

UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Marcelo Fachini Queiroz

**PROPOSTA DE MELHORIA NAS MATRIZES DE DESDOBRAMENTO
DE CUSTOS LOGÍSTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

Prof. Dr. João Batista de Camargo Junior
Orientador

Araraquara, SP – Brasil
2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Q44p Queiroz, Marcelo Fachini

Proposta de melhoria nas matrizes de desdobramento de custos logísticos/
Marcelo Fachini Queiroz. – Araraquara: Universidade de Araraquara, 2020.
136f.

Dissertação (Mestrado) - Mestrado Profissional em Engenharia de
Produção – Universidade de Araraquara - UNIARA

Orientador: Prof. Dr. João Batista de Camargo Junior

1. Logística. 2. Desempenho logístico. 3. Mensuração de desempenho.
4. Média empresa. 5. Setor moveleiro. I. Título.

CDU 62-1

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

QUEIROZ, M. F. **Proposta de melhoria nas matrizes de desdobramento de custos logísticos**. 2020. Número de 136fls. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade de Araraquara, Araraquara-SP.

ATESTADO DE AUTORIA E CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Marcelo Fachini Queiroz

TÍTULO DO TRABALHO: Proposta de melhoria nas matrizes de desdobramento de custos logísticos

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2020

Conforme LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998, o autor declara ser integralmente responsável pelo conteúdo desta dissertação e concede a Universidade de Araraquara permissão para reproduzi-la, bem como emprestá-la ou ainda vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a sua autorização.



Assinatura Aluno(a)

Marcelo Fachini Queiroz

Universidade de Araraquara – UNIARA

Rua Carlos Gomes, 1217, Centro. CEP: 14801–340, Araraquara-SP

E-mail: Marcelo_fachini@hotmail.com



UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA - UNIARA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara – UNIARA – para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

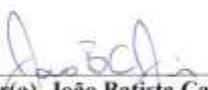
NOME DO AUTOR: **MARCELO FACHINI QUEIROZ**

TÍTULO DO TRABALHO:

" PROPOSTA DE MELHORIA NAS MATRIZES DE DESDOBRAMENTO DE CUSTOS LOGÍSTICOS."

Assinatura do(a) Examinador(a)

Conceito



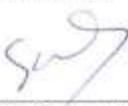
Prof(a). Dr(a). João Batista Camargo Junior (orientador(a))
Universidade de Araraquara - UNIARA

Aprovado () Reprovado



Prof(a). Dr(a). José Luís Garcia Hermosilla
Universidade de Araraquara - UNIARA

Aprovado () Reprovado



Prof(a). Dr(a). Silvio Roberto Ignácio Pires
Fundação Getúlio Vargas - FGV

Aprovado () Reprovado

Versão definitiva revisada pelo(a) orientador(a) em: 23 / 04 / 2020



Prof(a). Dr(a). João Batista Camargo Junior (orientador(a))

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus, pelo dom da vida e por me permitir e conceder forças para finalizar esse trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Batista de Camargo Junior, pela sua determinação, comprometimento, apoio e paciência para o desenvolvimento dessa dissertação. Fica aqui o meu imenso agradecimento à toda sua sabedoria e competência em conduzir esse trabalho.

Aos professores e funcionários do curso de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da UNIARA, pelos ensinamentos e dedicação.

A Whirlpool por confiar e me propiciar mais essa conquista em minha vida.

A todas as empresas e pessoas que colaboraram nesse trabalho com suas experiências e conhecimentos, e foram fundamentais para a conclusão desse projeto.

Aos colegas de curso, pela amizade, companheirismo e por compartilhar e proporcionar ensinamentos e experiências de vida incríveis.

A minha esposa, pela parceria e pelo amor durante o tempo dedicado para esse trabalho, sem esse seu apoio, eu não conseguiria avançar nesse trabalho.

Aos meus pais, que plantaram a semente do conhecimento e o valor pelo estudo na minha vida.

A toda minha família, por me apoiar em todas as fases da minha vida.

A todos que diretamente ou indiretamente, compartilharam para a execução desse trabalho.

