identificados estudos cujo modelo de mapeamento do fluxo de valor que apoie a decisão quanto à melhoria conforme o retorno financeiro para as empresas. Para contribuir com esta lacuna, essa dissertação tem como objetivo propor um modelo que promove a integração do MFV com os indicadores de desempenho da TOC para apoiar a decisão de gestores que precisam tornar as empresas mais competitivas. O modelo proposto possui 7 passos e, para demonstrar a sua aplicabilidade foi realizado um estudo de caso em uma indústria química. A partir de uma aplicação na família de esmaltes sintéticos foi possível observar e analisar o impacto das ações operacionais nos indicadores globais retorno sobre o investimento e lucro líquido, cujo resultado do mapa do estado futuro definido pela equipe teve incremento de 11,2% e 14,6%, respectivamente, em relação ao estado atual. Esse resultado foi impulsionado pelos indicadores locais inventário e despesa operacional, que obtiveram redução, de 55% e 8,8%, respectivamente. A aplicação do modelo foi capaz de identificar as ineficiências do processo, refletida no lead time, e o efeito potencial das melhorias no resultado financeiro no fluxo de valor analisado, contribuindo para a tomada de decisão do gestor da produção quanto à melhor proposta de fluxo futuro.

Palavras-chave: mapa do fluxo de valor; lean manufacturing; teoria das restrições; throughput accounting; indicadores de desempenho; melhoria de processos.

ABSTRACT

Throughout this work were presented the concepts related to lean production, more specifically to the Value Stream Map (MFV), which is a tool that enables a systemic view that directs decision-making, whose main result achieved in the process, according to Rother and Shook (2003), the reduction of lead time; and the Theory of Constraints (TOC), which is a management methodology based on systems thinking (Boyd and Gupta, 2004) composed, according to Antunes (1998), Cox and Spencer (2002), Simatupang et al. (1997) and Tsou (2013), for an integrated set of tools that can be understood from (i) a logistic and operational approach to identify and eliminate restrictions; (ii) a thinking process oriented towards analyzing and solving problems; and (iii) a system of indicators to measure financial performance. From the literature review, which sought to identify in the period between 2011 and 2021, the contributions of research on the use of MFV associated with the financial performance indicators of TOC, it was possible to conclude that no studies were identified whose value stream mapping model that supports the decision regarding the improvement according to the financial return for the companies. To contribute to this gap, this research aims to propose a model that promotes the integration of the MFV with the TOC performance indicators to support the decision of managers who need to make companies more competitive.

The proposed model has 7 steps and, to demonstrate its applicability, a case study was carried out in a chemical industry. From an application in the synthetic enamels family, it was possible to observe and analyze the impact of operational actions on the global indicators Return-On-Investment and Net Profit (NP), whose result of the map of the future state defined by the team had an increase of 11.2% and 14.6%, respectively, compared to the current state. This result was driven by the local indicators Inventory and Operating Expenses, which decreased by 55% and 8.8%, respectively. The application of the model was able to identify the process inefficiencies, reflected in the lead time, and the potential effect of the improvements in the financial result in the analyzed value stream, contributing to the production manager's decision making regarding the best future flow proposal.

Keywords: value stream mapping; lean manufacturing; theory of constraints; throughput accounting; performance indicators; process improvement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Metodologia adotada na pesquisa.....	18
Figura 2 –	Etapas de desenvolvimento da pesquisa.....	19
Figura 3 –	A estrutura da Produção.....	23
Figura 4 –	Simbologia do Mapeamento do Mecanismo da Função Produção...	26
Figura 5 –	Roteiro de Produção.....	26
Figura 6 –	Compreendendo a função da Manufatura.....	28
Figura 7 –	Ícones do Mapeamento do Fluxo de Valor	33
Figura 8 –	Etapas básicas do mapeamento do fluxo de valor	34
Figura 9 –	Mapa do fluxo Atual da Estamparia ABC	35
Figura 10 –	Mapa do fluxo Atual da Estamparia ABC	36
Figura 11 –	Ilustração da restrição (recurso-gargalo)	38
Figura 12 –	Relações entre os medidores globais e locais	44
Figura 13 –	Modelo MFV – TOC	53
Figura 14 –	SIPOC	54
Figura 15 –	Esboço processo atual da Estamparia ABC	54
Figura 16 –	Mapa do fluxo Atual da Estamparia ABC	56
Figura 17 –	Tabela para cálculo do Inventário a partir do MFV Atual	57
Figura 18 –	MFV – TOC para cálculo dos indicadores Globais	58
Figura 19 –	Gráfico Balanceamento Processo Estamparia ABC	59
Figura 20 –	Etapa 1: Definição da família de produtos	62
Figura 21 –	SIPOC do processo da família de Esmaltes Sintéticos	63
Figura 22 –	Etapa 2: Pré-Mapeamento	63
Figura 23 –	Esboço processo de fabricação de Esmaltes Sintéticos	64
Figura 24 –	Etapa 3: Mapeamento do Fluxo de Valor de Estado Atual	64
Figura 25 –	MFV de Estado Atual da família de Esmaltes Sintéticos	66
Figura 26 –	MFV – TOC de Estado Atual da família de Esmaltes Sintéticos	67
Figura 27 –	Etapa 4: Identificação dos Desperdícios	67
Figura 28 –	Representação do tempo de ciclo/litro das etapas produtivas	68
Figura 29 –	Representação do tempo de produção lote de 2.000 L	68
Figura 30 –	Etapa 5: Projeção do Mapa do Fluxo de Valor de Estado Futuro	70
Figura 31 –	MFV – TOC de Estado Futuro da família de Esmaltes Sintéticos	72

Figura 32 –	Etapa 6: Elaboração e Implementação das ações	72
-------------	---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Determinação da Classificação Estratégica	44
Tabela 2 –	Utilização do Gargalo por Grau de Prioridade	45
Tabela 3 –	Despesa operacional do período.....	46
Tabela 4 –	Cálculo do Resultado Final	46
Tabela 5 –	Resultado quantitativo pesquisa nas bases Web of Science, SCOPUS (Elsevier), Science Direct (Elsevier), Emerald Insight e Scielo no período entre 2011 a 2021	48
Tabela 6 –	Resultado qualitativo a partir da revisão dos artigos	49
Tabela 7 –	Tabela para cálculo do Ganho unitário e Ganho Total	57
Tabela 8 –	Descrição das etapas do processo de fabricação de Esmaltes Sintéticos	63
Tabela 9 –	Diagnóstico do MFV – TOC situação Atual	70
Tabela 10 –	Propostas de ação para projeção do MFV – TOC de Estado futuro ..	71
Tabela 11 –	Diagnóstico do MFV – TOC propostas projeção Estado futuro	71
Tabela 12 –	Comparativo resultados estado atual e estado futuro proposto.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AV	Atividade que Agrega Valor
CTV	Custo Totalmente Variável
D	Disponibilidade
DO	Despesa Operacional
FC	Fluxo de Caixa
G	Ganho
GT	Ganho total
GU	Ganho Unitário
I	Investimento ou Inventário
JIT	Just in Time
LL	Lucro Líquido
MFP	Mecanismo da Função Produção
MFV	Mapa do Fluxo de Valor
NAV	Atividade que Não Agrega Valor
OPT	Optimized Production Technology
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PCP	Planejamento e Controle da Produção
Pv	Preço de Venda
RRC	Recurso com Restrição de Capacidade
RSI	Retorno Sobre o Investimento
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers
STP	Sistema Toyota de Produção
T/C	Tempo de Ciclo
TOC	Teoria das Restrições
TPC	Tambor- Pulmão- Corda
TR	Tempo de Troca
VSM	Value Stream Mapping
WIP	Work in Process

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	16
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo geral	16
1.2.2	Objetivos específicos.....	16
1.3	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	17
1.4	METODOLOGIA	17
1.4.1	Etapas de desenvolvimento da pesquisa	18
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA.....	21
2.1	REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1.1	Sistema Toyota de Produção	21
2.1.2	Lean Thinking	30
2.1.3	Teoria das Restrições	37
2.2	REVISÃO DA LITERATURA.....	47
3	ELABORAÇÃO DO MODELO DE MAPA DO FLUXO DE VALOR – TEORIA DAS RESTRIÇÕES PARA APOIO À DECISÃO	52
3.1	BASES DE CONHECIMENTO PARA A ELABORAÇÃO DO MODELO	52
3.2	CONSTRUÇÃO DO MODELO	52
3.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTE CAPÍTULO	61
4	APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO	62
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA ESTUDADA	62
4.2	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	62
4.2.1	Etapa 1 - Definição da família de produtos	62
4.2.2	Etapa 2 - Pré-Mapeamento	63
4.2.3	Etapa 3 - Desenho do MFV – TOC de Estado Atual	64
4.2.4	Etapa 4 - Identificação dos Desperdícios	67
4.2.5	Etapa 5 - Projeção do Mapa do Fluxo de Valor de Estado Futuro	70
4.2.6	Etapa 6 - Elaboração e Implementação das Ações	72
4.2.7	Etapa 7 - Gestão do Resultados	73

4.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES	73
5	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
5.1	CONCLUSÕES	76
5.2	LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	77
	REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

A crescente competitividade do mercado, a pressão nos custos de matérias-primas e do processo de transformação, além das turbulências econômicas decorrentes da crise financeira dos últimos anos, agravada com a pandemia do Covid-19, têm exigido uma postura cada vez mais ativa e dinâmica das organizações na busca pela melhoria contínua.

No dia a dia das organizações, os gestores são encorajados a tomar decisões que devem contribuir para a lucratividade e sobrevivência. Diante deste cenário, buscando por diferenciais competitivos, muitas empresas vêm adotando pensamento enxuto (Lean Thinking) para apoiar os gestores, por meio da utilização de métodos e ferramentas que auxiliam na busca pela eliminação dos desperdícios e no alcance dos seus objetivos de desempenho.

De acordo com Womack e Jones (2003) ao identificar o valor especificado pelo cliente, o próximo passo, é enxergar como o valor é criado ao longo do processo de transformação do produto/serviço. Neste contexto, Rother e Shook (2003) nos apresentam o Mapa do Fluxo de Valor (MFV), uma ferramenta que permite uma visão sistêmica do processo produtivo e não apenas uma visão dos processos individuais, e auxilia o gestor na tomada de decisões. Segundo os autores, o resultado alcançado ao aplicar o MFV é a redução do lead time, com o processo puxador operando de forma consistente de acordo com o takt time (demanda do cliente), com uma resposta rápida a problemas e às variações do mercado e, conseqüentemente, a redução dos estoques de produto acabado.

De acordo com Antunes (1998), Cox e Spencer (2002), Simatupang et al. (1997) e Tsou (2013), a Teoria das Restrições (TOC) é uma metodologia de gestão composta por um conjunto integrado de ferramentas que pode ser compreendido a partir (i) de uma abordagem logística e operacional para identificar e eliminar restrições; (ii) por um processo de pensamento orientado para analisar e resolver problemas; e (iii) por um sistema de indicadores para medir o desempenho financeiro. Para Goldratt (1991), a meta de uma empresa é ganhar dinheiro hoje e no futuro; e, com base neste propósito, indicadores de desempenho têm como objetivo avaliar se a empresa está caminhando em direção à sua meta e o impacto das ações gerenciais (PERGHER et al, 2011).

1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Diante da perspectiva de que o MFV fornece uma visão estratégica, auxiliando na busca pela eliminação dos desperdícios nos processos, alcançando a redução do lead time, constata-se de que não é capaz de fornecer aos gestores informações financeiras para o apoio à tomada de decisão.

Considerando-se essa limitação do MFV, a seguinte questão orienta o desenvolvimento da pesquisa: De que forma pode ser realizada a integração do MFV com os indicadores de desempenho da TOC para apoiar a decisão de gestores que precisam tornar as empresas mais competitivas?

1.2 OBJETIVOS

Nesta seção, serão apresentados o objetivo geral, que apresenta a ideia central desta dissertação, e os objetivos específicos, que correspondem aos resultados concretos que esta dissertação busca alcançar.

1.2.1 Objetivo Geral

Propor um modelo de mapeamento do fluxo de valor com os indicadores financeiros da Teoria das Restrições, conduzindo a tomada de decisão na priorização de melhorias com base no ganho financeiro.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral seja atingido são definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Aprofundar o conhecimento sobre o MFV e os indicadores financeiros da TOC;
- b) Examinar as recentes contribuições de pesquisas sobre o uso do MFV associado aos indicadores de desempenho financeiro da TOC (throughput accounting);
- c) Medir e analisar o impacto dos desperdícios nos indicadores locais da Teoria das Restrições;

- d) Testar e validar os resultados obtidos da aplicação do modelo proposto através de um estudo de caso.

1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Essa dissertação se justifica uma vez que, ao realizar a revisão da literatura das recentes contribuições de pesquisas, a autora constatou que não há foram identificados estudos referentes à utilização do MFV associado aos indicadores de desempenho financeiro da TOC (Throughput accounting).

Abrangendo o estudo, para entender o direcionamento das pesquisas nos campos das metodologias Sistema Toyota de Produção, Lean Manufacturing e Teoria das Restrições, foi possível observar que as pesquisas não buscam uma solução sob a perspectiva financeira para a tomada de decisão no fluxo de valor. Em vez disso, os autores buscaram associar os métodos para obter, a redução do Lead Time, o aumento da produtividade da organização, dentre outras melhorias.

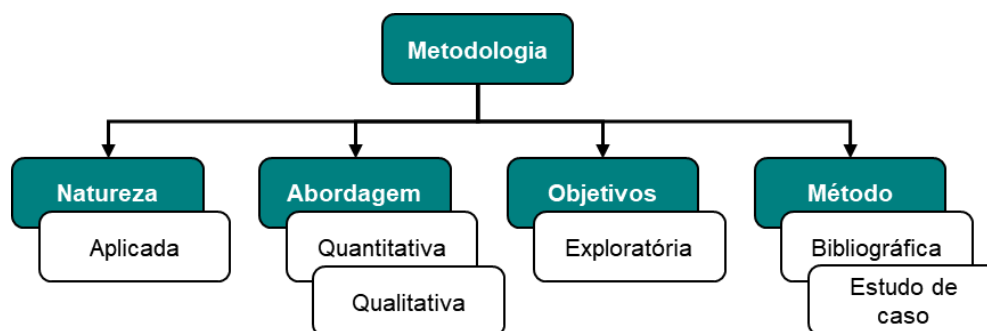
Isto revelou a necessidade de explorar de forma teórica e prática este tema, que é a proposta deste trabalho. O modelo proposto, a partir do uso associado do MFV e os indicadores financeiros da TOC, auxilia gestores na melhor decisão em seus processos, contribuindo para que a empresa aumente a sua lucratividade e competitividade frente ao mercado em que atua.

Em termo de contribuição acadêmica, o presente estudo busca preencher a lacuna existente no campo da estratégia da produção, onde o presente trabalho contribui no campo conceitual do “o que fazer” e no campo prático de “como fazer”.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia para alcançar o objetivo proposto deste trabalho está apresentada na Figura 1 abaixo.

Figura 1 – Metodologia adotada na pesquisa



Fonte: Esta pesquisa (2022)

Do ponto de vista da sua natureza, o presente trabalho refere-se a uma pesquisa aplicada, cuja finalidade é gerar conhecimento para a aplicação prática para solução de problemas específicos (PRODONOV; FREITAS, 2013).

A pesquisa tem como abordagem metodológica a combinação de quantitativa e qualitativa que, segundo Cauchick (2012), possibilita uma visão mais ampla e completa quando na necessidade de explicar, sob a ótica dos envolvidos na problemática, os dados quantitativos coletados.

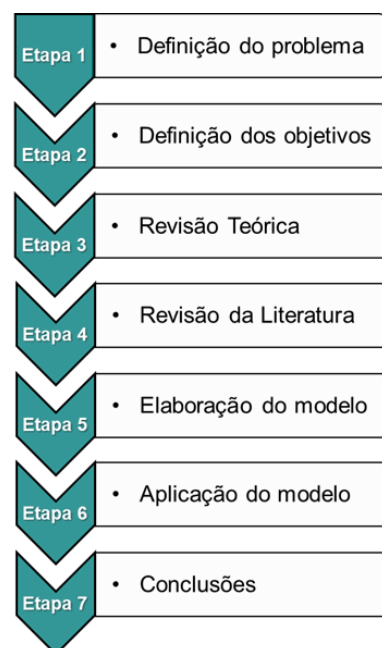
Da perspectiva dos seus objetivos, a pesquisa é de caráter exploratório, uma vez que tem como propósito de fornecer mais informações sobre o problema que será investigado, tornando-o explícito e permitindo construir hipóteses (GIL, 2002).

Por fim, em relação ao método, ou seja, a forma pela qual os dados necessários para a elaboração da pesquisa são obtidos, a pesquisa se configura como uma pesquisa bibliográfica e um estudo de caso. É uma pesquisa bibliográfica uma vez que foi desenvolvida com base em material já elaborado, constituído por pesquisa de artigos científicos (GIL, 2002). É caracterizada como um estudo de caso uma vez seu propósito é descrever a situação do cenário atual da empresa na qual está sendo realizado a aplicação do modelo proposto, incorporando abordagens específicas à coleta e à análise de dados (YIN, 2001).

1.4.1 Etapas de desenvolvimento da pesquisa

Uma vez definidos os objetivos, nesta sessão apresentam-se as etapas da pesquisa para o alcance dos mesmos, conforme ilustrada na figura 2.

Figura 2 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Esta pesquisa (2022)

A pesquisa realizada neste trabalho foi motivada, principalmente, pela limitação do MFV em fornecer aos gestores informações financeiras para o apoio à tomada de decisão, em adição à visão sistêmica do processo produtivo (Etapa 1).

A Etapa 2, definição dos objetivos, foi desenvolvida de forma a contornar a problemática apresentada na Etapa 1, tendo como objetivo a proposição de um modelo de mapeamento do fluxo de valor associado com os indicadores financeiros da teoria das restrições, conduzindo a tomada de decisão na priorização de melhorias com base no ganho financeiro.

Depois de estruturados o problema e os objetivos da pesquisa, na Etapa 3 inicia-se a revisão teórica que contempla os principais conceitos-chave relacionados ao tema da pesquisa: Sistema Toyota de Produção, Mecanismo Função-Produção, Mapeamento do Fluxo de Valor e Teoria das Restrições.

Para compreender as recentes contribuições de pesquisas acerca do tema em estudo, na Etapa 4 foi realizada a revisão da literatura na base dos periódicos nacionais e internacionais da Capes. A partir desta revisão das recentes contribuições da academia foram identificados estudos referentes à utilização do MFV associado aos indicadores de desempenho financeiro da TOC.

Na Etapa 5, é proposto um modelo que consiste na combinação do Mapa do Fluxo de Valor, que fornece a visão de processos, e a estrutura dos indicadores de

desempenho da TOC, desenvolvido com a finalidade de ser um instrumento de apoio à decisão para a priorização de melhorias com base no ganho financeiro.

Na Etapa 6, o modelo proposto é aplicado na prática em uma indústria multinacional do setor químico, na família de produtos de Tintas base Solvente (esmaltes sintéticos), com o foco de identificar os desperdícios no fluxo de valor e auxiliar o gestor na tomada de decisão quanto à melhor proposta de fluxo futuro com base nos indicadores financeiros. A partir dos resultados obtidos, é possível testar a aplicabilidade do modelo proposto pela pesquisa.

Por fim, na Etapa 7 são realizadas as discussões e as conclusões finais acerca da pesquisa e sobre o modelo proposto.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em cinco capítulos, conforme descrito a seguir.

O Capítulo 1 apresenta a introdução ao tema, a descrição do problema, a justificativa, os objetivos que se pretende atingir e a metodologia empregada.

No Capítulo 2 encontra-se dividido em duas partes: na primeira parte é apresentado o referencial teórico utilizado como embasamento para a construção do modelo proposto; e na segunda parte é delineada uma revisão da literatura referente ao tema desta pesquisa.

O Capítulo 3 apresenta o modelo proposto para o mapeamento do fluxo de valor com os indicadores financeiros da Teoria das Restrições.

O Capítulo 4 é descrita a aplicação prática do método apresentado no capítulo 3 e a análise crítica dos resultados.

O Capítulo 5 é apresentado as conclusões e considerações finais da dissertação, bem como sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, serão apresentados o Referencial Teórico e a Revisão de Literatura. O primeiro que, além de servir como base para a elaboração do modelo proposto, objetiva identificar o significado dos conceitos-chave que foram utilizados para o desenvolvimento desta dissertação. Enquanto que a Revisão da Literatura, objetiva apresentar o mapeamento das recentes contribuições de pesquisas acerca do tema em estudo, tendo como base os periódicos nacionais e internacionais da Capes.

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção foi estruturada a base teórica e conceitual dos principais autores e obras sobre o Sistema Toyota de Produção, Mecanismo Função-Produção, Mapeamento do Fluxo de Valor e Teoria das Restrições.

2.1.1 Sistema Toyota de Produção – STP

O STP nasceu a partir da necessidade de aumentar a produtividade japonesa em 10 vezes em um período de três anos, desafio lançado em 15 de agosto de 1945, data em que o Japão perdeu a guerra, pelo então presidente da Toyota Motor Company, Kiichirō Toyoda (1894-1952), para garantir a sobrevivência da indústria automobilística do Japão (OHNO, 1997). Ohno percebeu que a diferença de produtividade entre o trabalhador americano e o japonês só poderia ser explicada pela existência de desperdícios no sistema de produção, o que impulsionou a estruturação de um processo sistemático de identificação e eliminação destes desperdícios (GHINATO, 2000).

De acordo com Shingo (1996a), o STP é uma filosofia de negócio que busca otimizar a organização para atender melhor às necessidades do cliente, ao mesmo tempo em que melhora a segurança e o moral de seus membros.

Antunes et al (2008) afirmam que o objetivo central do STP é permitir que as organizações respondam com mais rapidez às variações de demanda do mercado por meio da flexibilidade, custo, qualidade, atendimento e inovação.