*"O único lugar aonde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário."
(Albert Einstein)*

RESUMO

A necessidade de redução de custos e aumento de produtividade nas organizações, aliada a pouca disponibilidade de recursos para investimento, gera a necessidade do emprego de metodologias que atuem nesse sentido. A filosofia *lean manufacturing* é utilizada com esse intuito, identificando atividades que não agregam valor para o produto ou serviço. A dificuldade de sua utilização é que muitas empresas não conseguem ser efetivas na redução dos desperdícios, principalmente na Logística, que é geradora de vantagem competitiva. Em consequência surgiu a metodologia *World Class Manufacturing* (WCM), ou Manufatura de Classe Mundial, que é uma alternativa ao *lean* com potencial de trazer resultados mais rápidos, uma vez que contém um sistema de gestão integrado de redução de custos e de excelência em processos produtivos e logísticos. Chamado *Cost Deployment* (CD), esse sistema é composto por matrizes que auxiliam na busca da competitividade de Classe Mundial nas empresas. Embora possa proporcionar vantagens em relação ao *lean*, essa metodologia é pouco explorada por ser complexa e extensa. Assim, essa pesquisa teve como objetivo propor melhorias nas matrizes de desdobramentos de custos logísticos utilizadas por empresas que trabalham com a metodologia WCM. Em relação a metodologia, essa pesquisa classifica-se como aplicada, descritiva e qualitativa, com recorte transversal e caracterizada como estudo de múltiplos casos. A coleta de dados foi realizada em seis empresas que trabalham com matrizes de custos logísticos por meio de entrevistas semiestruturadas com 24 profissionais, além de análise documental. As principais melhorias propostas concentram-se na criação de mais uma macro perda na matriz A, de uma pré-matriz B, na quantificação gráfica de perdas em processos e causas na matriz C e na criação de escalas numéricas para a matriz D. Conclui-se que essas matrizes de custos proporcionam benefícios, desde que sejam ajustadas às características produtivas das empresas nas quais serão aplicadas.

Palavras-chave: Manufatura de Classe Mundial. Desdobramento de Custos Logísticos. *Lean Manufacturing*. Pilar de Logística

ABSTRACT

The growing need to reduce costs and increase productivity in organizations, coupled with the limited availability of resources for investment, creates a need for the use of methodologies that work in this direction. The lean manufacturing philosophy is used for this purpose, identifying activities that do not add value to the product or service, and should be eliminated from the production process. The difficulty in using it is that many companies are unable to be effective in reducing waste, especially in Logistics, which generates competitive advantage in companies. With that, the World Class Manufacturing (WCM) methodology, or World Class Manufacturing, emerged, which is an alternative to lean, with the potential to bring faster results, as it contains an integrated management system of cost reduction and process excellence called Cost Deployment (CD), this system is composed of matrices assisting in the search for World Class competitiveness in companies. Although it can provide advantages over lean, this methodology is little explored because it is complex and extensive. Thus, this research aimed to propose improvements in the existing matrices in companies that work with WCM. Regarding the methodology, this research is classified as applied, descriptive and qualitative, with a transversal cut and characterized as a study of multiple cases. Data collection was carried out in six companies that work with logistic cost matrices through semi-structured interviews with 24 employees, in addition to documentary analysis. The main improvements proposed focus on creating yet another macro loss in matrix A, a pre-matrix B, graphically quantifying losses in processes and causes in matrix C and creating numerical scales for matrix D. These cost matrices have positive aspects for companies, as long as the productive characteristics of the companies in which they will be applied are adjusted.

Keywords: World Class Manufacturing. Logistics Cost Deployment. Cost Matrix. Lean Manufacturing. Logistics Pillar.