Schneider, Carvalho, Taborda (2021) reforçam que as melhorias realizadas devem gerar resultados no processo, na qualidade do produto, no engajamento e moral das pessoas, bem como nas finanças das empresas.

Para Ohno (1997), a base do STP é a busca pela eliminação total dos desperdícios, definidos por Womack e Jones (2004), como toda atividade executada que consome recursos sem criar valor para o cliente e, para garantir a sustentação do sistema, dois pilares são fundamentais: o Just in Time (JIT) e a Autonomiação (Jidoka, em japonês), ou automação com um toque humano (GHINATO, 1994).

Para Liker (2005), o Just in time é o principal pilar do STP, sendo considerado um sistema de administração da produção que determina que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora exata em que for requisitado. O objetivo central do JIT, segundo Nunes e Menezes (2015), é observar, detectar, analisar e eliminar os desperdícios no processo, para garantir o fluxo contínuo das operações produtivas. A ferramenta utilizada para operar o JIT é o kanban, desenvolvido a partir de uma ideia que Ohno teve ao observar os supermercados durante sua visita às montadoras americanas em 1956, visto que no supermercado um cliente pode obter (i) o que é necessário, (ii) no momento em que é necessário, (iii) na quantidade necessária (OHNO, 1997).

O outro pilar de sustentação do STP, a Autonomiação, conhecido também como automação com toque humano, teve sua origem ligada à solução que Sakichi Toyoda (1867-1930) colocou em prática em 1924 para o problema do tecido defeituoso, ao dotar a máquina de tear com um dispositivo com capacidade de detectar uma anormalidade rapidamente e interromper imediatamente o trabalho, evitando desperdícios, otimizando o processo e garantindo a qualidade do produto final. O uso do dispositivo permitiu que o operador fosse liberado de vigiar o tear durante o processamento à espera da ocorrência de alguma anomalia, viabilizando a supervisão de diversos teares simultaneamente (GHINATO, 2000).

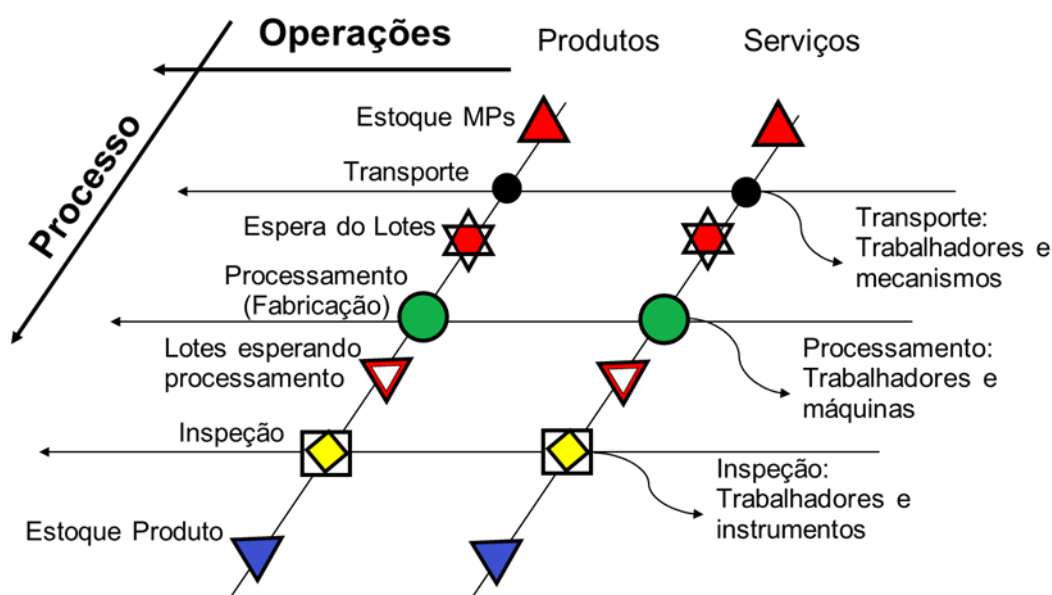
Antunes (2008) definem que as bases de construção do STP são: i) o mecanismo da função-produção; ii) o princípio do não-custo; e iii) as perdas no sistema produtivo.

2.1.1.1. Mecanismo Função-Produção – MFP

Para Shingo, o MFP propõe que o STP, assim como todos os sistemas de produção, pode ser compreendido a partir da lógica de uma rede funcional que envolve nos eixos X e Y os processos e as operações, respectivamente (ANTUNES, 1994), conforme ilustrado na Figura 3. Desta forma, Shingo (1996a, pg 37) afirma que “antes de estudar o Sistema Toyota de Produção, é necessário entender a função produção como um todo”.

Shingo (1996a) define Processo como a transformação de matérias-primas em produto acabado, podendo ser visualizado em um fluxo de materiais no tempo e no espaço. Por sua vez, o autor define Operações como as ações que executam tal transformação, sendo visualizadas por meio da interação entre as máquinas e trabalhadores durante a transformação. Ainda segundo o autor, é preciso distinguir e analisar separadamente o fluxo do produto (Processo) do fluxo de trabalho (Operação) para realizar melhorias significativas no processo produtivo. Isso porque, embora o processo seja realizado por uma série de operações, as melhorias realizadas na operação individual, sem que seja analisado seu impacto no processo, podem resultar em redução da eficiência Global (SHINGO, 1996a).

Figura 3 – A estrutura da Produção



Fonte: Adaptado de Shingo (1996).

Na estrutura da produção definida por Shingo (1996a) na Figura 3, no eixo do Processo é possível identificar cinco elementos distintos que compõem o fluxo de transformação das matérias-primas em produtos:

- a) Processamento ou trabalho em si (●) - transformação da matéria-prima em produto;
- b) Inspeção (◻) - comparação entre os materiais versus o seu padrão estabelecido;
- c) Transporte (●) - mudança de posição ou de localização dos materiais;
- d) Estocagem ou Espera - período de tempo em que não está ocorrendo nenhum tipo de processamento, de inspeção ou de transporte do objeto da produção. O processo de Estocagem ou Espera está subdividido em quatro classes qualitativamente distintas, tornando mais simples a identificação e posterior eliminação, de acordo com Antunes (1994):
 - Espera de processo (▽) – todo o lote está aguardando enquanto o lote precedente está sendo processado, inspecionado ou transportado;
 - Espera do lote (◈) – enquanto uma peça do lote está sendo processada, as demais peças do mesmo lote estão em condições de espera;
 - Estoque de Matéria-prima (▲);
 - Estoque de Produto Acabado (▼).

Ainda na Figura 3 podemos observar o eixo horizontal que representa as Operações. Segundo Shingo (1996), embora as Operações reais possam variar de acordo com o Processo, pode-se identificar quatro elementos:

- a) Operações de *Setup* – refere-se às atividades de preparação anterior e posterior à operação principal, e às atividades operativas de mudança de ferramentas e dispositivos;
- b) Operações Principais – são as atividades realizadas para executar o trabalho e que se repetem em cada ciclo de produção. São classificadas em operações essenciais e operações auxiliares, definidas a seguir (ANTUNES, 1994):
 - Essenciais: atividades relacionadas diretamente na execução do processamento em si, inspeção, transporte e espera. Na Figura 3

identificamos como os pontos de intercessão entre os eixos onde ocorrem o encontro entre os fluxos de processos e operações em que os objetos da produção e seus agentes (trabalhadores e máquinas) atuam juntos no tempo e no espaço;

- Auxiliares: atividades que dão suporte às operações essenciais;
- c) Folgas não ligadas ao pessoal - referem-se ao período de tempo em que os trabalhadores não estão executando nem operações de preparação, nem operações principais (GHINATO, 1996), não estando ligadas à ação direta das pessoas. Shingo (1996a) subdivide as folgas em:
 - Folgas na operação: ações irregulares associadas à operação em si;
 - Folgas entre operações: são trabalhos irregulares que ocorrem entre operações consecutivas;
- d) Folgas ligadas ao pessoal – ações relativas às necessidades dos trabalhadores, subdivididas em:
 - Folgas por fadiga: período de descanso entre as operações por necessidade de recuperação da fadiga de origem física ou mental (ANTUNES, 1994);
 - Folgas físicas: período em que os trabalhadores precisam satisfazer suas necessidades fisiológicas e higiênicas.

Antunes et al. (2008) afirmam que o MFP é fundamental para a implantação de melhorias em um sistema produtivo e de extrema importância na eliminação ou redução das perdas. Shingo (1986) afirma que as melhorias na estrutura da produção devem ser focadas na função processo, uma vez que são as atividades principais que permitem atingir as metas de produção, enquanto as operações desempenham um papel suplementar. “Para maximizar a eficiência da produção, analise profundamente e melhore o processo antes de tentar melhorar as operações” (SHINGO, 1996a p. 38)

Shingo (1996a) propõe a utilização de símbolos como forma de representar os fenômenos do processo ao mapear as atividades de produção para identificar oportunidades de melhoria, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Simbologia do Mapeamento do Mecanismo da Função Produção

	Estoque MPs
	Transporte
	Espera do Lotes
	Processamento (Fabricação)
	Lotes esperando processamento
	Inspeção
	Estoque de produto

Fonte: Adaptado de Shingo (1996).

Ao realizar o mapeamento dos processos, devem ser observadas e trabalhadas todas as atividades, principalmente as que não agregam valor, procurando a eliminação de esperas e de transportes, no processo produtivo e na inspeção dos produtos semiacabados ou acabados (SHINGO, 1996a). A Figura 5 ilustra o roteiro para o mapeamento de processo de acordo com a metodologia do MFP.

Figura 5 – Roteiro de Produção

PASSO Nº	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DA PRODUÇÃO	DURAÇÃO	DISTÂNCIA	FENÔMENOS DO PROCESSO						
										

Fonte: Adaptado de Shingo (1996A).

Onde:

- Passo: é a ordem sequencial da atividade da produção;
- Descrição das Atividades da Produção: relato da atividade que está sendo observada;
- Duração: tempo em que a atividade dura para ser executada;
- Distância: medida de espaço para executar a atividade;

- e) Fenômenos do processo: identificação do que está sendo executado fluxo de transformação das matérias-primas em produtos. Deve ser identificado uma das alternativas.

2.1.1.2. Princípio do Não-Custo

O princípio do não-custo expressa a relação entre o preço, custo e o lucro de determinado produto, traduzindo a materialização da necessidade da eliminação sistemática dos desperdícios (perdas) para a redução dos custos nos Sistemas de Produção (Antunes, 1998).

Para Ohno (1997), a equação 1, que representa o princípio de custeio, torna o consumidor responsável por todo o custo e, a partir do abalo na economia mundial provocada pela crise do petróleo em 1973, não era mais possível impor preços ao mercado e transferir os custos ao consumidor (SHINGO, 1996a; SHINGO, 1996b; OHNO, 1997). Ghinato (1996) ressalta que as empresas transferiam para os clientes finais os custos adicionais muitas vezes decorrentes da ineficiência dos seus processos.

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

Com a crise no mercado os consumidores passaram a escolher o que comprar e determinar o preço de venda, os preços passaram a ser ditados pelo mercado e não mais pelo fabricante, surgindo então a lógica da equação 2.

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

A partir desta lógica, Shingo (1996a) afirma que a principal forma de aumentar o lucro e manter-se competitivo no mercado é por meio da redução dos custos e, para se alcançar a redução dos custos, é necessária a eliminação total dos desperdícios (perdas) do sistema.

2.1.1.3. Os 7 Desperdícios

Ohno (1997) classifica como “desperdício” todos os elementos da produção que aumentam os custos sem agregar valor, como por exemplo, excesso de pessoas, de estoque e de equipamento.

Segundo Shingo (1996a), Ohno durante o desenvolvimento do STP, ao comparar o custo por hora da mão-de-obra e da máquina, percebeu que a proporção era de 5:1, portanto, sua preocupação central era com a mínima utilização da força de trabalho devido a essa diferença relevante. Para Antunes (1998), Ohno buscou especificamente compreender o movimento realizado pelos trabalhadores dentro das unidades de produção e, a partir das suas observações, Ohno dividiu o movimento dos trabalhadores em três partes, conforme podemos observar na Figura 6.

Figura 6 – Roteiro de Produção



Fonte: Ohno (1997 p. 74)

Onde:

- Trabalho líquido ou trabalho com valor adicionado (ou ainda atividade que agrega valor – AV) – É o trabalho de transformação, referente ao processamento das matérias-primas em produto;
- Trabalho sem valor adicionado – trabalho que não adiciona valor, porém dá suporte à execução do trabalho líquido (ANTUNES, 1998);
- Desperdícios (Perdas. Ou ainda atividade que não agregam valor – NAV) - atividades que geram custo e não adicionam nenhum valor ao produto.

Ohno (1997) e Shingo (1996a) classificaram como sete os grandes desperdícios (perdas) a serem perseguidos obstinadamente na lógica do STP: superprodução, transporte, processamento em si, fabricação de produtos defeituosos, estoque, movimentação e espera.

- a) Superprodução: Segundo Ohno (1997) a superprodução é o pior inimigo, porque "ajuda a esconder" os demais desperdícios. Shingo (1996a) propõe que existem duas naturezas distintas da superprodução:
 - a superprodução no sentido da produção de itens acima da quantidade necessária (superprodução quantitativa);
 - a superprodução no sentido de produzir antes (ou mais rápido) do que as etapas subsequentes da produção e do consumo necessitam, tanto interna como externamente (superprodução por antecipação);
- b) Transporte: Todas as atividades de movimentação desnecessária de peças e materiais dentro do processo produtivo que geram custo e não adicionam valor ao produto/serviço final;
- c) Processamento em si: Decorrentes de atividades de processamento desnecessárias para que o produto adquira suas características básicas requeridas, ou seja, atividades que não adicionam nenhuma característica relevante ao produto/serviço na visão do cliente, segundo Ghinato (2000);
- d) Fabricação de produtos defeituosos: Consiste na fabricação de produtos, peças ou componentes que não atendam às especificações de qualidade requeridas, gerando a necessidade de reprocessamento ou o descarte do material defeituoso;
- e) Estoque: Indica a existência desnecessária de estoques elevados de matérias-primas, material em processo e produto acabado gerando aumento dos custos;
- f) Movimentação: Este desperdício está diretamente associado aos movimentos que os trabalhadores realizam durante a execução das operações principais de transformação que não seja para agregar valor ao produto/serviço;
- g) Espera: Decorrente do período de tempo onde nenhum processo ou operação está sendo executado, gerando ociosidade nos trabalhadores e nas máquinas, embora seus custos horários continuem sendo despendidos.

Antunes (1998) acrescenta que esses sete desperdícios (perdas) podem ser melhor visualizados e compreendidos a partir do MFP, explorado na sessão 2.1.1.1, onde os cinco primeiros desperdícios estão relacionados à função processo, uma vez que visam racionalizar o fluxo do objeto de trabalho no tempo e no espaço. E os outros dois últimos – movimentação e espera - relacionam-se diretamente com a função operação, uma vez que estão focadas na análise do sujeito do trabalho (pessoas e equipamentos).

2.1.2 Lean Thinking

O sistema de produção que a Toyota desenvolveu começou a ganhar notoriedade a partir da crise do petróleo em 1973, devido a sua rápida recuperação em comparação às indústrias europeias e americanas, evidenciando sua a competitividade frente a estes mercados (GHINATO, 1996).

A partir de 1985, Jim Womack, Daniel Jones e Daniel Roos, grupo de estudiosos do IMPV (International Motor Vehicle Program – Programa Internacional de Veículos Automotores), associados com Massachusetts Institute of Technology (MIT) conduziram um estudo de imersão nas principais montadoras com o objetivo de explorar as diferenças entre a produção em massa e a produção enxuta. O estudo deu origem ao livro “A Máquina que mudou o mundo” lançado nos EUA em 1990, onde os autores revelaram o revolucionário sistema de produção e de negócios desenvolvido pela Toyota; e onde o termo “Lean” ou “Pensamento Enxuto” em português surgiu (WOMACK et al., 2004).

Embora revelasse o STP, o livro não oferecia uma orientação prática de como as manufaturas com o sistema em massa tradicional deveriam proceder para se tornar “Lean”. Assim, em 1996 Womack e Jones lançaram um novo livro “Lean Thinking” (A Mentalidade Enxuta nas Empresas) para apresentar os princípios do Lean Thinking cuja implementação norteia as empresas rumo à eliminação dos desperdícios e ao alcance dos seus objetivos de desempenho.

De acordo com Womack e Jones (2004), o pensamento enxuto propõe que é preciso especificar o valor, alinhar o processo na melhor sequência das atividades que criam valor, realizar as atividades sem interrupção do processo, garantindo o fluxo contínuo, e toda vez que alguém as solicita e promover a melhoria contínua,

buscando a perfeição. Desta forma, os autores definiram cinco etapas, classificadas com os cinco princípios do pensamento enxuto (WOMACK; JONES, 2004):

- a) Valor: deve ser definido pela perspectiva do cliente, existindo quando o serviço e/ou produto vai de encontro às suas necessidades e está disposto a pagar;
- b) Fluxo de Valor: implica em enxergar todas as etapas e processos necessários para produzir o produto e/ou serviço, com o objetivo de identificar as ações que agregam valor; as que não agregam valor, mas são necessárias para a produção; e as ações que não agregam valor e são puramente desperdícios;
- c) Fluxo Contínuo: após a definição do valor e o mapeamento do processo gerador desse valor, é preciso criar um fluxo de produção contínuo sem interrupções, fazendo, desse modo, o valor fluir (SHINGO, 1996b);
- d) Produção Puxada: ao se atingir o fluxo contínuo do processo, se obtém a redução do lead time e tempo de resposta às necessidades dos clientes, o que possibilita a criação do processo puxado pelo cliente, ou seja, a organização passa a decidir o que e o quanto produzir tendo em conta a procura do cliente (WOMACK; JONES, 2004);
- e) Perfeição: à medida que os princípios anteriores são alcançados, é possível perceber a necessidade da manutenção dos resultados obtidos, por meio de esforço diário para manter os níveis de excelência e continuamente eliminar desperdícios que possam aparecer.

2.1.2.1 Mapa do Fluxo de Valor

Segundo Liker e Meier (2007), a Operations Management Consulting Division (OMCD) da Toyota, divisão organizada por Ohno para conduzir e ensinar na prática o STP, desenvolveu o “diagrama de fluxo de materiais e de informações” para retirar a visão de processos individuais e representar o fluxo necessário para fornecer aos clientes o que eles queriam, na quantidade que desejavam e quando necessitavam.

Apesar da ferramenta ter sido desenvolvida na década de 80, ela era desconhecida do público fora da Toyota até o final dos anos 90 quando foi difundida por Rother e Shook (2003) em seu livro “Aprendendo a Enxergar: Mapeando o fluxo

de Valor para agregar valor e eliminar desperdício”, inscrito a pedido de Womack e Jones (WOMACK E JONES, 2003).

Conforme descrito na sessão 2.1.2, ao identificar o valor especificado pelo cliente, o próximo passo é enxergar como o valor é criado ao longo do processo de transformação do produto/serviço. No entanto, Womack e Jones perceberam que as empresas estavam buscando massivamente a eliminação dos desperdícios em ações isoladas, esquecendo a etapa de Mapear o Fluxo completo de Valor para enxergar o todo, portanto era preciso disponibilizar uma ferramenta para auxiliar as empresas na eliminação dos desperdícios e alcance da redução de custos (WOMACK E JONES, 2003).

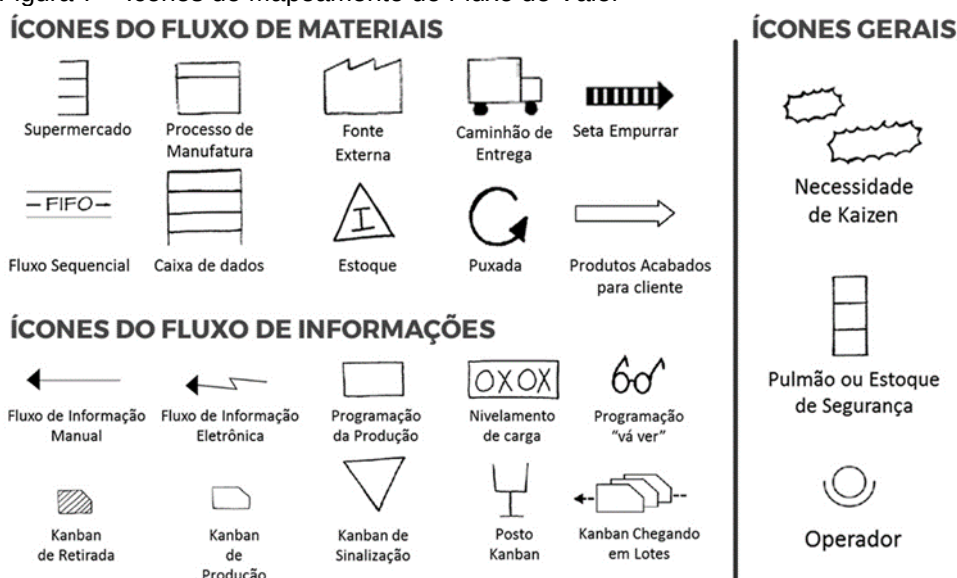
Segundo Ferro (2003), o MFV é uma ferramenta que permite às empresas direcionar as melhorias que efetivamente contribuem para o incremento do seu desempenho, sem focar em melhorias pontuais. Ghinato (2000) afirma que na Toyota a redução dos custos, por meio da eliminação dos desperdícios, passa por uma análise detalhada da cadeia de valor, isto é, a sequência de processos pelo qual o material passa, desde o estágio de matéria-prima até ser transformado em produto acabado.

Sendo “Fluxo de Valor” toda ação necessária para transformar o produto/serviço, que agrega ou não valor, desde a matéria-prima até o cliente final (consumidor), mapear esse fluxo significa entender como o material e a informação fluem ao longo de todas as etapas do processo de transformação (estado atual); localizar os desperdícios e suas respectivas fontes; e definir e implementar as ações necessárias para o alcance de um fluxo enxuto (estado futuro) (ROTHER E SHOOK, 2003). Segundo os autores, o resultado alcançado no processo é a redução do lead time, com o processo puxador operando de forma consistente de acordo com o takt time (demanda do cliente), com uma resposta rápida a problemas e às variações do mercado e, conseqüentemente, a redução dos estoques de produto acabado.

Segundo Patil, Pisal, Suryavanshi (2021) os objetivos do MFV são observar o fluxo do material em tempo real desde o cliente final até a matéria-prima; e visualizar os desperdícios no processo. Os autores afirmam ainda que a utilização de símbolos (ícones, conforme Figura 7) para representar o processo de forma visual e clara estimula a percepção da direção rumo ao fluxo enxuto. Vieira e Weiss (2021) acrescentam que a compreensão global do fluxo dos materiais e das informações contribui para estimular o relacionamento entre as pessoas, o aprendizado, a

curiosidade e a proatividade, incentivando definição das ações para redução de desperdícios. Para Gartner e Medeiros (2022), quando na implementação do MFV estado futuro, há oportunidade de viabilizar e facilitar a avaliação da redução de custo para as organizações.

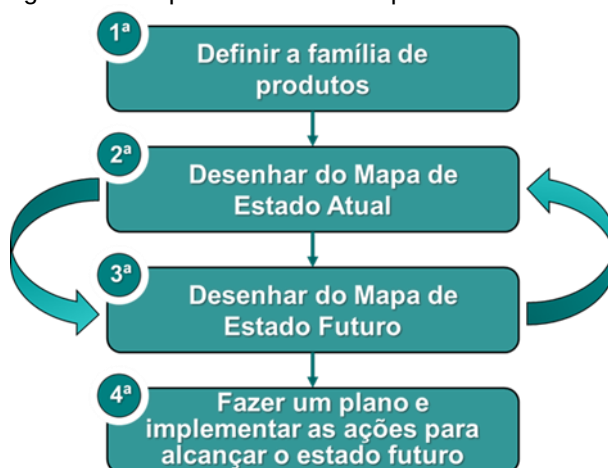
Figura 7 – Ícones do Mapeamento do Fluxo de Valor



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003; apêndices)

Para a construção e implementação do MFV, Rother e Shook (2003) elencaram quatro passos que devem ser seguidos, conforme ilustrado na Figura 8. Podemos notar que as setas entre as etapas 2 e 4 têm duplo sentido, indicando que, durante a execução do estado atual, ideias sobre o estado futuro poderão surgir; da mesma forma, ao projetar o estado futuro, informações sobre o estado atual que não haviam sido percebidas, irão aparecer.

Figura 8 – Etapas básicas do mapeamento do fluxo de valor.

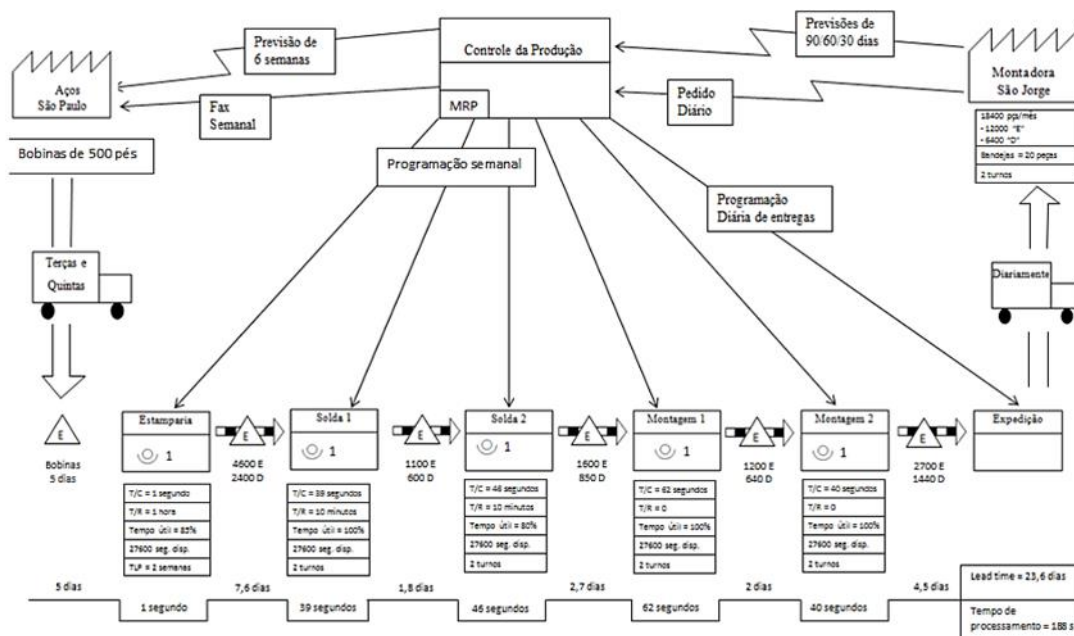


Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003)

- a) Passo 1 - Selecionar a família de produtos. Uma família é um grupo de produtos cujas etapas de transformação ao longo do fluxo são similares, inclusive utilizam equipamentos comuns;
- b) Passo 2 - Desenhar o mapa de estado atual. Tem o objetivo de elucidar a situação atual e destacar as fontes de desperdícios da produção, por meio de elementos gráficos e ícones (Figura 6) que representam os processos e suas métricas, os fluxos de materiais e informações (ROTHER; SHOOK, 2003). Cada organização possui um conjunto de dados (métricas) de seu processo, que varia de acordo com o produto ou do objetivo da análise. Ao mapear o fluxo de valor é preciso coletar as métricas reais, ou seja, é recomendado realizar as medições do processo e não se basear em dados padrão (ROTHER; SHOOK, 2003). As métricas mais comumente utilizadas são:
 - Tempo de ciclo (T/C): Tempo de produção de uma peça;
 - Tempo de troca (TR): Tempo de duração do setup;
 - Disponibilidade (D): Tempo em que a máquina está disponível para a produção;
 - Lead Time: Período de tempo entre o momento em que o cliente efetua o pedido e o momento em que este recebe produto;
 - Número de operadores;
 - Taxa de refugo.

A Figura 9 ilustra o mapa de fluxo de valor atual da Estamparia ABC, caso genérico apresentado por Rother e Shook (2003) em seu livro:

Figura 9 – Mapa do fluxo Atual da Estamparia ABC.



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003; p. 29)

c) Passo 3 - Desenhar o mapa de estado futuro. Elaborado o mapa do estado atual do processo, o time multifuncional deve analisá-lo em busca da eliminação de desperdícios e identificação das oportunidades de melhoria. Para apoiar na construção o mapa do estado futuro, Rother e Shook (2003, p. 58) apresentam as diretrizes necessárias em uma sequência de questões-chave, que devem ser analisadas registrando as ideias diretamente no mapa do estado atual:

- Qual é o *takt time* da família de produtos? Calculado conforme a equação abaixo:

$$\text{Takt time} = \text{Tempo de trabalho disponível} / \text{Demanda do cliente} \quad (3)$$

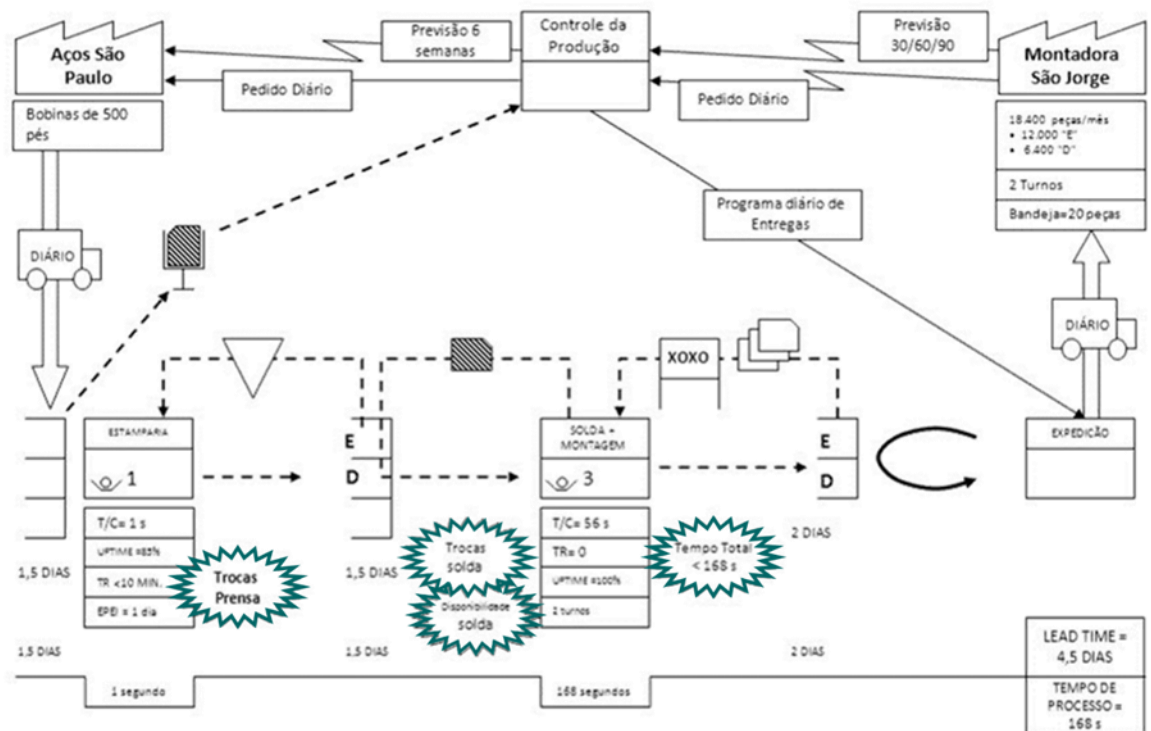
Este número representa o ritmo de produção para atender à demanda do cliente;

- A produção será realizada para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para expedição?

- Onde é possível implementar o fluxo contínuo? Ou seja, onde é possível eliminar a interrupção do processo, identificado por meio de estoques entre as etapas;
- Onde será necessária a utilização de supermercados de produção para introduzir o sistema puxado?
- Em que ponto da cadeia produtiva será programado a produção (processo puxador)?
- Como o mix de produção será nivelado no processo puxador?
- Quais quantidades de incremento de trabalho serão liberadas, e com qual frequência no processo puxador?
- Quais melhorias serão necessárias para que os processos se comportem como o projetado do estado futuro?

Após identificar as melhorias seguindo as questões-chave, o MFV do estado futuro deve ser projetado, originando o novo cenário. A Figura 10 representa o mapa do estado futuro projetado para a Estamparia ABC.

Figura 10 – Mapa do fluxo Atual da Estamparia ABC.



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003; p. 79)

- d) Passo 4 - Planejar e implementar o plano de ação. O estado futuro projetado só será alcançado após a definição das contramedidas e implementação das ações propostas. Por isso, é preciso definir um plano de atividades que garanta o cumprimento dos objetivos definidos. Entretanto, quando este estado futuro se tornar realidade e o processo estiver estabilizado, este torna-se um mapa do estado atual, no qual deverá novamente ser desenhado, formando um ciclo de melhoria contínua no nível de fluxo de valor.

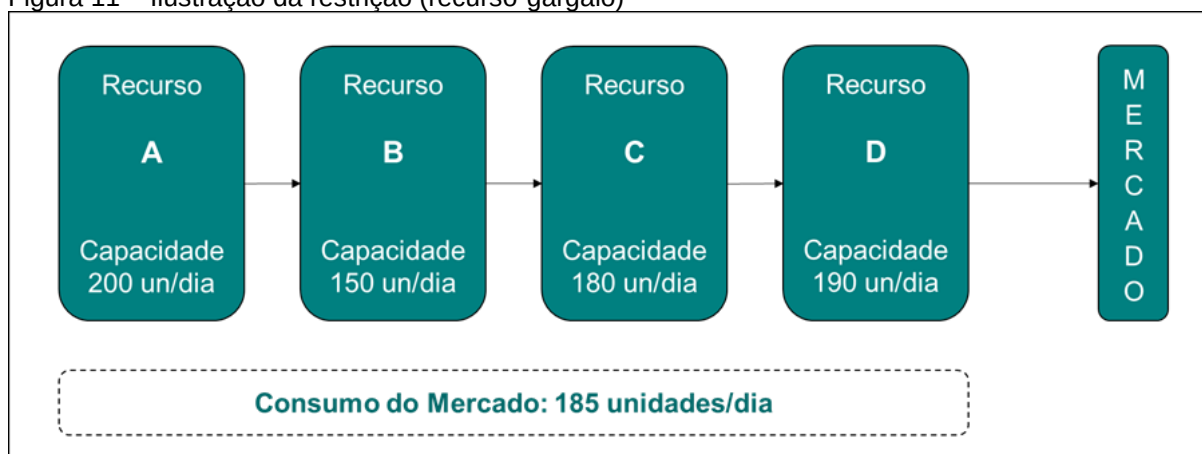
2.1.3 Teoria das Restrições

A Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* - TOC), é uma metodologia de gestão baseada no pensamento sistêmico (Boyd e Gupta, 2004). Noreen, Smith e Mackey (1996) sustentam que, como um sistema tangível, a cadeia de processos deve possuir ao menos uma restrição, caso contrário, a capacidade produtiva e o ganho obtido com este sistema, seriam infinitos.

Segundo Gupta, Bhardwaj e Kanda (2010), restrição é qualquer coisa que limita o Sistema de atingir um maior desempenho face ao seu objetivo. Para Goldratt (1991), restrição representa os elementos internos ou externos que limitam um melhor desempenho do sistema, como o elo mais fraco de uma corrente, impedindo a organização de alcançar a sua meta, que é ganhar dinheiro hoje e no futuro. Watson et al. (2007) acrescentam que as restrições podem assumir uma das três formas: i) restrições físicas, apresentam-se quando a capacidade de algum recurso é inferior à demanda do mercado; ii) restrições de mercado, caracteriza-se quando a demanda do mercado é menor que a capacidade de recursos da empresa, restringindo a capacidade produtiva; e iii) restrições políticas, quando regras formais ou informais limitam a capacidade produtiva do sistema.

Na Figura 11, é ilustrado um sistema com restrição de capacidade (Física).

Figura 11 – Ilustração da restrição (recurso-gargalo)



Fonte: Adaptado Cia (1998)

Observando esta Figura, nota-se que o recurso B representa a restrição desse sistema, uma vez que limita a capacidade de toda a linha produtiva em 150 unidades diárias, abaixo da demanda diária do mercado de 185 unidades. Entretanto, caso o recurso B possuísse uma capacidade maior que a demanda diária, o recurso C seria a nova restrição desse sistema, uma vez que sua capacidade diária também é inferior à demanda do mercado.

Para Antunes (1998) há a necessidade de distinguir as restrições físicas em dois grupos: os Gargalos, que são os recursos que restringem a capacidade produtiva; e os Recursos com Restrição de Capacidade (RRC), que são os recursos cuja capacidade é superior à demanda, porém podem-se tornar gargalos restringindo o fluxo temporariamente devido uma gestão inadequada. Os RRCs surgem devido às variabilidades do sistema produtivo, que geralmente são problemas relacionados a uma programação incorreta da produção, quebra imprevista do equipamento (manutenção), tempos de setup acima dos programados, atraso no fornecimento de matérias-primas e insumos, qualidade de produtos, variabilidade e sazonalidades da demanda (ANTUNES et al, 2008).

A TOC evoluiu a partir do software de programação otimizado de produção (Optimized Production Technology - OPT), até a um conjunto integrado de ferramentas de gestão que pode ser entendido, de acordo com Antunes (1998), Cox e Spencer (2002), Simatupang et al. (1997) e Tsou (2013), a partir dos três componentes a seguir:

- a) uma abordagem logística e operacional para identificar e eliminar restrições, que envolve os seguintes métodos: cinco etapas focadas na melhoria de processos,

programação da produção via Tambor-Pulmão-Corda (TPC) e análise dos sistemas de produção pela lógica V-A-T (UMBLE e UMBLE, 1999);

- b) um processo de pensamento orientado para analisar e resolver problemas, que envolve as seguintes ferramentas: árvore da realidade atual, método de evaporação da nuvem, árvore da realidade futura, árvore de pré-requisitos e árvore de transição; e
- c) um sistema de indicadores para medir o desempenho e orientar as decisões de gestão que contempla: a definição de ganhos, estoques e despesas operacionais; definição do mix de produtos a ser produzido para maximizar os resultados; e a lógica de ganhos por dia e estoques por dia.

2.1.3.1 As Cinco etapas de Melhoria de Processo

A partir da premissa de que a empresa opera com algum tipo de restrição, Goldratt (1992) criou um processo de tomada de decisão empresarial, a fim de gerenciar as restrições físicas. O processo contém cinco passos lógicos para serem usados como ferramenta de melhoria contínua, conduzindo os esforços sempre em direção ao desempenho global do sistema, e apresenta-se da seguinte maneira:

- a) Passo 1 - Identificar as restrições do sistema: nessa primeira etapa, faz-se necessário identificar as possíveis restrições que impedem a empresa de atingir a sua meta (PERGHER, RODRIGUES e LACERDA, 2011);
- b) Passo 2 - Decidir como explorar a restrição do sistema: explorar a restrição significa identificar a melhor maneira de aproveitá-la dentro dos limites e dos recursos atuais do sistema (COGAN, 2007);
- c) Passo 3 - Subordinar qualquer outra coisa à decisão anterior: segundo Mabin e Balderstone (2003), os recursos não gargalos devem trabalhar de forma sincronizada com a restrição identificada no primeiro passo;
- d) Passo 4 - Elevar a restrição do sistema: Nesta etapa, é necessário concentrar esforços para aumentar a capacidade de geração de saída da restrição (PERGHER, RODRIGUES e LACERDA, 2011);
- e) Passo 5 - Se nos passos anteriores uma restrição for quebrada, volte ao passo 1, mas não deixe que a inércia se torne uma restrição do sistema: PERGHER, RODRIGUES e LACERDA (2011) reforçam a importância de reavaliar todo

sistema, quando ocorre o aumento da capacidade da restrição, visto que outro recurso pode aparecer como a nova restrição do sistema.

2.1.3.2 Medidas de Desempenhos

O sistema de indicadores de desempenho, desenvolvido por Goldratt (1991) tem como objetivo avaliar se a empresa está caminhando em direção à sua meta e o impacto das ações gerenciais. Kendall (2007) propõe que os indicadores estão divididos em dois níveis: i) Indicadores Globais e ii) Indicadores Locais ou Operacionais.

Os indicadores Globais de acordo com Corbett Neto (1997), são:

- a) Lucro Líquido (LL) - é uma medida absoluta importante para uma primeira análise sobre a quantidade de dinheiro que a empresa foi capaz de ganhar. É representado pela equação:

$$LL = G - DO \quad (4)$$

Onde:

(G) = Ganho

(DO) = Despesa Operacional

- b) Retorno sobre o investimento (RSI) - é uma medida relativa que relaciona o lucro com o valor investido. É representado pela equação abaixo:

$$RSI = LL / I \quad (5)$$

Onde:

(I) = Inventário ou Investimento

- c) Fluxo de caixa (FC) – é uma medida necessária para a sobrevivência da empresa. Goldratt (2002) afirma: “se você tem Caixa, Caixa não é importante; se você não tem Caixa, Caixa é o mais importante”.

Goldratt e Cox (2002) salientam que os indicadores globais não são a melhor maneira de mensurar o desempenho operacional, pois não dimensionam o impacto de uma decisão local no desempenho global. Para acompanhar o desempenho da empresa no seu dia-a-dia é necessário criar uma conexão direta entre cada ação tomada dentro da fábrica e as três medidas financeiras.

Para Goldratt, os gestores das empresas devem responder a três perguntas:

- Quanto a empresa gera de dinheiro?
- Quanto de dinheiro é capturado pela empresa?
- E quanto de dinheiro tem que gastar para operá-la?

Para responder a estas três perguntas e para conectar as ações tomadas dentro da fábrica às medidas financeiras listadas anteriormente, Goldratt definiu os três indicadores Locais ou Operacionais (CORBETT NETO, 1997):

- a) Ganho (G) – índice pelo qual a empresa gera dinheiro por meio das vendas (GOLDRATT & COX 1996). Para Guerreiro (1996, p.19), Ganho “é o preço de venda menos o montante de valores pagos a fornecedores pelos itens relacionados com os produtos vendidos, não importando quando foram comprados”. Para Corbett (2005, p. 42), “O ganho tem dois lados, o da receita e o dos Custos Totalmente Variáveis (CTV). O uso dos termos ‘custo’ e ‘variável’ pode levar-nos a fazer confusão com as medidas da Contabilidade de Custos. O fundamental aqui, para dirimir qualquer dúvida, é a palavra ‘totalmente’. Totalmente variável em relação às unidades vendidas, isto é, um CTV é aquele montante despendido quando um produto a mais é vendido. O exemplo mais claro de CTV são os custos de matéria-prima”.

Corbett (2005) apresenta as equações utilizadas para entender e calcular o Ganho:

$$Gui = Pvi - CTVi \quad (6)$$

Onde:

(Gui) = Ganho unitário do produto i. Demonstra o quanto cada unidade produto i contribui para o ganho na empresa;

(Pvi) = Preço de venda unitário do produto i;

(CTVi) = Custo Totalmente Variável, que corresponde ao montante que varia para cada adição de uma unidade nas vendas do produto i. De acordo com

Noreen, Smith e Mackey (1996), o exemplo mais claro de CTV refere-se ao gasto com matéria-prima.

$$GT_{pi} = G_{ui} \times q_i \quad (7)$$

Onde:

(GT_{pi}) = Ganho Total (global) do produto i. Indica a contribuição de cada produto i no ganho total (global) da empresa;

(G_{ui}) = Ganho unitário do produto i. Demonstra o quanto cada unidade produto i contribui para o ganho na empresa;

(q_i) = Quantidade vendida do produto i no período.

$$GTe = \sum_{i=1}^n GT_{pi} \quad (8)$$

Onde:

(GTe) = Ganho Total da empresa. Indica quanto de dinheiro entrará na empresa;

(GT_{pi}) = Ganho Total (global) do produto i. Indica a contribuição de cada produto i no ganho total (global) da empresa.

b) Investimento ou Inventário (I) – todo o dinheiro que o sistema investe na compra de coisas que pretender vender, portanto o produto produzido e não vendido irá aumentar o inventário. Considera-se também nessa medida os ativos necessários para operar o sistema. O Inventário na TOC é dividido em duas categorias (CORBETT, 1997):

- Matérias-Primas, Estoques de Produto em Processo (Work In Process - WIP) e Produtos Acabados;
- Outros ativos, referente aos equipamentos (Custos Fixos) necessários para a efetivação da produção.