Lista de Figuras

Figura 1 - Componentes de um sistema de produção.....	22
Figura 2 - Tipos de produção e correlação entre volume de produção e variedade de produtos	26
Figura 3 - Tipos de produção de serviços e correlação entre volume e variedade de serviços	27
Figura 4 - Evolução da Manufatura Enxuta.....	29
Figura 5 - Primeiro Modelo da Manufatura de Classe Mundial.....	39
Figura 6 - Premissas do WCM	40
Figura 7 - Passos do WCM nas fases reativa, preventiva e proativa.....	44
Figura 8 - Templo de WCM.....	45
Figura 9 - Critérios de Avaliação WCM	49
Figura 10 - Sete passos do pilar de logística e atendimento ao cliente	50
Figura 11 - Os sete passos do pilar de desdobramento de custos	56
Figura 12 - Matrizes do pilar de desdobramento de custos	57
Figura 13 - Custos do CD de Fábrica e do CD de Logística	59
Figura 14 - Fontes de Custo do CD de Fábrica e do CD de Logística	60
Figura 15 - Relação das vinte e uma perdas logísticas do CD de logística	61
Figura 16 - Estrutura da Matriz A.....	62
Figura 17 - Definição dos custos logísticos padrão, ótimo e ideal.....	63
Figura 18 - Exemplo de Perdas Causais e Perdas Resultantes na Matriz B	64
Figura 19 - Exemplo de Estrutura da Matriz C	65
Figura 20 - Exemplo da Matriz D.....	66
Figura 21 - Classificação das perdas em ambientes ETO	70
Figura 22 - Exemplo de Matriz A para ambientes ETO	72
Figura 23 - Etapas metodológicas simplificadas da pesquisa.....	84
Figura 24 - Estágios para implementação do CD de Logística	105
Figura 25 - Variáveis de custo utilizadas para o CD de Logística.....	107
Figura 26 - Exemplo de gráfico de análise residual de perdas do CD.....	108
Figura 27 - Novo formato da Matriz A quanto a variável estoque	110
Figura 28 - Novo formato da Matriz A quanto a variável mão de obra.....	110
Figura 29 - Novo formato da Matriz A quanto a variável transporte	110
Figura 30 - Exemplo do novo formato da Pré-Matriz B para correlação de perdas.....	111
Figura 31 - Exemplo da matriz B com as causas levantadas na pesquisa	112
Figura 32 - Exemplo de gráfico das perdas causais logísticas	114
Figura 33 - Exemplo de gráfico dos processos logísticos	114
Figura 34 - Escalas para análise ICF na matriz D	115
Figura 35 - Exemplo de matriz D com as melhorias propostas.....	116

Lista de Quadros

Quadro 1 - Principais Ferramentas da Manufatura Enxuta	33
Quadro 2 - Principais Ferramentas do WCM	40
Quadro 3 - Mapa das Premissas de Implementação do Pilar de Logística.....	52
Quadro 4 - Critérios de Avaliação Logística	53
Quadro 5 - Exemplo de decomposição parcial de um processo de montagem de vagão de trem	71
Quadro 6 - Protocolo da Pesquisa	78
Quadro 7 - Relação dos empregados envolvidos na Pesquisa – Entrevistados.....	81
Quadro 8 - Causas logísticas relevantes para a matriz B.....	96
Quadro 9 - Definição das variáveis de custo do CD de Logística.....	106
Quadro 10 - Resumo das melhorias e ações propostas nas matrizes do CD	117

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção.
AM – *Autonomous Maintenance*.
ATO – *Assembly to Order*.
CAPEX - *Capital Expenditure*.
CD - *Cost Deployment*.
DOE - *Design Of Experiments*.
EPM - *Early Product Management*.
ETO - *Engineering To Order*.
FCA - *Fiat Chrysler Automobiles*.
FET - Folha de Elementos do Trabalho.
FIFO - *First In First Out*.
HERCA - *Human Error Root Cause Analysis*.
ICF - Impacto, Custo, Facilidade.
IVA- Ingenjör Vetenskaps Akademien
JIT - *Just-in-time*.
KPI - *Key Performance Indicator*.
LCS - *Logistics and Customer Service*.
LUP – Lição de Um Ponto.
ME – Manufatura Enxuta.
MTO – *Make to Order*.
MTS – *Make to Stock*.
NVAA – *Not Value-Added Activities*.
PFMEA – *Process Failure Mode and Effect Analysis*.
PPA - *Process Point Analysis*.
QuOA - *Quality Operations Analysis*.
RFID - *Radio-Frequency Identification*
SCM - Supply Chain Management.
SMED - *Single Minute Exchange of Die*.
SOP - *Standard Operating Procedures*.
STP – Sistema Toyota de Produção.
TI - Tecnologias de Informação.
TIE - *Total Industrial Engineering*.
TPM - *Total Productive Maintenance*.
TQC - *Total Quality Control*.
TWTP - *The Way To Teach People*.
VSM - *Value Stream Mapping*.
WCM - *World Class Manufacturing*.
WO - *Workplace Organization*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Problemática	14
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17
1.3 Justificativa	17
1.4 Classificação Metodológica.....	19
1.5 Estrutura do Trabalho	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 Sistemas de Produção	21
2.1.1 Tipos de Sistemas de Produção e Serviços.....	23
2.2 Manufatura Enxuta	27
2.2.1 Tipos de Desperdício, Perdas e Princípios da Manufatura Enxuta	30
2.2.2 Ferramentas e Implementação da Manufatura Enxuta	32
2.3 Manufatura de Classe Mundial.....	38
2.3.1 Pilares Técnicos e Pilares Gerenciais do WCM	44
2.3.2 Pilar Técnico de Logística	49
2.3.3 Pilar Técnico de Desdobramento de Custos	54
2.4 Desdobramento de Custos Logísticos.....	57
2.5 Oportunidades de Melhorias nas Matrizes de Desdobramento de Custos	67
3 METODOLOGIA	75
3.1 Classificação da Pesquisa	75
3.2 Unidades de Análise	79
3.3 Coleta e Análise de Dados.....	83
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	85
5. PROPOSTA DE MELHORIA PARA AS MATRIZES DO CD	104
6. CONCLUSÃO	118
REFERÊNCIAS	123
APÊNDICE A - Roteiro de entrevista.....	135