Na TOC, o valor agregado pelo próprio sistema não é somado ao Inventário, nem mesmo a Mão-de-Obra Direta é inclusa, sendo considerado somente o valor pago aos fornecedores pelos materiais (ALEIXO; SEGRETI, 2004). Isto ocorre porque o único momento em que se agrega valor à empresa é no momento da Venda. Corbett (2005) afirma que o valor que se atribui ao

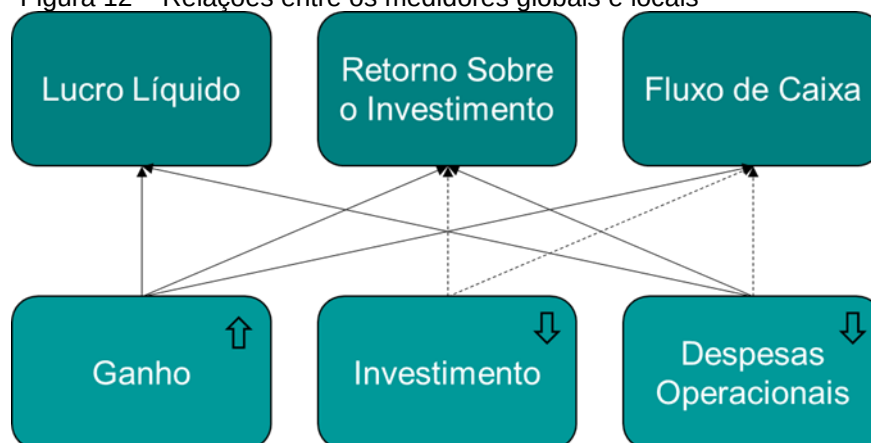
estoque WIP e ao estoque de produto acabado é igual ao seu CTV, e que será deduzido da receita para a apuração do Ganho apenas no momento da venda. Um dos objetivos é eliminar a geração de “lucros aparentes”, ocasionada pelo processo de alocação de custos.

c) Despesas operacionais (DO) – é todo o dinheiro desembolsado para transformar Investimento em Ganho (GOLDRATT & COX, 1996). Trata-se de todos os gastos necessários para a empresa funcionar e manter a sua capacidade instalada, como salários, (tanto dos funcionários envolvidos diretamente na produção quanto em funções administrativas), aluguéis, energia elétrica, água, encargos, depreciações, etc. (GUERREIRO, 1996). Na TOC, as despesas operacionais não são classificadas como fixas, variáveis, diretas ou indiretas. Como “Despesa Operacional”, classificam-se, simplesmente, os gastos que não são totalmente variáveis com a produção – como a matéria-prima. O fato de a DO não variar de acordo com o volume da produção ou de vendas não significa que ela seja sempre fixa, uma vez que pode variar com o tempo ou em consequência de alguma decisão onde algum aspecto do processo produtivo seja alterado. Corbett Neto (2005, p. 44) conclui que “[...] quando vamos tomar uma decisão na TOC, precisamos medir o impacto dessa decisão nas três medidas (G, I e DO); é nessa hora que analisamos se a DO vai variar ou não, sempre caso a caso”.

Para Corbett (1996) os três indicadores Locais ou Operacionais [G, I, DO] permitem identificar o impacto de uma decisão local no objetivo global da empresa, ao fazer uma ponte com medidas de desempenho Global - o Lucro Líquido (LL) e o Retorno sobre Investimento (RSI), além de estabelecer uma relação mais direta com o Fluxo de Caixa (FC), como podemos evidenciar por meio das equações (4) e (5).

Qualquer decisão que impacte positivamente no RSI é uma decisão que leva a empresa na direção à sua meta. Por isso, o ideal é uma decisão que aumente o Ganho e diminua o Inventário e a Despesa Operacional. A Figura 12 representa as relações entre os indicadores globais e locais (RODRIGUES, 1990).

Figura 12 – Relações entre os medidores globais e locais



Fonte: Rodrigues (1990. p.8)

Para Lutisky et al. (2018) a aplicação da TOC à contabilidade gerencial é rotulada como Contabilidade de Rendimento (Throughput Accounting), cujo objetivo é fornecer aos gestores o apoio na tomada de decisões visando o aumento da lucratividade da empresa. A determinação do impacto financeiro de uma decisão gerencial e as ações específicas no resultado global podem ser analisadas, segundo o método concebido por Corbett (1997) e adaptado por Cia (1998) e Siqueira e Pamplona (2007), é de acordo com a elaboração de quatro planilhas:

- a) Classificação Estratégica dos Produtos: Consiste em organizar os produtos por ordem decrescente de ganho unitário por unidade de recursos escassos conforme apresentado na Tabela 1;

Tabela 1 – Determinação da Classificação Estratégica

A	B	C	D (B – C)	E	F (D/E)	G
PRODUTO	PREÇO	CTV	GANHO UNITÁRIO (Gu)	TEMPO NO RRC	GANHO/TEMPO NO RRC	CLASSIFICAÇÃO ESTRATÉGICA

Fonte: Adaptado de Corbett (1997, p.56), Siqueira e Pamplona (2007) e Cia (1998)

Onde:

Produto: Identificação de cada produto;

Preço: Valor de venda;

CTV: Custo totalmente variável do produto;

Ganho Unitário (Gu): Subtração do preço de venda pelo CTV;

Tempo no RRC: quanto tempo cada produto consome do gargalo, o qual deve ser utilizado com única medida de tempo (horas, minutos ou segundos);

Ganho unitário/tempo no RRC: indica quanto dinheiro a empresa recebe para cada unidade de tempo em que o gargalo se ocupa daquele produto;

Classificação Estratégica: indica, em ordem decrescente, os produtos que possuem maior ganho por unidade de tempo no RRC.

- b) Utilização do Gargalo por Grau de Prioridade: tem como objetivo fornecer o conhecimento se a empresa analisada possui capacidade necessária para atender toda demanda de mercado priorizando os produtos mais rentáveis, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Utilização do Gargalo por Grau de Prioridade

A	H	I (H x E)	J (I/Cap. RRC)	K
PRODUTO	DEMANDA	TEMPO TOTAL NO RRC	UTILIZAÇÃO DO RRC	UTILIZAÇÃO ACUMULADA DO RRC

Fonte: Adaptado de Corbett (1997, p.56), Siqueira e Pamplona (2007) e Cia (1998)

Onde:

Produto: identificação de cada produto, classificados pela rentabilidade;

Demanda: quantidade de vendas estimadas;

Tempo total no RRC: quantidade de vendas estimadas multiplicadas pelo tempo unitário no RRC (E);

Utilização do RRC (%): divisão do tempo de ocupação da restrição pela disponibilidade total da restrição;

Utilização Acumulada do RRC: soma das porcentagens da ocupação da restrição pelos diferentes produtos ordenados pelo critério de rentabilidade. Evidencia a porcentagem que precisa ser utilizada para produzir e atender a demanda.

- c) Despesa Operacional: Consiste na coleta dos dados demonstrativos de todas as despesas operacionais da empresa para o período analisado, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Despesa operacional do período

ITEM	R\$
Salários e encargos	
Luz	
Aluguel	
Depreciação	
Outros	
...	
...	
TOTAL	

Fonte: Adaptado de Corbett (1997, p.56), Siqueira e Pamplona (2007) e Cia (1998)

- d) Cálculo do Resultado Final: apresenta o cálculo do lucro máximo da empresa, a partir de um mix de produção, com respeito à capacidade do recurso com restrição, onde também poderá se obter o RSI, conforme apresentado a Tabela 4.

Tabela 4 – Cálculo do Resultado Final

A	L	D	M (D x L)
PRODUTO	MIX DE LUCRO MÁXIMO	GANHO UNITÁRIO	GANHO POR PRODUTO
		(=) GANHO TOTAL	
		(-) DESPESA OPERACIONAL	
		(=) LUCRO LÍQUIDO	
		INVESTIMENTOS	
		RSI	

Fonte: Adaptado de Corbett (1997, p.56), Siqueira e Pamplona (2007) e Cia (1998)

Onde:

Mix de Lucro Máximo: quantidade de vendas estimadas de acordo com a capacidade do RRC;

Ganho por Produto: ganho unitário multiplicado pela quantidade de vendas estimadas conforme a capacidade do RRC (Mix de Lucro Máximo);

Ganho total: soma de todos os Ganhos por Produtos;

Lucro Líquido: medida absoluta de lucratividade para avaliação do nível de geração de dinheiro pela empresa, obtida pela diferença entre o ganho e os custos e as despesas operacionais (CIA,1998);

RSI: medida relativa de lucratividade do modelo é resultante da divisão entre o Lucro Líquido e o valor do investimento realizado pela empresa (CIA, 1998).

2.2 REVISÃO DA LITERATURA (ESTADO DA ARTE)

Nesta seção foi estruturada a revisão da literatura com o objetivo de apresentar o mapeamento das recentes contribuições de pesquisas sobre o uso do MFV associado aos indicadores de desempenho financeiro da TOC, denominado *Throughput accounting*.

A pesquisa foi conduzida em cinco etapas: (i) definição das palavras-chave; (ii) definição das bases de dados e período da pesquisa; (iii) pesquisa de artigos em bases de dados; (iv) revisão do texto dos artigos selecionados; e (v) discussão e conclusão.

Para abranger as pesquisas relacionadas ao tema, foram definidas como palavras-chave: “*Value Stream Mapping*” e suas variáveis “VSM” e “*Value Stream Map*”; e “*Throughput accounting*”. A escolha das bases no Portal de Periódicos da Capes utilizou-se dos critérios de relevância no meio da Engenharia de Produção apresentados por Sales et al (2018), sendo definidas as bases Web of Science, SCOPUS (Elsevier), Science Direct (Elsevier), Emerald Insight e Scielo.

Foram considerados os artigos publicados nos últimos dez anos, no período entre 2011 e 2021, de acordo com a disponibilidade de cada banco de dados. Após definidas as palavras-chave e o período da pesquisa, usou-se os conectores booleanos, e a aplicação da lógica para o refinamento nos resultados obtidos em cada base. A pesquisa foi restrita a documentos do tipo artigo, e a estratégia aplicada foi utilizar os conectores “E” – “AND”, de modo a vincular uma palavra-chave à outra, para que retorne apenas artigos cujo Título ou Resumo possuísem as palavras em questão. Por fim, a pesquisadora realizou a leitura e classificação dos artigos para a compreensão da contribuição dos autores no tema da pesquisa.

Embora haja estudos acerca do Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*, VSM e *Value Stream Map*) e da Contabilidade de Ganho (*Throughput accounting*), a pesquisa nas bases relacionando as duas palavras-

chave não trouxe resultados, indicando que não há estudos referente à utilização dos dois métodos em conjunto, conforme os critérios preestabelecidos. Desta forma, para entender o direcionamento das pesquisas nos campos das metodologias Sistema Toyota de Produção, Lean Manufacturing e Teoria das Restrições, foram incluídas as palavras-chave “Toyota Production System” e sua variável “TPS”; “Lean Manufacturing”; e “Theory of Constraints” e sua variável “TOC”. A Tabela 5 mostra o resultado quantitativo consolidado de todas as bases.

Tabela 5 – Resultado quantitativo pesquisa nas bases Web of Science, SCOPUS (Elsevier), Science Direct (Elsevier), Emerald Insight e Scielo no período entre 2011 a 2021.

	Value Stream Mapping	Throughput accounting	Theory of Constraints	Lean Manufacturing	Toyota production system
Value Stream Mapping or VSM or Value Stream Map	1656	0	15	622	24
Throughput accounting		53	23	0	0
Theory of Constraints or TOC			704	64	10
Lean Manufacturing				3437	138
Toyota production system or TPS					1049

Fonte: Esta pesquisa (2022).

É possível observar na Tabela 5 que não foram identificados artigos onde os estudos relacionam as palavras-chave “*Throughput Accounting*” com o “*Toyota Production System*” ou “TPS”; e “*Throughput Accounting*” com o “*Lean Manufacturing*”. No entanto foram identificados 15 artigos cujos estudos relacionam as palavras-chave “*Value Stream Mapping*” e suas variáveis e “*Theory of Constraints*”; 64 artigos cujos estudos relacionam as palavras-chave “*Theory of Constraints*” e “*Lean Manufacturing*”; e 10 artigos cujos estudos relacionam as palavras-chave “*Theory of Constraints*” e “*Toyota Production System*” ou “TPS”.

Os artigos foram lidos, selecionados os que fazem o uso da relação entre as duas palavras-chave e excluídos os artigos repetidos, os que tinham como objetivo a comparação entre metodologias e os de revisão de literatura. A Tabela 6 apresenta uma síntese gerada a partir da revisão dos textos.

Tabela 6 – Resultado qualitativo a partir da revisão dos artigos.

Continua

Autor(es)	Título do Artigo	Objetivo da pesquisa
Librelato, Tatiane Pereira; Lacerda, Daniel Pacheco; Rodrigues, Luís Henrique; Veit, Douglas Rafael (2014)	A process improvement approach based on the value stream mapping and the theory of constraints thinking process	Apresentar um caso de integração entre a modelagem de processos utilizando o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) e o Processo de Pensamento da Teoria das Restrições (TP-TOC) através da análise dos processos produtivos de uma organização. Ao integrar o VSM com a Árvore da Realidade Atual (ARA) foi possível verificar oportunidades de melhoria identificando as perdas e as causas básicas que sustentam os efeitos indesejados nos processos ao mesmo tempo.
Basu, P. and K. Dan, P. (2014)	Capacity augmentation with VSM methodology for lean manufacturing	Potencializar a produção de um set-up fabril em fases, identificando os desperdícios na linha existente e, assim, reduzindo-os. O VSM contribui para identificar oportunidades para eliminar o desperdício e a TOC contribuiu para identificar ou remover restrições de maneira sistemática.
Yumira Wendy Capcha Porta; Pamela Yahaira Diaz Valentin; Fiorella Leticia Soto Marticorena; Pamela Lucia Ricra Huamán (2021)	Process Optimization based on the Theory of Constraints and VSM Applied in a Distribution Company	Identificar o gargalo em uma empresa distribuidora de materiais de construção aplicando a metodologia da Teoria das Restrições e buscar alcançar a máxima eficiência no atendimento aos pedidos usando o VSM como ferramenta visual que permite mostrar o fluxo de informações e materiais no sistema.
Alzubi, E.; Atieh, A.M.; Abu Shgair, K.; Damiani, J.; Sunna, S.; Madi, A (2019)	Hybrid Integrations of Value Stream Mapping, Theory of Constraints and Simulation: Application to Wooden Furniture Industry	Estudar os processos de fabricação em uma empresa fabricante de móveis de madeira que sofre com longos prazos de fabricação e uma linha de produção desequilibrada. Para identificar fontes de desperdícios e atrasos foi implementado um mapeamento do fluxo de valor (VSM) e um modelo de simulação de eventos discretos. A TOC contribuiu na detecção de gargalos que dificultam o rendimento.
Votto, Rodrigo Goulart e Fernandes, Flavio Cesar Faria (2014)	Lean production and theory of constraints: Proposal of a method for joint implementation in the Engineer-to-Order Capital Goods Industry	o objetivo de propor um método de implantação conjunta dos princípios da produção enxuta e da teoria das restrições, com a utilização dos Sistemas de Coordenação de Ordens adequados, para reduzir o lead time de produção e melhorar a pontualidade de entrega.
Chavez, C., Bazan, K., Eyzaguirre, J.C., Ramos, E., Basu, A.N (2020)	The Peruvian furniture industry: An integration model for lean, Six Sigma and theory of constraints	Este artigo apresenta um modelo empírico denominado 6TOC onde as metodologias Lean, TOC e Seis sigma são combinadas. O modelo é baseado nas cinco etapas da TOC utilizando ferramentas Lean para identificar o fluxo de valor nos processos, eliminar atividades não rentáveis e o e Six Sigma para controlar a variabilidade no processo crítico.
Khayrullina, M., Kislitsyna, O., & Chuvaev, A. (2015)	Production systems continuous improvement modelling	Desenvolver uma modelagem de algoritmos para os principais processos, analisando a integração dos fundamentos da Produção Enxuta com a Teoria das Restrições. Foi desenvolvido um conjunto de indicadores que visam reduzir o tempo de produção e os desperdícios; maximizar a satisfação do cliente com a qualidade e prazo de entrega; aumentando o retorno sobre o patrimônio líquido.
Santos, Reinaldo Fagundes dos e Alves, João Murta (2015)	Proposal of an integrated management model for supply chain: Application in home appliances segment	Propor um modelo de gestão da cadeia de suprimentos (SCM) e seu método de implementação para aumentar a capacidade de resposta às empresas de manufatura do mercado consumidor. O modelo proposto utiliza os conceitos de manufatura enxuta, a teoria das restrições e o modelo SCOR em um ambiente de tecnologia da informação e comunicação.
C. C. Chiou; T. W. Jhang; Y. X. Deng; J. T. Tsai; C. Perng (2014)	Applying lean and TOC to improvement delivery performance for machine tool manufacturers	O principal objetivo deste estudo é melhorar o desempenho do prazo de entrega de um fabricante de revistas de corte na indústria de máquinas-ferramenta utilizando as lógicas e princípios do lean para identificar os desperdício e da TOC .
Jazmin V. Landa, Angie R. Suárez, Pablo F. Mendoza, and José C. Alvarez (2020)	Reduction of delivery times in a Peruvian metal-mechanical company	O objetivo deste artigo é alcançar o mais alto nível de serviço e produtividade em uma indústria de painéis elétricos por meio de um modelo de simulação de sistema que utiliza o mapa de fluxo de valor (VSM), a teoria das restrições (TOCs), 5S, o sistema de produção Kanban e a padronização de métodos de trabalho.

Tabela 6 – Resultado qualitativo a partir da revisão dos artigos.

Conclusão

Autor(es)	Título do Artigo	Objetivo da pesquisa
Rojas, Cláudia; Quispe, Grimaldo; and Raymundo, Carlos (2018)	Lean Optimization Model for Managing the Yield of Pima Cotton (<i>Gossypium Barbadosense</i>) in Small-and Medium-Sized Farms in the Peruvian Coast	Propor um modelo de otimização pelo qual os agricultores possam produzir algodão Pima utilizando os indicadores propostos para aumentar o controle do processo. A aplicação dos princípios da manufatura enxuta contribuíram com a melhoria na qualidade do produto e na produtividade das linhas de produção, enquanto que a TOC foi utilizada para determinar as restrições do sistema.
Darlington, John; Francis, Mark; Found, Pauline and Thomas, Andrew (2015)	Design and implementation of a Drum-Buffer-Rope pull-system	Investigar a seleção, projetar e implementar o método pull-system mais apropriado para uma fábrica de painéis de caixas caracterizada por amplos recursos compartilhados, utilizando os conceitos do DBR para a redução do Lead Time.
K. Alvarez, D. Aldas and J. Reyes (2017)	Towards Lean Manufacturing from Theory of Constraints: A Case Study in Footwear Industry	O objetivo da pesquisa é propor um modelo de implementação do Lean Manufacturing a partir de um sistema de produção definido com a Teoria das Restrições (TOC) com o objetivo de reduzir os prazos de entrega e os estoques gerados pelo trabalho em processo. O mapeamento do fluxo de valor é usado para identificar os desperdício e a Teoria das Restrições permite identificar e analisar as restrições.
Wen, C.L., Wee, H.M. and Wu, S. (2014)	Revisiting Lean Manufacturing Process with Vendor Managed Inventory System	Desenvolver uma estrutura para melhorar a eficiência geral e garantir o desempenho lucrativo dos negócios, aplicando a manufatura enxuta com VMI (Vendor Managed Inventory) para diminuir o lead time e reduzir os estoques, e a TOC para identificar gargalos.
Ras, E.; Visser, J. K. (2015)	A MODEL FOR CONTINUOUS IMPROVEMENT AT A SOUTH AFRICAN MINERALS BENEFICIATION PLANT	Propor modelo que incorpora elementos do seis sigma, teoria das restrições e manufatura enxuta, construído sobre os aspectos de qualidade melhorada (Q), maior eficiência (E), custos mais baixos (C) e menos desperdício (W).
Galvão, E.M.; Valente, B.C.; Cotrim, S.L.; Galdamez, E.V.C.; Leal, G.C.L. (2020)	A HYBRID MODEL FOR PLANNING PROGRAMMING AND CONTROL OF PRODUCTION FOR MICRO AND SMALL ENTERPRISES	Implantação de um sistema híbrido PPCP em uma microempresa fabricante de Vassouras de PET. O modelo foi proposto utilizando os conceitos de Lean Manufacturing, para mapear e conhecer o processo eliminando desperdícios de tempo e recursos, Teoria das Restrições para identificar restrições e gargalos e o sistema MRP para atuar dentro do contexto de produção empurrada.
Nonnemacher, G. & Pacheco, Diego. (2017)	Análise da integração da teoria das restrições e do lean manufacturing no contexto da pequena empresa	Analisar o impacto do uso integrado dos conceitos da Teoria das Restrições e do Lean Manufacturing em uma empresa de pequeno porte do segmento têxtil. Aplicou-se o estudo de capacidade e demanda para identificar a restrição e adotaram-se as etapas de melhoria de processos da TOC integradas com as ferramentas Lean para elevar a capacidade produtiva.
Sims, T. & Wan, H.-d. (2017)	Constraint identification techniques for lean manufacturing systems	O objetivo deste artigo é responder à pergunta "Como você identifica a restrição do sistema quando os métodos típicos não se aplicam?", por meio da proposição de três novos métodos para identificar restrições em sistemas lean amadurecidos a partir da integração entre o Lean e a TOC.
Da Silva, N. A. ; Antunes Junior, J. A. V. (2017)	Diagnosis on function Production in micro and small textile industry taking as a basis the Toyota production system and theory of restrictions: Proposal of an instrument	Propor um instrumento para mapear os pontos de melhoria da Função Produção a partir da utilização do Design Research em empresas do setor têxtil na região de Paraisópolis do Tocantins, promovendo a integração entre as abordagens do Sistema Toyota de Produção e da Teoria das Restrições dentro do contexto da Função Produção.
Pergher, I.; Rodrigues, L.H. e Lacerd, D.P.. (2011)	Theoretical discussion of the concept of wastes in the Toyota Production System: Introducing the throughput logic of the Theory of Constraints	O objetivo do artigo é abordar uma reflexão teórica e promover uma discussão referente aos impactos que as Sete Perdas do STP e e pelas práticas inadequadas para definir mix de produtos podem provocar nos indicadores financeiros da TOC.

Fonte: Esta pesquisa (2022).

A partir da revisão dos textos foi possível estabelecer a relação dos estudos com o tema desta pesquisa. O trabalho dos autores Mallampati et al (2018); Librelato et al (2014); Porta et al (2021); Alzubi et al (2019); Votto & Fernandes, (2014); Chavez et al (2020); Khayrullina et al (2015); Chiou et al (2014); Landa et al (2020); Darlington et al (2015); K. Alvarez et al (2017); e Wen et al (2014) buscou a integração do VSM, Teoria das restrições e/ou Lean Manufacturing para obter, a redução do Lead Time, dentre outras melhorias.

Os autores Basu et al (2014); Rojas et al (2018) e Nonnemacher & Pacheco (2017) integraram as metodologias para o alcance do aumento da produtividade da organização. Os autores Sims & Wan (2017) propuseram em seu artigo três

métodos para identificar os gargalos em sistemas Lean amadurecidos a partir da integração entre o Lean e a TOC. Da Silva & Antunes (2017) propuseram um modelo de diagnóstico utilizando a integração da TOC com o STP, cujo resultado contribui para o direcionamento das melhorias nas empresas. O trabalho de Pergher et al (2011) promove uma discussão referente aos impactos que as Sete Perdas do STP provocam nos indicadores financeiros locais e global da TOC.

Com base na revisão dos textos é possível observar que os estudos que associam as palavras-chave pesquisadas não buscam uma solução sob a perspectiva financeira para a tomada de decisão no fluxo de valor. Isto revela a necessidade de explorar de forma teórica e prática este tema, que é a proposta deste trabalho.

3 ELABORAÇÃO DO MODELO DE MAPA DO FLUXO DE VALOR – TEORIA DAS RESTRIÇÕES PARA APOIO À DECISÃO

Neste capítulo apresenta-se a proposta do modelo que consiste na combinação em duas dimensões: a visão do processo, por meio do Mapa do Fluxo de Valor e a estrutura dos indicadores de desempenho da TOC, desenvolvido com a finalidade de ser um instrumento de apoio à decisão para a priorização de melhorias com base no ganho financeiro.

3.1 BASES DE CONHECIMENTO PARA A ELABORAÇÃO DO MODELO

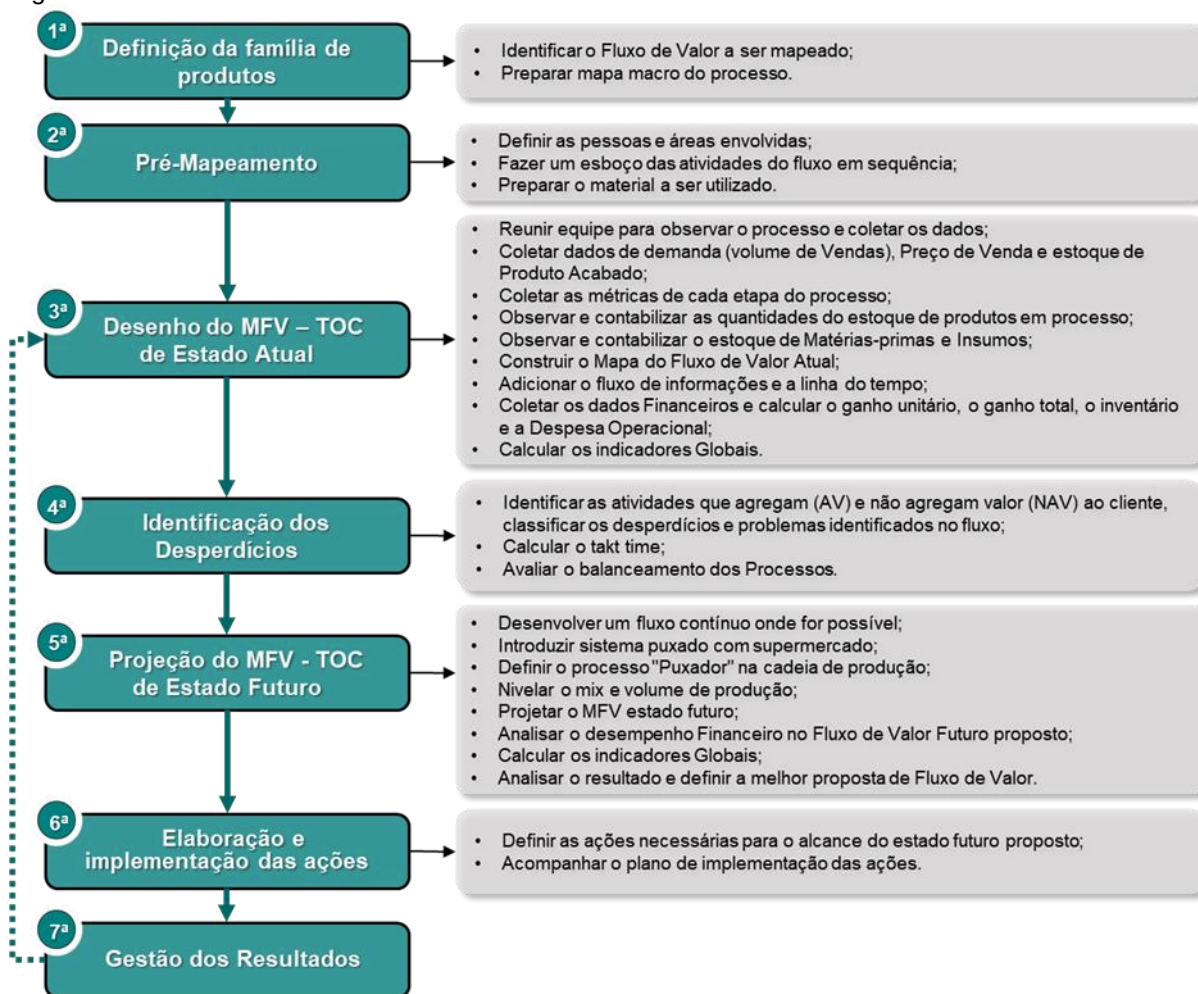
A estruturação do modelo MFV-TOC foi baseada nas seguintes fontes de conhecimento:

- a) Revisão da literatura realizada neste trabalho;
- b) Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor, na seção 2.1.2.1;
- c) Cálculo das medidas de Desempenho da TOC, na seção 2.1.3.2;
- d) Experiência prática da autora na implantação dos conceitos Lean em empresas de diversos setores.

3.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO

O modelo proposto possui 7 etapas, conforme Figura 13. E cada uma das etapas é melhor detalhada em seguida.

Figura 13 – Modelo MFV - TOC

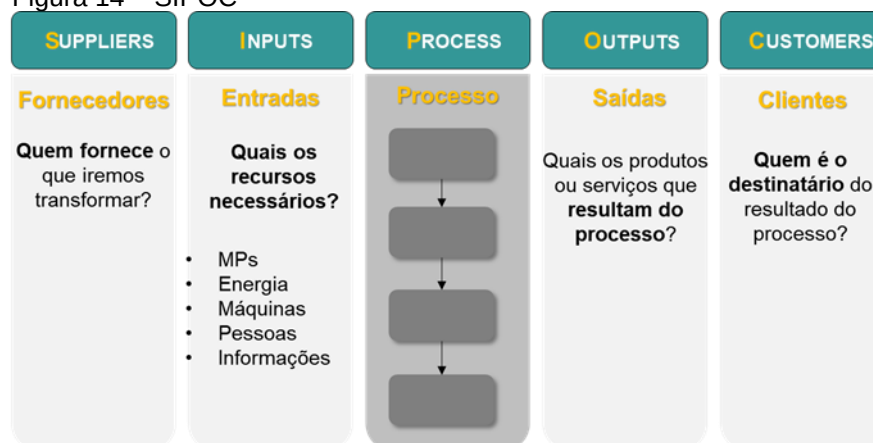


Fonte: Esta pesquisa (2022)

a) 1ª Etapa – Definição da família de produtos:

- Identificar o Fluxo de Valor a ser mapeado: Nesta etapa, é selecionada a família de produtos que será mapeada. O critério de escolha da família de produtos tem como base a similaridade entre as etapas de produção dos produtos, de acordo com Rother e Shook (2003);
- Preparar mapa macro do processo: Após definida a família de produtos, fornecer aos participantes uma visão macro contribui para o entendimento e nivelamento dos que não estão familiarizados com o processo. Uma ferramenta comumente utilizada é o SIPOC, (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers), em português fornecedores, entradas, processo, cliente que ajuda a entender as principais entradas e saídas do processo. A Figura 14 ilustra um modelo de SIPOC;

Figura 14 – SIPOC

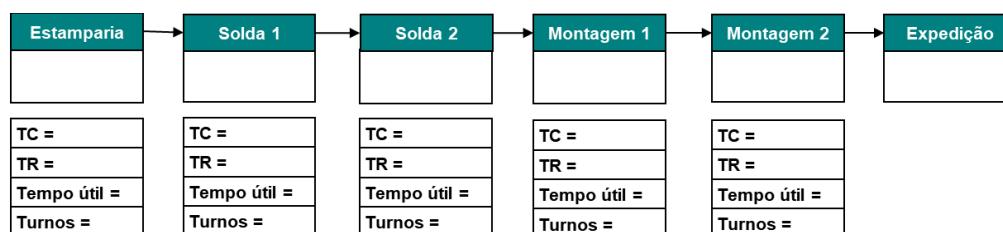


Fonte: Esta pesquisa (2022)

b) 2ª Etapa – Pré-Mapeamento. A preparação para o mapeamento deve seguir os seguintes passos:

- Definir as pessoas e áreas envolvidas: É definida uma equipe multidisciplinar, formada por membros das diferentes áreas, inclusive as de apoio, envolvidas no fluxo de valor da família definida;
- Fazer um esboço das atividades do fluxo em sequência: os responsáveis do processo em questão preparam um esboço da sequência das etapas do processo do fluxo de valor, para facilitar a visualização dos demais membros da equipe. A Figura 15 exemplifica o esboço utilizando como modelo a Estamparia ABC, caso genérico apresentado por Rother e Shool (2003).

Figura 15 – Esboço processo atual da Estamparia ABC.



Fonte Esta pesquisa (2022)

- Preparar o material a ser utilizado: o mapa do fluxo de valor deve ser desenhado em local de fácil visualização e manipulação para todos os membros da equipe de mapeamento. Por isso, o material indicado é rolo de papel, post its coloridos, fitas, canetinhas coloridas, lápis e borracha.

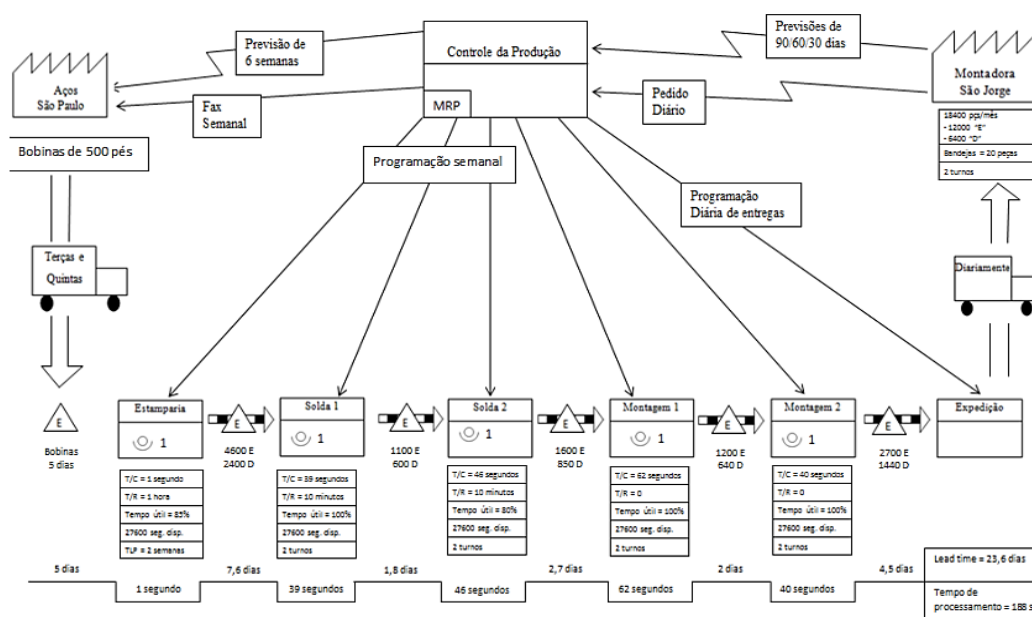
c) 3ª Etapa – Desenho do MFV – TOC de Estado Atual.

- Reunir equipe para observar o processo e coletar os dados: Esta é a etapa de convocar todos os envolvidos para iniciar o mapeamento, inclusive os funcionários que atuam diretamente no processo a ser mapeado, para que façam parte e compreendam o propósito do trabalho. No primeiro momento é imprescindível que a equipe se reúna para planejar as responsabilidades e a rota do mapeamento, que deve começar, de acordo com Rother e Shook (2003), pela expedição final. É importante alinhar com a equipe que, além da observação do fluxo do material, é preciso entender o fluxo de informações;
- Coletar dados de demanda (volume de Vendas), Preço de Venda e estoque de Produto Acabado: Na expedição final devem ser coletados os dados do volume de Vendas no período, para entender o comportamento da demanda do cliente; o preço de venda por unidade de produto no período e o estoque atual de produto acabado. Nesta etapa também se faz necessário entender a frequência de envio dos pedidos aos clientes, como as informações do cliente chegam à empresa e o funcionamento dos processos administrativos na expedição dos pedidos;
- Coletar as métricas de cada etapa do processo: Após a Expedição, a equipe deve realizar o acompanhamento do fluxo de material da família de produtos, de acordo com a sequência da transformação do esboço da Figura 14, observando e medindo as métricas de cada etapa; e entendendo como as informações chegam e são utilizadas para tomada de decisão em cada etapa do processo. Conforme recomendado por Rother e Shook (2003), deve-se realizar as medições do processo e não se basear em dados padrão. É importante decidir quais as métricas do processo que irão contribuir para a tomada de decisão ao projetar o estado futuro;
- Observar e contabilizar as quantidades do estoque produtos em processo: Durante o acompanhamento do fluxo de material no processo de transformação deve ser observado e contabilizado a quantidade de produtos que se acumulam entre cada etapa;
- Observar e contabilizar o estoque de Matérias-primas e Insumos: no Depósito a equipe deve coletar as quantidades existentes de matérias-

primas e insumos estocadas. Nesta etapa é importante entender qual o Lead Time do fornecedor, ou seja, quanto é o tempo entre o envio do pedido até a chegada da matéria-prima/insumo; a frequência de entrega; o tamanho do lote; como as informações chegam no fornecedor e em qual a frequência;

- Construir o Mapa do Fluxo de Valor Atual: de posse das informações coletadas até o momento, a equipe deve começar a construir o MFV no papel utilizando post its e conectando todas as etapas;
- Adicionar o fluxo de informações e a linha do tempo: incluir no fluxo de materiais plotado no papel de que forma as informações fluem ao longo do processo. A linha do tempo deve ser adicionada na base inferior do mapa. A Figura 16 representa o MFV atual da Estamparia ABC digitalizada.

Figura 16 – Mapa do fluxo Atual da Estamparia ABC.



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003; p.29)

- Coletar os dados Financeiros e calcular o ganho unitário, o ganho total, o Inventário e a Despesa Operacional: a Tabela 7 indica o cálculo do ganho unitário e do ganho total, onde utiliza-se os dados coletados do volume de vendas, do preço unitário e do custo totalmente variável, que representa o custo da matéria-prima e insumos utilizados para produzir o produto.

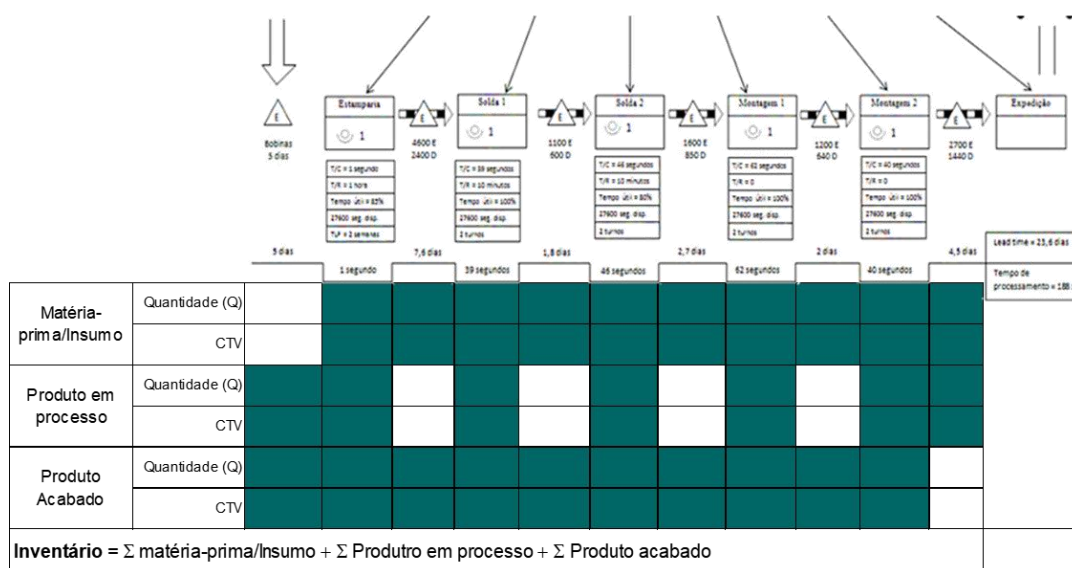
Tabela 7 – Tabela para cálculo do Ganho unitário e Ganho Total.

	A	B	C	D = (B - C)	E = (D x A)
Produto	Volume de Vendas unitário (q)	Preço de Venda unitário (Pv)	Custo Totalmente Variável unitário (CTV)	Ganho unitário (Gu)	Ganho Total unitário (GT)
A					
B					
C					
(=) GANHO TOTAL					

Fonte: Adaptado de Corbett (1997, p.56), Siqueira e Pamplona (2007) e Cia (1998).

Para o cálculo do Inventário utiliza-se os dados coletados da quantidade de estoque de produto acabado, produto em processo e matérias-primas e insumos utilizados na fabricação dos produtos, bem como o CTV. Como forma de auxiliar a tomada de decisão ao projetar o estado futuro, os dados e cálculo devem estar dispostos ao longo do fluxo de valor, conforme exemplificado na Figura 17.

Figura 17 – Tabela para cálculo do Inventário a partir do MFV Atual.



Fonte: Esta pesquisa (2022)

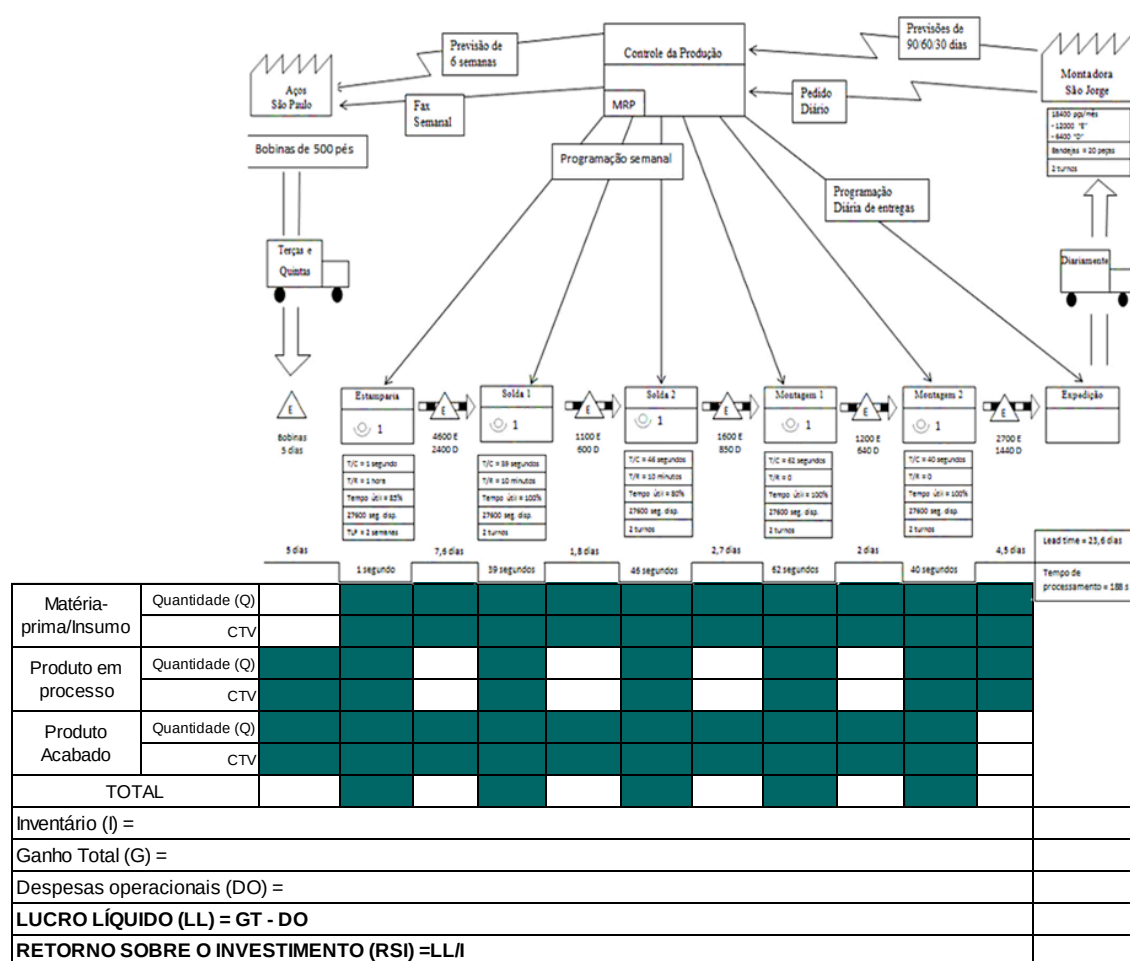
O exemplo da Figura 16 levou em consideração que matérias-primas e insumos, produto acabado e produto intermediário serão observados nos pontos em branco da Tabela, porém, a depender da empresa, podem ocorrer outros pontos ao longo do fluxo de valor.