1. INTRODUÇÃO

Altos níveis de excelência não mais devem ser apenas exigência dos clientes, e sim estar intrínsecos aos processos e produtos das empresas. Preços geralmente são ditados pelo mercado, cabendo às organizações maximizarem seus lucros por meio da redução de custos (GARCIA, 2015).

Para atender a esses novos desafios de mercado, a manufatura é tida como principal fator de garantia da competitividade. Na busca pela excelência em produtividade surgiram e se consagraram várias técnicas de gestão de produção, tais como Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*), Gestão da Qualidade Total, *Just-in-Time* (GARCIA, 2015) e a metodologia *World Class Manufacturing* (WCM).

A ideia de Manufatura de Classe Mundial ou *World Class Manufacturing* foi originalmente introduzida como um conceito de competição global. Hayes e Wheelwright (1984), por exemplo, perceberam que a indústria americana estava perdendo competitividade e produtividade pela falta de visão global. Assim, na visão desses autores, era necessário um redirecionamento para estratégias de classe mundial, ou seja, com foco mais no atendimento das exigências crescentes do mercado do que na localização das plantas produtivas. Essa foi a base do conceito inicial do WCM, que serviu como alicerce para a metodologia WCM desenvolvida plenamente em meados dos anos 2000. Para Wireman (1990), o WCM caracteriza-se como um desses modelos de gestão que busca garantir a excelência da gestão, de processo e de produtos pela redução das perdas de forma intensa e diferenciada através de equipes de alto desempenho. É caracterizado, entre outras coisas, por se superar nos quesitos qualidade e tecnologia, indo na direção da excelência empresarial. No contexto desse trabalho, as menções à WCM serão sempre referentes a metodologia WCM originada a partir do conceito de *World Class Manufacturing*.

A metodologia WCM começou a ganhar força no Brasil devido a algumas empresas automotivas, que foram pioneiras na aplicação dos princípios para que uma empresa se torne de Classe Mundial. Richard Schonberger foi o responsável pelo primeiro registro do termo no âmbito da metodologia e pela introdução de diversas técnicas de produção nipônicas no mercado norte-americano, como o *Just-in-Time*. Como resultado de suas experiências no país, escreveu vários livros, entre eles, *World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied*. Mas o WCM foi, inicialmente, formatado para o Grupo Fiat, e sua criação se deve

inteiramente ao Dr. Hajime Yamashina, um dos maiores estudiosos do Sistema Toyota de Produção (MARTINS, 2011).

Segundo Yamashina (2007a), as empresas que correspondem às necessidades de mercado são enquadradas na denominação de Classe Mundial e reúnem os melhores processos e técnicas de manufatura do mundo a fim de competir simultaneamente em todas as quatro dimensões competitivas: preço, qualidade, confiabilidade e flexibilidade. O foco é a melhoria contínua e a redução de desperdícios. Tornar-se uma empresa de Classe Mundial é objetivo comum de muitos fabricantes. No entanto, poucas empresas conseguem alcançar este *status*, enquanto muitas não conseguem sequer começar a melhorar suas práticas de fabricação (GARCIA, 2015).

A partir de um conjunto estruturado de métodos e ferramentas, o WCM objetiva otimizar a logística, a qualidade, a manutenção e a produtividade para níveis de classe mundial. Ele é formado por dez pilares técnicos e dez pilares gerenciais, e baseia-se em três elementos essenciais: (1) combater sistematicamente cada desperdício e perda existente em toda a cadeia; (2) envolver pessoas e desenvolver suas competências e; (3) utilizar rigorosamente os métodos e ferramentas apropriados para solucionar as ineficiências do processo (YIDA, 2017).