Para o cálculo da Despesa Operacional é preciso coletar os dados da família de produtos: salários e encargos dos funcionários que atuam

diretamente no fluxo de valor e, no caso das áreas de apoio, que atuam de forma compartilhada com outras famílias de produtos, como Manutenção, Qualidade e RH, por exemplo, é preciso fazer um rateio identificando o percentual de representatividade; Energia Elétrica; consumo de água; Aluguel; Telefones (fixos e celulares); Depreciações; Fretes e Carretos; Materiais de Consumo; e Demais Despesas que são geradas para transformar o Inventário em Ganho;

- Calcular os indicadores Globais: a partir do cálculo dos indicadores locais, por meio da Tabela 7, onde obtém-se o Ganho Total; da Figura 16, onde obtém-se o Inventário; e do cálculo da Despesa Operacional, calcular os indicadores Globais, conforme exemplificado na Figura 18 abaixo.

Figura 18 – MFV – TOC para cálculo dos indicadores Globais.

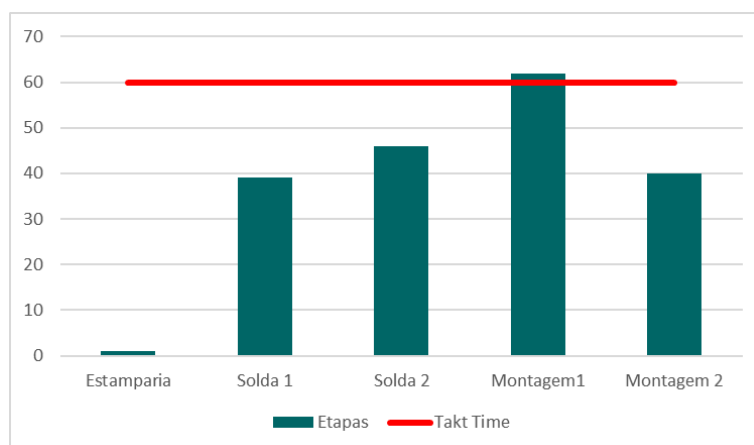


Fonte: Esta pesquisa (2022)

d) 4ª Etapa - Identificação os Desperdícios

- Identificar as atividades que agregam (AV) e não agregam valor (NAV) ao cliente, classificar os desperdícios e problemas identificados no fluxo: Womack e Jones (2004) classificam desperdícios como toda atividade executada que consome recursos sem criar valor para o cliente. Nesta etapa a equipe deve analisar o MFV estado atual, listando e classificando as atividades que não agregam valor e os problemas observados ao longo do mapeamento;
- Calcular o takt time: Com base nos dados da demanda, calcular o takt time, que dita o ritmo que cada etapa do processo deve ter para atender à demanda;
- Avaliar o balanceamento dos Processos: o balanceamento dos processos é avaliado por meio da comparação do tempo de ciclo de cada etapa com o takt time. O objetivo, segundo Rother e Shook (2003), é entender se há etapas que não atendem ao ritmo da demanda de forma contínua e nivelada. A Figura 19 exemplifica o balanceamento da Estamparia ABC.

Figura 19 – Gráfico Balanceamento Processo Estamparia ABC.



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003; p.62)

e) 5ª Etapa - Projeção do MFV – TOC de Estado Futuro

- Desenvolver um fluxo contínuo onde for possível: a equipe deverá observar a interface entre cada etapa, com o auxílio do gráfico de balanceamento (Figura 19) e a observação dos estoques acumulados, no MFV estado atual (Figura 18), e identificar oportunidades de conectar uma etapa a outra;

- Introduzir sistema puxado com supermercado: o supermercado contribui para absorver as variações do processo e da demanda do cliente, por isso, entre as etapas onde não é possível ter um fluxo contínuo, deve-se dimensionar o supermercado e operacionalizar o sistema puxado por meio do kanban de retirada, que autoriza a movimentação do produto em direção a uma etapa do processo fluxo abaixo, e do kanban de produção, que informa ao processo fluxo acima qual o produto e qual a quantidade deve ser produzido;
 - Definir o processo "Puxador" na cadeia de produção: o processo puxador deve ser o único ponto de programação no fluxo de valor, segundo Rother e Shook (2003);
 - Nivelar o mix e volume de produção: é preciso compreender a demanda do cliente e distribuir o mix e volume de produtos uniformemente ao longo do período, de forma a não produzir em agrupamento (lote);
 - Projetar o MFV estado futuro: nesta etapa a equipe deve, com base nos pontos levantados nas etapas anteriores, projetar o MFV estado atual. Para identificar qual a MFV estado futuro resultará em um maior ganho financeiro, a equipe deverá projetar mais de uma versão, com diferentes configurações;
 - Calcular os indicadores Globais: a partir do MFV estado futuro proposto a equipe deve calcular os indicadores das versões projetadas, levando em consideração as alterações propostas;
 - Analisar o resultado e definir a melhor proposta de Fluxo de Valor: nesta etapa a equipe deverá analisar os resultados desempenho Financeiro de cada uma das versões projetadas e definir a melhor proposta.
- f) 6º Etapa - Elaboração e implementação das ações.
- Definir as ações necessárias para o alcance do estado futuro proposto: a equipe deve identificar quais as ações são necessárias para que o MFV estado Futuro proposto seja alcançado, direcionando os responsáveis e o prazo de execução;
 - Acompanhar o plano de implementação das ações: para garantir que as ações sejam implementadas conforme o acordado, e sua efetividade no

resultado projetado, a equipe deve estabelecer qual será a rotina de acompanhamento e medição dos resultados.

g) 7º Etapa - Gestão dos Resultados

- Para garantir a sustentabilidade dos resultados ao longo prazo, a equipe deve definir os indicadores-chave a sistemática de acompanhamento e tratativa de soluções de problemas, quando o resultado não for alcançado.

3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTE CAPÍTULO

O capítulo 3 teve como intenção: (a) apresentar as fontes para a estruturação do modelo; (b) apresentar o modelo proposto; e (C) detalhar as 7 etapas do modelo. O modelo desenvolvido por esta dissertação busca fornecer aos gestores as informações financeiras para auxiliar na tomada de decisão quanto à melhor proposta de MFV estado futuro, e apresenta em sua estrutura: (i) as etapas do mapeamento do fluxo de valor, que fornece a visão do processo, dos desperdícios e problemas neste; (ii) o cálculo das medidas de desempenho da TOC, que indicam o resultado financeiro do fluxo de valor; e (iii) a experiência prática da autora na implantação dos conceitos Lean em empresas de diversos setores.

No próximo capítulo será descrita uma aplicação prática do método proposto, atendendo desta forma, a um dos objetivos específicos desta dissertação.

4 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Neste capítulo apresenta-se a aplicação do modelo proposto em uma indústria química.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA ESTUDADA

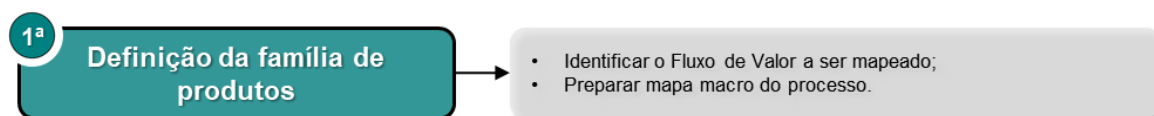
A empresa objeto do estudo é uma indústria multinacional do setor químico com atuação em mais de 150 países. Sua sede principal se situa na Holanda, mas sua atuação se estende a vários países, incluindo o Brasil. Com um time de mais de 2.000 colaboradores, o Brasil é um mercado chave na América do Sul, responsável por 9% da receita da empresa em nível global. Empregando cerca 150 colaboradores, a unidade estudada é responsável pela fabricação e comercialização de Tintas e Complementos Decorativas para o mercado do Norte e Nordeste.

4.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Seguindo as orientações do modelo proposto no capítulo 3, seguiu-se as sete etapas na empresa estudada.

4.2.1 Etapa 1 – Definição da família de produtos

Figura 20 – Etapa 1: Definição da família de produtos.

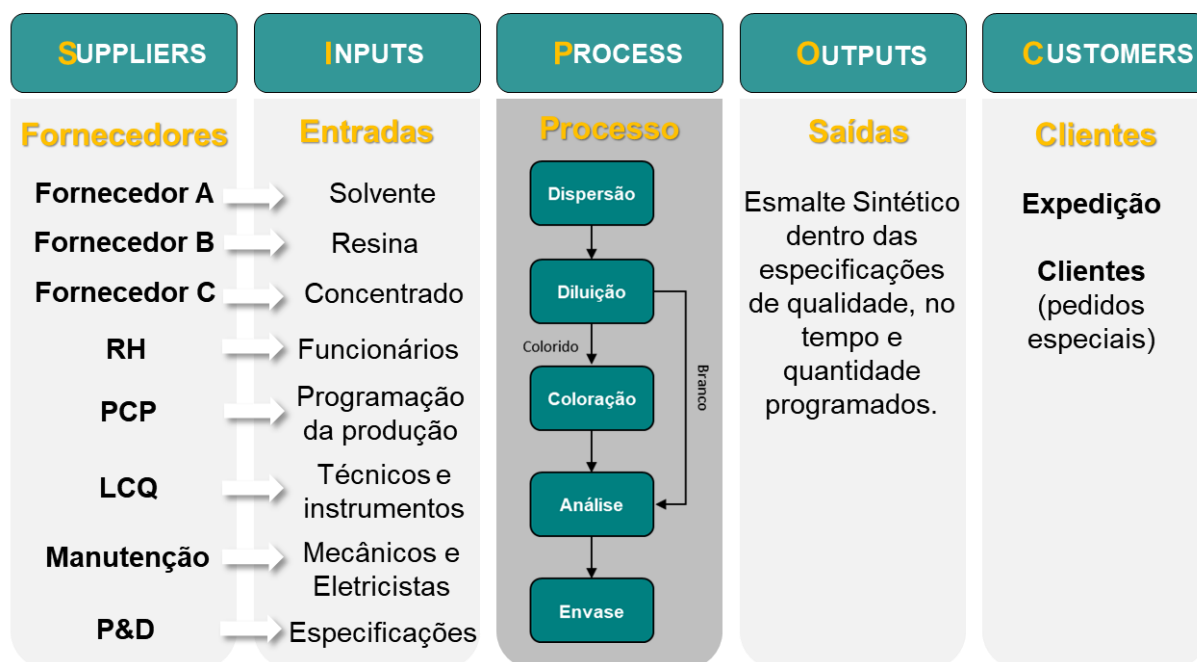


Fonte: Esta pesquisa (2022)

A família de produtos definida pela Gerência da Produção para aplicar o método foi a de Tintas base Solvente (esmaltes sintéticos), cujo portfólio é de 22 cores, incluso o branco.

Para facilitar o entendimento macro sobre o processo para todos os membros da equipe, o responsável pela produção elaborou o SIPOC, conforme Figura 21, e um quadro com uma breve descrição de cada uma das etapas (Tabela 8).

Figura 21 – SIPOC do processo da família de Esmaltes Sintéticos.



Fonte: Esta pesquisa (2022)

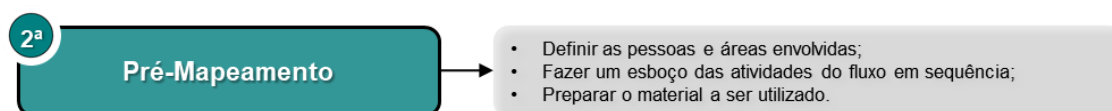
Tabela 8 – Descrição das etapas do processo de fabricação de Esmaltes Sintéticos.

Etapa	Descrição	Observação
Dispersão	Etapa onde ocorre a dispersão do pigmento na resina por meio do processo de Moagem.	1 Dispersor
Diluição	Etapa onde à pasta formada na Dispersão é adicionada Resina e aditivos.	10 tanques de 2.000 L e 1 tanque de 5.000 L
Coloração	Etapa que confere à base branca a cor especificada por meio de uso de concentrados. A empresa possui no portfólio total de 22 cores.	Coloristas compartilhados com a tinta base água
Análise	Etapa realizada pelo LCQ, onde a amostra é verificada versus os padrões estabelecidos.	Técnicos compartilhados com a tinta base água
Envase	Etapa onde o produto é condicionado nas embalagens. A empresa disponibiliza embalagens de 0,9L e 3,6L.	1 máquina de envase

Fonte: Esta pesquisa (2022)

4.2.2 Etapa 2 – Pré-mapeamento

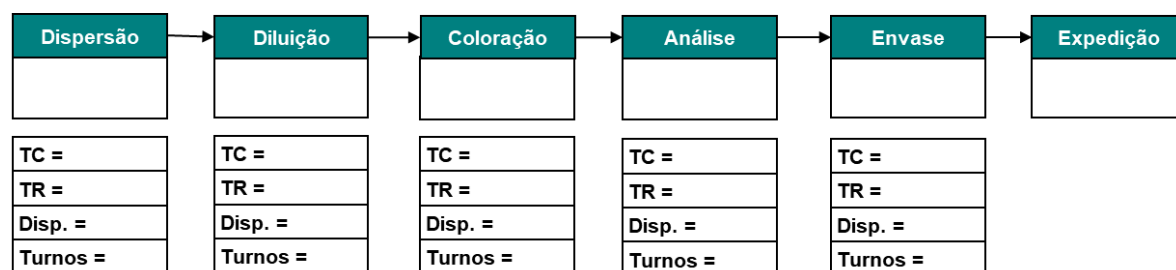
Figura 22 – Etapa 2: Pré-Mapeamento.



Fonte: Esta pesquisa (2022)

De acordo com o SIPOC da família de Tintas base Solvente (esmaltes sintéticos), a equipe multidisciplinar definida é formada por representantes das áreas de Planejamento e Controle da Produção (PCP); Produção; Manutenção; Pesquisa e Desenvolvimento (P&D); além da Expedição; e Compras. Um esboço das atividades do fluxo foi preparado pelo responsável da Produção como forma de ilustrar a sequência do fluxo de materiais, conforme ilustrado na Figura 23.

Figura 23 – Esboço processo de fabricação de Esmaltes Sintéticos.



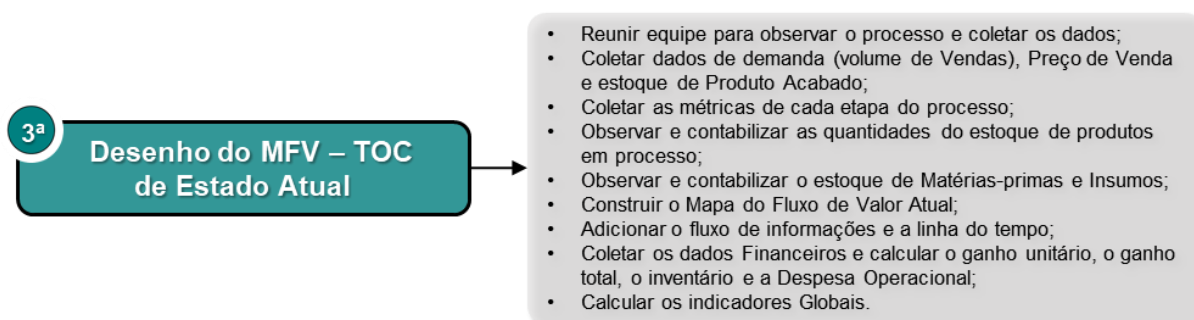
Fonte: Esta pesquisa (2022)

Para a reunião da equipe e a realização do mapa foi reservada a sala de Guerra e providenciado materiais como pranchetas, cronômetro para a medição dos tempos, rolo de papel para plotar o MFV na parede, post its de diversas cores para representar as etapas do processo para serem usados no dia do mapeamento.

A equipe se reuniu por dois dias consecutivos para conhecer a unidade fabril, definir as métricas do processo, planejar a execução do mapeamento e a coleta dos dados.

4.2.3 Etapa 3 – Desenho do MFV – TOC de Estado Atual

Figura 24 – Etapa 3: Mapeamento do Fluxo de Valor de Estado Atual.



Fonte: Esta pesquisa (2022)

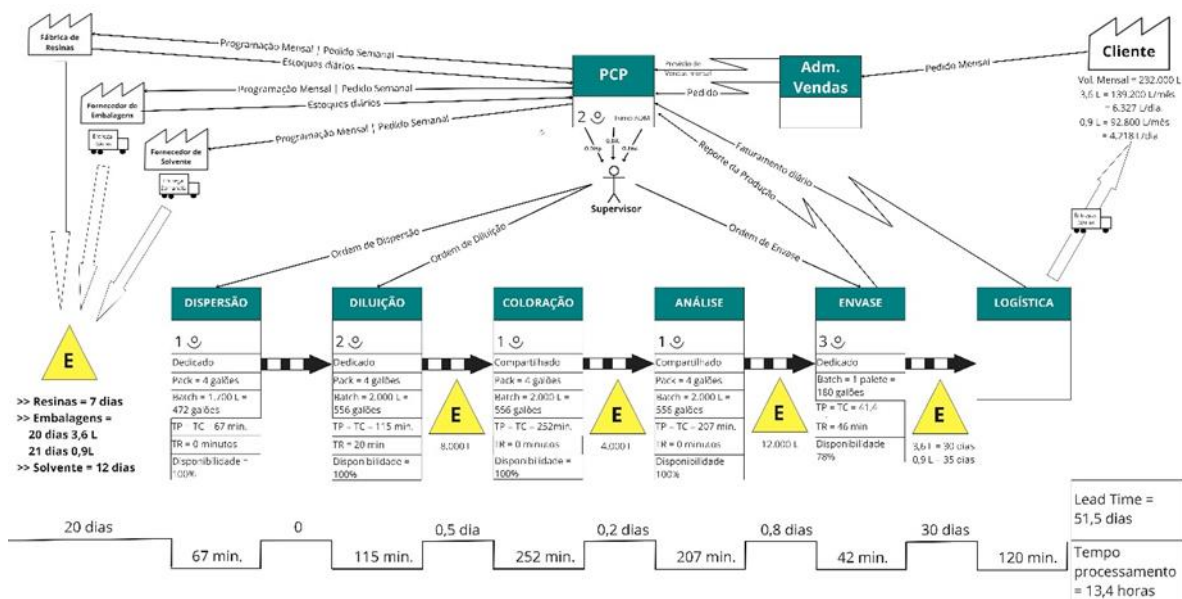
Para conduzir o processo de mapeamento, o responsável reuniu a equipe e os funcionários que atuam diretamente no processo na sala de Guerra para analisarem o esboço do processo, explicar o propósito do mapeamento e organizar a ida ao local para acompanhar todas as etapas e coletar os dados necessários para a construção do MFV estado Atual. Conforme recomendado por Rother e Shook (2003), o mapeamento iniciou na Expedição, onde a equipe coletou os dados do funcionamento dos processos administrativos para expedir os pedidos. Por meio da extração dos dados do sistema SAP, obteve-se a quantificação do volume de Vendas da linha de produtos de Esmaltes Sintéticos no período de um ano e a quantidade de produtos acabado em estoque, ou seja, produtos prontos para a comercialização.

Em seguida a equipe seguiu para a fábrica, caminhando na sequência do processo de transformação, para medir e registrar as métricas de cada etapa. As métricas do processo, como tempo de ciclo e setup foram coletadas por meio da média de cinco a dez cronometragens realizadas, conforme recomendado por Rother e Shook (2003). Com a equipe de Manutenção foi possível a coleta dos dados de disponibilidade dos equipamentos, cujo registro é feito por meio dos chamados de atendimento corretivo à Manutenção. As informações referentes ao estoque de produtos intermediários, matérias-primas e insumos localizados no processo, foram identificados por meio de observações na unidade fabril, enquanto que no sistema SAP foram coletados os dados da quantidade de Matérias-primas e Insumos no estoque do Depósito.

Durante o mapeamento da unidade fabril, a equipe coletou, por meio de entrevistas com os funcionários, os dados referentes ao fluxo das informações, buscando entender de que forma a informação de processamento chega ao chão de fábrica. No departamento de PCP a equipe coletou informações sobre o fluxo de informações, entendendo de que forma são recebidos os pedidos dos clientes, e de que forma analisam e enviam os pedidos de matérias-primas e insumos para os fornecedores.

De posse de todas as informações, a equipe elaborou o MFV estado atual utilizando os materiais disponibilizados na sala de Guerra. A Figura 25 representa o MFV atual digitalizado.

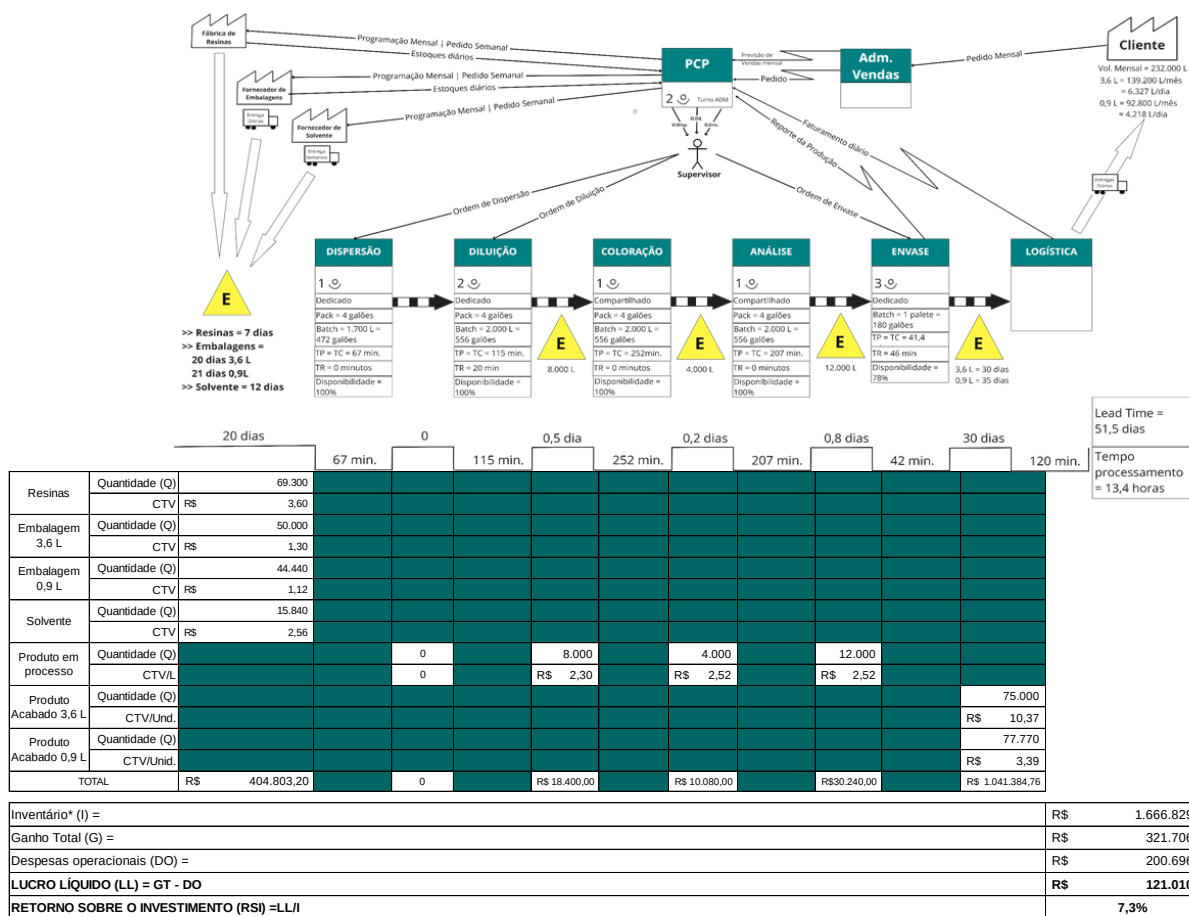
Figura 25 – MFV de Estado Atual da família de Esmaltes Sintéticos.



Fonte: Esta pesquisa (2022)

Por serem dados sensíveis e sigilosos, as informações financeiras foram coletadas e consolidadas pelo responsável financeiro da empresa. Para o cálculo do Ganho, foram coletados no departamento de Administração de Vendas o preço de venda de cada cor da linha de Esmaltes Sintéticos, e no departamento de P&D, o Custo totalmente Variável de cada cor. Para o cálculo do Inventário, no departamento de Compras foram coletados o preço das matérias-primas e Insumos consumidos no processo de transformação. Para o cálculo da Despesa operacional, no departamento de Recursos Humanos foram coletados os salários e encargos dos funcionários que atuam diretamente no fluxo de valor e nas áreas de apoio, cuja despesa é rateada entre outras famílias de produtos; em Utilidades, a despesa com energia elétrica da unidade fabril; com o departamento da Manutenção, a despesa de depreciação dos equipamentos; e com o departamento de Compras as despesas referentes aos materiais de consumo. A Figura 26 ilustra o MFV – TOC estado atual da família de produtos.

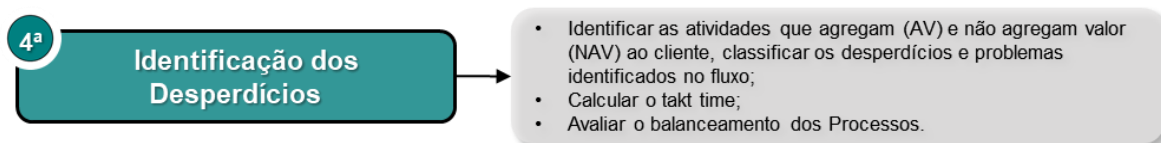
Figura 26 – MFV – TOC de Estado Atual da família de Esmaltes Sintéticos



Fonte: Esta pesquisa (2022)

4.2.4 Etapa 4 – Identificação dos Desperdícios

Figura 27 – Etapa 4: Identificação dos Desperdícios.



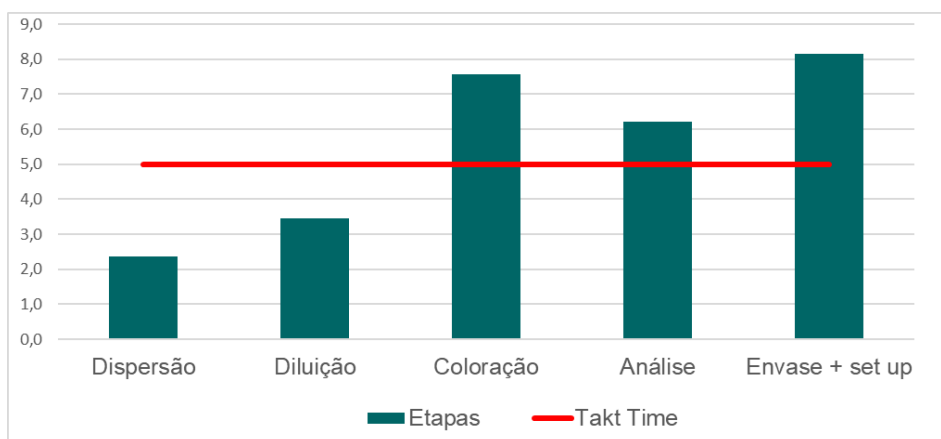
Fonte: Esta pesquisa (2022)

A partir da análise do MFV estado atual a equipe realizou a análise dos desperdícios e problemas, conforme abaixo:

- O takt time calculado foi de 5 Litros/Segundo, visto que a demanda do cliente é de 232.000litros/mês; e o tempo de trabalho disponível é 17.600 minutos/mês. No entanto, conforme ilustrado na Figura 28, as etapas de

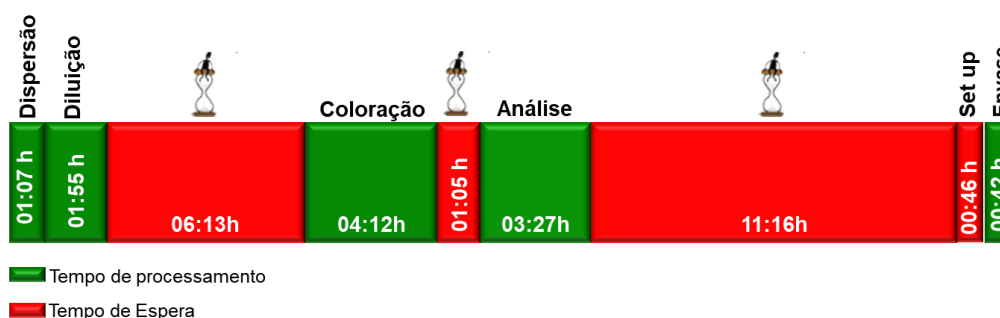
Coloração, Análise e Envase estavam com o tempo de ciclo superior à demanda do cliente;

Figura 28 – Representação do tempo de ciclo/litro das etapas produtivas.



Fonte: A autora (2022)

Figura 29 – Representação do tempo de produção lote de 2.000 L



Fonte: A Autora (2022)

- Tempo de espera – o desnivelamento entre as etapas do processo gera o Desperdício de Espera, ilustrado na Figura 29 por meio das marcações em vermelho e, conseqüentemente, o excesso de produção, por produzir antes da necessidade da próxima etapa, identificado por meio dos estoques de produtos entre as etapas do processo (símbolo em amarelo na Figura 26);
- A etapa de Coloração é realizada por coloristas que atuam de forma compartilhada no tingimento das tintas base água, cuja demanda de tingimento é 10 vezes maior que o esmalte sintético, desta forma, eles dão prioridade às tintas base água impactando diretamente no tempo de espera da tinta diluída, conforme evidenciado na Figura 29;

- Os operadores da Dispersão e Diluição ficam ociosos, esperando a conclusão das etapas posteriores para liberar os equipamentos e dar início à nova ordem de Produção, visto que produzem antes da necessidade do processo seguinte (superprodução);
- A etapa de Análise, é reconhecida na empresa como uma etapa agregadora de valor. O LCQ é compartilhado com a família de tintas base água, por isso ocorre espera devido à fila de produtos. Em relação ao tempo de análise, a equipe identificou que os testes realizados para a liberação do produto para o Envase não são necessários para a tomada de decisão quanto a aprovação ou não do produto, ou seja, são testes utilizados no Desenvolvimento do produto;
- No envase observou-se que ocorre o setup de cor, cuja média de tempo é de 30 minutos; o setup de embalagem (3,6 L para 0,9 L ou vice e versa), cujo tempo médio é de 20 minutos; e o setup onde simultaneamente ocorre a troca da cor e embalagem, cujo tempo médio era de 46 minutos;
- O PCP emite ordem de produção para as etapas de Dispersão, Diluição e Envase separadamente, sem ordenação da cor definida, o que resulta em uma falta de sincronia entre as etapas e no tempo de espera para o Envase, visto que delega aos operadores a decisão de escolha;
- O PCP realiza a programação da produção de acordo com a previsão de vendas, que tem uma acurácia de 56%. Somado ao uso da previsão de vendas, a baixa flexibilidade da fábrica em atender às variações da demanda, resulta em um giro de estoque de produtos acabados com média de 30 dias para cada tipo de embalagem.
- A Tabela 9 representa o diagnóstico da situação atual.

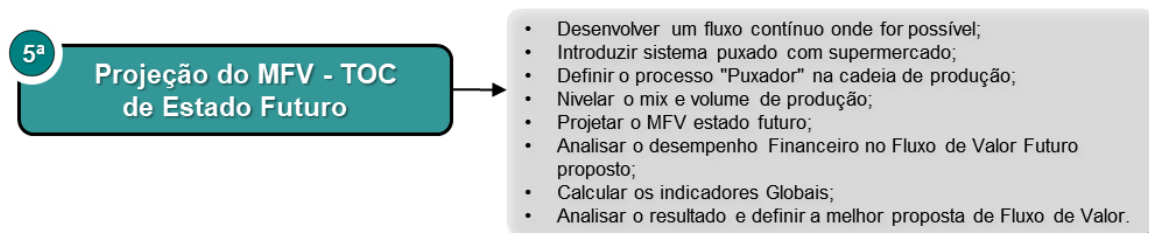
Tabela 9 – Diagnóstico do MFV – TOC situação Atual

DIAGNÓSTICO SITUAÇÃO ATUAL	
TEMPO DE PROCESSAMENTO (horas) =	13,4
LEAD TIME (Dias) =	51,5
Inventário* (I) =	R\$ 1.661.789
Ganho Total (G) =	R\$ 321.707
Despesas operacionais (DO) =	R\$ 200.697
LUCRO LÍQUIDO (LL) = G - DO	R\$ 121.010
RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO (RSI) =LL/I	7,3%

Fonte: Esta pesquisa (2022)

4.2.5 Etapa 5 – Projeção do Mapa do Fluxo de Valor de Estado Futuro

Figura 30 – Etapa 5: Projeção do Mapa do Fluxo de Valor de Estado Futuro.



Fonte: Esta pesquisa (2022)

Após identificar os Desperdícios e analisar os problemas no MFV atual, a equipe definiu três propostas de projeção do estado futuro, conforme Tabela 10 abaixo.

Tabela 10 – Propostas de ação para projeção do MFV – TOC de Estado futuro

Problema	Ação	Proposta 1	Proposta 2	Proposta 3
Desnívelamento entre as etapas do processo, com as etapas de Coloração, Análise e Envase + Set up com o tempo de ciclo acima do Takt time	Reduzir tempo de ciclo da Coloração	Colorista dedicado	Microondas para acelerar a avaliação da cor	Estufa de Lâmpadas para acelerar a avaliação da cor
	Reduzir tempo de ciclo da Análise	Retirar teste secagem	Retirar teste secagem	Retirar teste secagem
	Reduzir Tempo de ciclo do Envase + Set up	Reduzir tempo de Set up para 20 minutos	Reduzir tempo de Set up para 20 minutos	Reduzir tempo de Set up para 20 minutos e aumentar a disponibilidade da máquina
Tempo de Espera entre a Diluição e a Coloração	Reduzir Tempo de Espera entre a Diluição e a Coloração	Colorista dedicado	-	Célula Diluição + Coloração
Estoque excessivo de Embalagens	Definir sistema puxado com supermercado	Redução de 20 para 10 dias	Redução de 20 para 5 dias	Programação D+1, ou seja, 2 dias de estoque
Estoque excessivo de Resina	Definir sistema puxado com supermercado	-	Redução de 7 para 5 dias	Redução de 7 para 3 dias
Estoque Excessivo de Solvente	Definir sistema puxado com supermercado	-	Redução de 12 para 6 dias	Redução de 12 para 6 dias
Estoque Excessivo de Produto Acabado	Definir sistema puxado com supermercado	Redução de 30 para 25 dias	Redução de 30 para 20 dias	Redução de 30 para 15 dias
PCP emite ordem de produção para as etapas de Dispersão, Diluição e Envase separadamente, sem ordenação da cor definida	Definir o processo "puxador"	Definido a puxada a partir da saída do produto do Estoque	Definido a puxada a partir da saída do produto do Estoque	Definido a puxada a partir da saída do produto do Estoque
	Definir melhor mix de produtos (cor e embalagem) na programação	-	Aumenta a capacidade produtiva ao reduzir tempo de Set up	Aumenta a capacidade produtiva ao reduzir tempo de Set up
São 2 turnos para atender demanda	Redução para 1 turno Administrativo	-	De 10 para 5 funcionários	De 10 para 7 funcionários

Fonte: Esta pesquisa (2022)

A partir da projeção de cada uma das propostas, na Tabela 11 é apresentado o diagnóstico de todas as propostas e a comparação entre o Estado Atual.

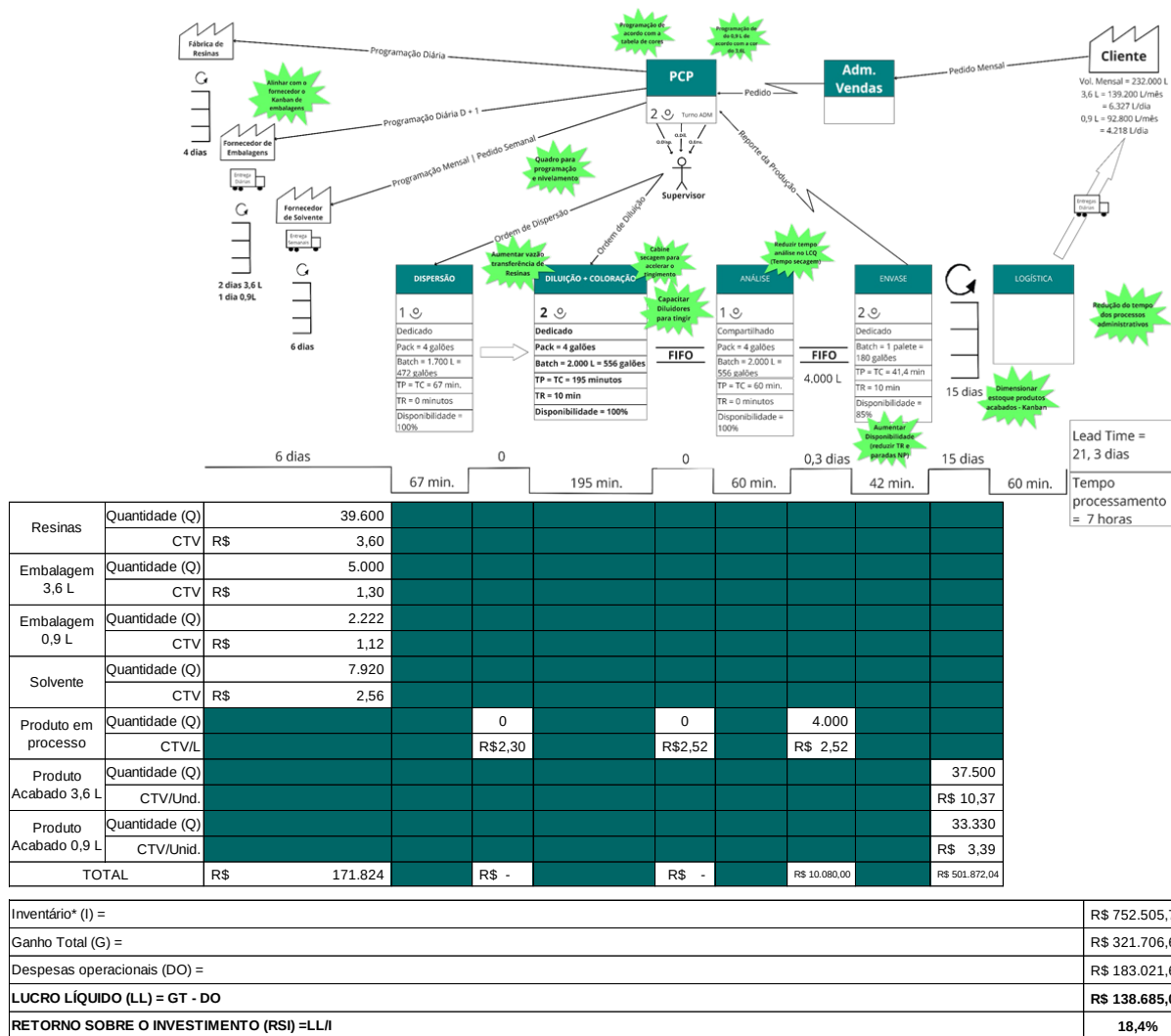
Tabela 11 – Diagnóstico do MFV – TOC propostas projeção Estado futuro

DIAGNÓSTICO PROPOSTA PARA PROJEÇÃO DO ESTADO FUTURO							
	ATUAL	PROPOSTA 1	VARIAÇÃO	PROPOSTA 2	VARIAÇÃO	PROPOSTA 3	VARIAÇÃO
TEMPO DE PROCESSAMENTO (horas) =	13,4	10,9	-2,5	8,9	-4,5	7,1	-6,3
LEAD TIME (Dias) =	51,5	37,2	-14,3	30,2	-21,3	21,0	-30,5
Inventário* (I) =	R\$ 1.666.829	R\$ 1.358.103	-R\$ 308.726	R\$ 1.026.787	-R\$ 640.042	R\$ 752.497	-R\$ 914.332
Ganho Total (G) =	R\$ 321.707	R\$ 321.707	R\$ -	R\$ 321.707	R\$ -	R\$ 321.707	R\$ -
Despesas operacionais (DO) =	R\$ 200.697	R\$ 206.682	R\$ 5.985	R\$ 188.537	-R\$ 12.160	R\$ 183.022	-R\$ 17.675
LUCRO LÍQUIDO (LL) = G - DO	R\$ 121.010	R\$ 115.025	-R\$ 5.985	R\$ 133.170	R\$ 12.160	R\$ 138.685	R\$ 17.675
RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO (RSI) = LL/I	7,3%	8,5%	1,2%	13,0%	5,7%	18,4%	11,2%

Fonte: Esta pesquisa (2022)

A partir da análise dos diagnósticos a equipe definiu a proposta 03 que possui um incremento de 11,2% no RSI em relação ao Estado Atual. O MFV – TOC Estado Futuro foi projetado com as devidas ações de melhorias, conforme Figura 31.

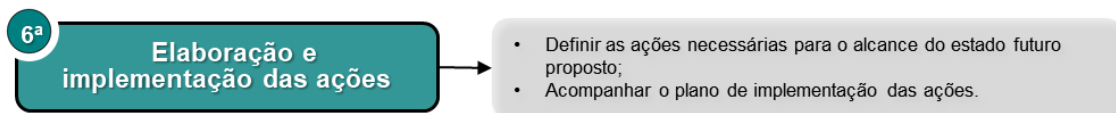
Figura 31 – MFV – TOC de Estado Futuro da família de Esmaltes Sintéticos



Fonte: Esta pesquisa (2022)

4.2.6 Etapa 6 – Elaboração e Implementação das Ações

Figura 32 – Etapa 6: Elaboração e Implementação das ações.



Fonte: Esta pesquisa (2022)

Rother e Shook (2003) afirmam que o principal objetivo de mapear o fluxo de valor é atingir o estado futuro definindo e implementando as ações para alcançar esta condição alvo, caso contrário, é uma grande perda de tempo.

As contramedidas necessárias para o alcance do estado futuro proposto estão ilustradas na Figura 30 em verde. A partir destas contramedidas, a equipe elaborou o plano de ação, que por motivos de confidencialidade não foram expostos nesta dissertação, e, para garantir que as ações propostas sejam implementadas conforme o plano definido, a equipe definiu a realização de reuniões quinzenais.

4.2.7 Etapa 7 – Gestão do Resultados

A empresa atua com reuniões diárias nos níveis operacional e tática; e semanal para o nível estratégico. Sendo assim, a empresa irá, ao finalizar a implementação das ações, definir a inclusão dos indicadores financeiros locais e a atualização dos indicadores de processo para a discussão dos resultados e tomada de ações quando a meta definida não for alcançada.

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 12 sintetiza os resultados potenciais alcançados com a implementação das ações para o alcance do estado futuro da proposta 3.

Tabela 12 – Comparativo resultados estado atual e estado futuro proposto.

	ESTADO ATUAL	ESTADO FUTURO PROPOSTO	VARIAÇÃO
Estoque Resinas	7 dias	4 dias	57%
Embalagens	3,6 L = 20 dias	3,6 L = 2 dias	90%
	0,9 L = 21 dias	0,9 L = 1 dia	95%
Solvente	12 dias	6 dias	50%
Estoque de tinta Diluída	0,5 dias	0	100%
Estoque de tinta Tingida	0,2 dias	0	100%
Estoque de tinta Aprovada	0,8 dias	0,3 dias	63%
Estoque produto acabado	3,6 L = 30 dias	3,6 L = 15 dias	50%
	0,9 L = 35 dias	0,9 L = 15 dias	57%
Inventário (I) =	R\$ 1.666.829	R\$ 752.497	55%
Lead Time	51,5 dias	21 dias	59%
Tempo de Processamento	13,4 horas	7 horas	48%
Ganho Total (G) =	Consideramos o mesmo valor		-
Despesas operacionais (DO) =	R\$ 200.697	R\$ 183.022	-8,8%
LUCRO LÍQUIDO (LL) = G - DO	R\$ 121.010	R\$ 138.685	14,6%
RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO (RSI) = LL/I	7,3%	18,4%	11,2%

Fonte: Esta pesquisa (2022)

Os expressivos resultados potenciais, observados na Tabela 12, são reflexo do impacto das ações operacionais nos indicadores locais da TOC, Inventário, que teve redução de 55%, devido, principalmente, (i) à redução dos estoques com a implementação do supermercado e produção puxada de matérias-primas, embalagens e produto acabado; (ii) e à redução do produto em processo, com criação da célula Diluição + Coloração, sincronização das etapas e melhor mix da programação. A Despesa operacional teve redução de 8,8%, devido ao aumento da capacidade produtiva que gerou redução de um turno no fluxo de valor estudado. Para a aplicação do modelo não foi considerado alterações no Ganho no estado atual e futuro proposto.

A partir do modelo foi possível observar e analisar o impacto destas ações operacionais nos indicadores globais da TOC, onde houve um aumento de 14,6% do Lucro Líquido e aumento de 11,2% do Retorno sobre o Investimento. Essa constatação do impacto das ações operacionais nos indicadores globais reforça a importância da etapa 7, gestão dos resultados, para acompanhamento periódico dos resultados do fluxo de valor da família estudada, como forma de garantir que as ações tomadas no dia-a-dia estão levando a empresa em direção à sua meta, que, segundo Goldratt (1991), é ganhar dinheiro hoje e no futuro.

É necessário destacar o benefício potencial que o estudo irá agregar para os funcionários da área e para o meio ambiente. Para os funcionários melhorias ergonômicas; na distribuição da carga de trabalho; na empregabilidade, com a medição e ação sobre a saúde econômica do fluxo da família estudada; e na redução da exposição ao solvente aguarrás, que irão contribuir para uma melhor qualidade de vida. É importante salientar, que a redução de um turno no fluxo de valor estudado não refletiu em desligamento, visto que os funcionários foram realocados em outro processo. Em relação ao meio ambiente, as melhorias no planejamento do mix de produtos (cores) e no setup irão impactar na redução do consumo de solvente aguarrás, contribuindo para os objetivos 12 e 13 de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

A empresa atualmente utiliza o método tradicional de contabilidade, que impulsiona a tomada de decisão em relação à redução do custo por unidade de produto e, conseqüentemente, dentre outros, estimula o aumento da produção e estoque de produto acabado. Para o gestor da unidade fabril, o modelo MFV – TOC trouxe, além da possibilidade de enxergar as ineficiências do processo, a

possibilidade de enxergar o efeito das melhorias do processo no resultado financeiro com as medidas de desempenho da TOC.

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões da dissertação, cujo objetivo foi propor e aplicar um modelo de mapeamento do fluxo de valor com os indicadores financeiros da teoria das restrições, conduzindo a tomada de decisão na priorização de melhorias com base no ganho financeiro. Em seguida, serão expostas as suas limitações, bem como sugestões para trabalhos futuros.

5.1 CONCLUSÕES

Ao longo deste trabalho foram apresentados os conceitos relacionados à produção enxuta, mais especificamente ao mapa do fluxo de valor, que é uma ferramenta que possibilita uma visão sistêmica que direciona a tomada de decisão, cujo principal resultado alcançado no processo é a redução do lead time e à Teoria das Restrições e seus indicadores de desempenho.

Com a elaboração do trabalho, foi possível concluir que não foi identificado um modelo de mapeamento do fluxo de valor que apoie a decisão quanto à melhoria conforme o retorno financeiro para as empresas. Desta forma, o presente estudo buscou responder à seguinte questão:

- *De que forma pode ser realizada a integração do MFV com os indicadores de desempenho da TOC para apoiar a decisão de gestores tornar as empresas mais competitivas?*

Para responder a esta pergunta, uma revisão da literatura foi realizada, para examinar as recentes contribuições de pesquisas sobre o uso do MFV associado aos indicadores de desempenho financeiro da TOC. Após a análise dos dados foi possível concluir que os estudos com o uso do MFV associado à TOC buscavam, dentre outras melhorias, a obtenção da redução do Lead Time e o aumento da produtividade da organização.

Desta forma, foi proposto um modelo de 7 passos por meio da associação do MFV aos indicadores financeiros da TOC, que, ao ser aplicado em uma indústria Química na família de Esmaltes Sintéticos, contribuiu para a tomada de decisão do gestor da Produção quanto à melhor proposta de fluxo futuro com base nos

indicadores financeiros. A partir do modelo foi possível observar e analisar o impacto das ações operacionais nos indicadores globais da TOC.

Em adição, é necessário destacar o benefício que o estudo pode agregar uma melhor qualidade dos funcionários, em relação à ergonomia e uma melhor distribuição da carga de trabalho; e ao meio ambiente, cujas melhorias no planejamento do mix de produtos (cores) e no setup irão contribuir para a redução do consumo de solvente aguarrás. A aplicação do modelo trouxe ainda uma reflexão ao gestor de produção uma vez que, além da possibilidade de enxergar as ineficiências do processo, teve a possibilidade de enxergar o efeito das melhorias do processo no resultado financeiro com as medidas de desempenho da TOC.

Por fim, destaca-se como principal contribuição dessa dissertação o apoio as organizações em mapear o fluxo de valor para, além de identificar os desperdícios e problemas, projetar o fluxo futuro incorporando na tomada de decisão a análise do impacto financeiro.

5.2 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Quanto às limitações deste trabalho, destacam-se o fato de os dados do processo terem sido coletados durante o mapeamento, representando um único momento da realidade da fábrica, referente aos estoques; o mapeamento de uma única família de produtos; é preciso validar a aplicação do modelo em processos cujas etapas de transformação sejam compartilhadas entre as diferentes famílias de produtos; e modelo foi aplicado em ambiente fabril.

Assim, diante das limitações deste estudo, fica como sugestão para trabalhos futuros: a definição de um método de medição e acompanhamento dos resultados do processo e financeiro; a inclusão de indicadores ambientais; o impacto da sazonalidade nos estoques quanto aos resultados financeiros; e testar e validar o modelo em outros processos, como por exemplo, administrativo, típico de empresas de serviços.

REFERÊNCIAS

- ALEIXO, A. C.; SEGRETTI, J. B. Teoria das Restrições – aplicação de seus conceitos na gestão empresarial da indústria de calçados. XI Congresso Brasileiro de Custos. Anais. Porto Seguro, 2004.
- ALVAREZ, K.; ALDAS, D. and REYES, J.. "Towards Lean Manufacturing from Theory of Constraints: A Case Study in Footwear Industry," 2017 International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application (ICIMSA), 2017, pp. 1-8, doi: 10.1109/ICIMSA.2017.7985615.
- ALZUBI, E.; ATIEH, A.M.; ABU SHGAIR, K.; DAMIANI, J.; SUNNA, S.; MADI, A. Hybrid Integrations of Value Stream Mapping, Theory of Constraints and Simulation: Application to Wooden Furniture Industry. Processes 2019, 7, 816. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/pr7110816>>
- ANTUNES, J. A. V. (1994) – O Mecanismo da Função da Produção: a Análise dos Sistemas Produtivos do ponto-de-vista de uma Rede de Processos e Operações. Revista da Produção, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 33-46.
- ANTUNES JUNIOR, J. A. V. Em Direção a Uma Teoria Geral do Processo na Administração da Produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero. Tese de Doutorado em Administração. Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1998
- ANTUNES, J., ALVAREZ, R., KLIPPEL, M., BORTOLOTTI, P., PELLEGRIN, I. Sistemas de Produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre, Bookman, 2008.
- BASU, P. and K. DAN, P. (2014), "Capacity augmentation with VSM methodology for lean manufacturing", International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 5 No. 3, pp. 279-292. Disponível em <<https://doi-org.ez16.periodicos.capes.gov.br/10.1108/IJLSS-07-2013-0036>>
- BYLINSKI, G. An efficiency guru with a brown box. Fortune 108, 120–132. 1983.
- CAUCHICK MIGUEL, P. C. et al. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. Rio de Janeiro: Elsevier, ABEPRO. 2 ed., 2012.
- CHAVEZ, C., BAZAN, K., EYZAGUIRRE, J.C., RAMOS, E., BASU, A.N. The Peruvian furniture industry: An integration model for lean, Six Sigma and theory of constraints. (2020) International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling, 11 (4), pp. 333-357. doi: 10.1504/IJBPSM.2020.112729
- CHIOU, C. C.; JHANG, T. W.; DENG, Y. X., TSAI, J. T. and PERNG, C.. "Applying lean and TOC to improvement delivery performance for machine tool manufacturers,"

2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2014, pp. 953-957, doi: 10.1109/IEEM.2014.7058779.

CIA, J. N. S. Sistema de gerenciamento de liquidez sob a ótica da Teoria das Restrições: uma adaptação da metodologia Fleuriet. Tese de Doutorado. FGV/SP, 1998.

COGAN, S. Contabilidade Gerencial: uma abordagem da teoria das restrições. São Paulo: Saraiva, 2007.

CORBETT NETO, Thomas. Uma comparação entre "Activity-Based Costing" e Teoria das restrições, no contexto da contabilidade gerencial. Dissertação de Mestrado em Administração – FGV – São Paulo, 1996.

CORBETT NETO, Thomas. Contabilidade de ganhos: a nova contabilidade gerencial de acordo com a teoria das restrições. São Paulo: Nobel, 1997

CORBETT NETO, Thomas. Bússola Financeira: O processo decisório da Teoria das Restrições. São Paulo: Nobel, 2005.

COX J. e SPENCER, MS, Handbook of Theory of Constraints, Bookman, Porto Alegre, 2002.

CSILLAG, João M., NETO, Thomas C. Utilização da Teoria das Restrições no ambiente de manufatura em empresas no Brasil. EAESP/FGV/NPP – Núcleo de Pesquisas e Publicações – Relatório de Pesquisa n.18/1998.

DARLINGTON, John; FRANCIS, Mark; FOUND, Pauline and THOMAS, Andrew (2015) Design and implementation of a Drum-Buffer-Rope pull-system, Production Planning & Control, 26:6, 489-504, DOI: 10.1080/09537287.2014.926409.

DA SILVA, N. A.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V.. Diagnosis on function Production in micro and small textile industry taking as a basis the Toyota production system and theory of restrictions: Proposal of an instrument. Revista Espacios, Volume 38, Issue 21, Pages 39 – 51. 2017

FERRO, J. R. Prefácio, In: ROTHER, Mike; SHOOK, John. Aprendendo a Enxergar: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

GALVÃO, E. M.; VALENTE, B. C.; COTRIM, S. L.; GALDAMEZ, E. V. C.; LEAL, G. C. L. A hybrid model for planning programming and control of production for micro and small enterprises. Indep. J. Manag. Prod. 2020, 11, 1163–1183

GARTNER, R. M. T.; MEDEIROS, D. D. Aplicação do mapa de fluxo de valor: estudo de caso em uma indústria do segmento de tintas imobiliárias. In: ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu. Anais. Paraná: Abepro, 2022.

GHINATO, P. Elementos para a compreensão de princípios fundamentais do Sistema Toyota de Produção: Automação e Zero Defeitos. Dissertação de Mestrado PPGEP/UFRGS, Porto Alegre, 1994.

GHINATO, P. Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time. Caxias do sul: EducS, 1996

GHINATO, P. Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações. Ed.: Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife, 2000.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLDRATT, Eliyahu M. Optimized production timetables: a revolutionary program for industry. In: APICS 23rd Annual International Conference, APICS, Falls Church. 1980

GOLDRATT, Eliyahu M. A síndrome do Palheiro: Garimpando informações num oceano de dados. São Paulo: C. Fulmann. 1991

GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. A Meta: um processo de melhoria contínua. São Paulo: Novel, 2002

GOLDRATT, Eliyahu M.; A Corrida pela Vantagem Competitiva. São Paulo: C. Fulmann. 1991

GUERREIRO, Reinaldo; A Meta da Empresa Seu Alcance Sem Mistérios. São Paulo: Editora Atlas S.A. 1996.

KENDAL, Gerald, I.; Visão Viável – Transformando Faturamento em Lucro Líquido. 1. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

KHAYRULLINA, M. V.; KISLITSYNA, O. A.; CHUVAEV, A. V. Production Systems Continuous Improvement Modelling. Quality Innovation Prosperity, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 73–86, 2015. DOI: 10.12776/qip.v19i2.576. Disponível em: <https://www.qip-journal.eu/index.php/QIP/article/view/576>. Acesso em: 22 abr. 2022.

LANDA, Jazmin V.; SUÁREZ, Angie R.; MENDOZA, Pablo F., and ALVAREZ, José C.. Reduction of delivery times in a Peruvian metal-mechanical company. International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage 2020 12:2-3, 266-293, doi: 10.1504/IJSSCA.2020.110980

LIBRELATO, Tatiane Pereira; LACERDA, Daniel Pacheco; RODRIGUES, Luís Henrique; VEIT, Douglas Rafael. (2014), "A process improvement approach based on the Value Stream Mapping and the Theory of Constraints Thinking Process", Business Process Management Journal, Vol. 20 No. 6, pp. 922-949. Disponível em <<https://doi-org.ez16.periodicos.capes.gov.br/10.1108/BPMJ-07-2013-0098>>

LIKER, J. K. O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J. K.; MEIER, D. o Modelo Toyota: manual de aplicação. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LUTILSKY, I.D.; LIOVIĆ, D.; MARKOVIC, M. Throughput Accounting: profit-focused cost accounting method. In International Conference Interdisciplinary Management Research XIV, Opatija–Croatia, 18–20 May 2018.

MALLAMPATI, Mahesh; SRIVINIVAS, Kolla; TIRUMALA, Krishna M. Design Process to Reduce Production Cycle Time in Product Development. IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI) Vol. 7, No. 3, pp. 125~129. Setembro, 2018.

NONNEMACHER, G.; PACHECO, Diego. (2017). Análise da integração da teoria das restrições e do lean manufacturing no contexto da pequena empresa. Revista Gestão Inovação e Tecnologias. 7. 3998-4012. 10.7198/geintec.v7.i3.743.

NOREEN, E.; SMITH, D.; MACKEY, J. T. A Teoria das Restrições e suas implicações na Contabilidade Gerencial. São Paulo: Educator, 1996.

NUNES, F. L.; MENEZES, F. M.. Sistema Hyndai de Produção e o Sistema Toyota de Produção: Suas interações e diferenças. Revista Acadêmica São Marcos, [S.1], v. 4, n. 2, p. 101 – 120, jan. 2015.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PATIL, Aditya S.; PISAL, Mahesh V.; SURYAVANSHI, Chandrakant T.. Aplicação do mapeamento do fluxo de valor para aumentar a produtividade reduzindo o lead time de manufatura em uma empresa de manufatura: um estudo de caso. J. apl. res. technol , Ciudad de México , v. 19, n. 1, pág. 11-22, 2021. Disponível em <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-64232021000100011&lng=en&nrm=iso>. acesso em 20/04/2022. Epub 30 de julho de 2021.

PERGHER, I.; RODRIGUES, L.H. e LACERD, D.P.. Theoretical discussion of the concept of wastes in the Toyota Production System: Introducing the throughput logic of the Theory of Constraints. Gestão & Produção [online]. 2011, v. 18, n. 4 [Acessado 22 Abril 2022], pp. 673-686. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-530X2011000400001>>. Epub 05 Abr 2012. ISSN 1806-9649. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2011000400001>.

PORTA, Y. W. C. ; VALENTIN, P. Y. D. ; MARTICORENA, F. L. S. and HUAMÁN, P. L. R.. 2021. Process Optimization based on the Theory of Constraints and VSM Applied in a Distribution Company. In The 2021 7th International Conference on Industrial and Business Engineering (ICIBE 2021). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 135–141. Disponível em <<https://doi-org.ez16.periodicos.capes.gov.br/10.1145/3494583.3494619>>

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em:

<https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/291348/mod_resource/content/3/2.1-E-book-Metodologia-do-Trabalho-Cientifico-2.pdf> Acesso em: 10/10/2021

RAS, E.; VISSER, J.K.. A model for continuous improvement at a South African minerals beneficiation plant. *S. Afr. J. Ind. Eng.*, Pretoria, v. 26, n. 1, p. 191-206, May 2015 . Available from
<http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-78902015000100015&lng=en&nrm=iso> Acesso em 22 Abril 2022.

RODRIGUES, L. H. Apresentação e Análise Crítica da Tecnologia da Produção Otimizada (Optimized Production Technology - OPT) e da Teoria das Restrições (Theory of Constraints - TOC). In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 14., 1990, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2004.

ROJAS, Cláudia; QUISPE, Grimaldo; and RAYMUNDO, Carlos. "Lean Optimization Model for Managing the Yield of Pima Cotton (*Gossypium Barbadosense*) in Small-and Medium-Sized Farms in the Peruvian Coast," 2018 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/CONIITI.2018.8587062.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. Aprendendo a Enxergar: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SANTOS, Reinaldo Fagundes dos e ALVES, João Murta. Proposal of an integrated management model for supply chain: Application in home appliances segment. *Production* [online]. 2015, v. 25, n. 1 [Acessado 22 Abril 2022], pp. 125-142. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-65132014005000013>>. Epub 21 Mar 2014. ISSN 1980-5411. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132014005000013>.

SCHNEIDER, V.; CARVALHO, P. S.; TABORDA, L. W. (2021). Estudo do processo de tanques isotérmicos rodoviários cilíndricos visando ações de melhorias através do Lean Manufacturing e mapa do fluxo de valor. *Exacta*, 19(1), 35-51. Disponível em <<https://doi.org/10.5585/exactaep.v19n1.8940>> acesso em 20/04/2022

SHINGO, Shigeo. Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System. Productivity Press, Cambridge, Massachusetts and Norwalk, Connecticut, 1986.

SHINGO, S. O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996a

SHINGO, S. Sistemas de produção com estoque zero. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996b.

SCHOPENHAUER, Arthur. Parerga and Paralipomena. Ed. Adelphi, 1998.

SIMATUPANG, TM, HURLEY, SF e EVANS, AN (1997), "Revitalizing TQM Effort: a self-reflection diagnostic based on the Theory of Constraints", *Management Decision*, vol. 35N °10, pp.746-752.

SIMS, T. & WAN, H.-d.. Constraint identification techniques for lean manufacturing systems. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 43, p. 50-58, 2017

SINISGALLI, Evandro S.L. Comparação entre a Contabilidade de Custos e a Contabilidade de Ganhos da Teoria das Restrições e o impacto nas decisões da empresa. Dissertação de Mestrado. ITA/SP, 2004.

SIQUEIRA, A. M; PAMPLONA, E. O. Utilização das medidas de desempenho do TOC (Theory of Constraints) como instrumento de decisão. In: XIV Congresso Brasileiro de Custos, Anais ... João Pessoa, PB, Brasil, 2007.

TSOU, C. (2013), "Sobre a estratégia de colaboração da cadeia de abastecimento com base na gestão de nível de meta de inventário dinâmico: uma teoria da perspectiva de restrição", *Applied Mathematical Modeling*, Vol. 37No.7, pp.5204-5214.

UMBLE, MM e UMBLE, EJ (1999), "Tambor-tampão-corda para estoque inferior", *Gestão Industrial*, Vol. 41No.5, pp.24 de-33

VIEIRA, G. F.; WEISS, J.M.G.. Applications of template A3 and value-stream mapping in process improvement: the case of building elevators installation. *Gestão & Produção* [online]. 2021, v. 28, n. 1. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9649.2020v28e4795>>. acesso em 20/04/2022.

VOTTO, Rodrigo Goulart e FERNANDES, Flavio Cesar Faria. Produção enxuta e teoria das restrições: proposta de um método para implantação conjunta na Indústria de Bens de Capital sob Encomenda. *Gestão & Produção* [online]. 2014, v. 21, n. 1 [Acessado 22 Abril 2022], pp. 45-63. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000009>>. Epub 22 Nov 2013. ISSN 1806-9649. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000009>.

WATSON, Kevin J.; BLACKSTONE, John H.; GARDINER, Stanley C. The evolution of a management philosophy: The theory of constraints. *Journal of Operations Management*, V.25, n.2, p. 387 – 402, Mar. 2007.

Wen, C.L., Wee, H.M. and Wu, S. (2014), "Revisiting lean manufacturing process with vendor managed inventory system", 5th International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation (IEMI 2014), Atlantis Press, Xi'an, 21-22 July

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. Prefácio, In: ROTHER, Mike; SHOOK, John. *Aprendendo a Enxergar: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. A mentalidade enxuta nas empresas – elimine o desperdício e crie riquezas. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, P. J., JONES, D. T., & ROOS, D. A máquina que mudou o mundo. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.