Dentre esses pilares, dois são importantes para os objetivos desse trabalho. O primeiro deles é o pilar de logística, conhecido por gerir o fluxo produtivo em conjunto com o sistema de produção para garantir a satisfação dos clientes com menor *lead time* (tempo de entrega) e menor custo. Assim, tem por finalidade produzir um fluxo eficiente por meio de análises de variáveis envolvidas na cadeia produtiva, diminuindo estoques, movimentação e transporte de materiais e a possibilidade de danos aos produtos, além de trabalhar com toda a cadeia logística de cliente e fornecedor (YAMASHINA, 2007b). Para Novaes (2001), a logística está em evolução constante, sendo um dos elementos-chave na estratégia competitiva das empresas. Por muito tempo, ela foi relacionada apenas à armazenagem e ao transporte de produtos. Em tempos recentes, a logística passou à condição de ponto nevrálgico da cadeia de suprimentos, incluindo, conforme Pires (2016), uma série de fatores, desde os fornecedores de matéria-prima até o ponto de ocorrência de demanda do produto pelo consumidor final.

O segundo pilar relevante é o de desdobramentos de custos (*Cost Deployment - CD*), que pode ser considerado como a bússola do WCM pois norteia todos os outros pilares em transformar as perdas em custo, quantificando-as em medidas mensuráveis como hora parada de máquina em unidade financeira, energia, refugos e falta de material. Além disso, ele identifica qual o tipo de perda será reduzida. Isso só é possível porque há uma comparação das

perdas com as suas causas e origens. Depois de toda implementação de melhoria, esse pilar avalia a economia obtida (YAMASHINA, 2007a).

Uma das principais razões de existir dificuldade na adoção de um método integrado para apuração de custos logísticos em muitas empresas é a falta de informação apropriada sobre tais custos. Os componentes da cadeia logística apontam para a necessidade de apuração gerencial de custos, visto que os custos logísticos são responsáveis por grande parcela dos custos totais de uma empresa (BALLOU, 2001).

1.1 Problemática

Historicamente, as empresas de manufatura têm se esforçado para obter uma vantagem competitiva, seja atuando na redução de custos ou na produção de produtos diferentes dos concorrentes (GIOVANDO, CROVINI, VENTURINI, 2017). Nesse sentido, Bowersox et al. (2014) destacam que a logística e a cadeia de suprimentos formam um elo essencial no compromisso com o atendimento das expectativas e solicitações fundamentais do cliente, e podem ser a chave para o sucesso das empresas modernas. Complementado essa afirmação, Mondêgo (2017) aponta que a logística é um dos diferenciais competitivos das empresas, e que o motivo do insucesso de muitas delas é o de não possuírem um sistema eficaz de gestão de custos logísticos.

Por conta disso, muitas empresas têm atuado com o WCM, especialmente porque essa metodologia possui um controle de custos eficaz através de ferramentas e métodos adequados para a redução de perdas e desperdícios nos sistemas de manufatura e logística (PALUCHA, 2012, DUDEK, 2014, SILVA et al., 2013, BESTA et al., 2015). Segundo Chiarini e Vagnoni (2015), esse controle de custos está ligado justamente ao pilar de desdobramento de custos do WCM, que é um dos grandes diferenciais dessa metodologia para o *lean* tradicional.

O pilar *Cost Deployment* do WCM vem sendo usado com sucesso para a eliminação de perdas na fábrica e na logística no Grupo Fiat desde 2005, gerando um destacado crescimento produtivo e econômico. Atualmente, o WCM é utilizado nos mais diversos setores e empresas, possuindo diferentes versões e etapas de implementação (PERASSOLLI; REGATTIERI, 2019).

É relevante notar que o CD é formado por matrizes de custos, e essas matrizes podem ser utilizadas para custos fabris e para custos logísticos, que são gerenciados pelo pilar de logística (YAMASHINA, 1999; EMBRACO, 2011, FIAT GROUP, 2007) e são o foco desse estudo. Todavia, essas matrizes de desdobramentos de custos logísticos apresentam possibilidades de melhorias, que vão desde a análise qualitativa das perdas na Matriz A até a

individualização das causas de origem das perdas na Matriz B, causando cálculos equivocados na Matriz C. Isso gera valores incorretos que podem determinar problemas para as empresas que utilizam essa ferramenta e levar a gestão de projetos incorretos ou sem coerência na Matriz D (MARTINS, 2018).

Uma das causas desses erros é porque, segundo Faria, Vieira e Peretti (2012), não há uma distinção correta das perdas nas matrizes. Desse modo, segundo os autores, é importante analisar todo o processo, incluindo para cada perda causal de processo todas as perdas resultantes incorridas nos processos relacionados.

Além disso, segundo Braglia et al. (2019a), o CD possui a limitação de não poder ser aplicado em empresas com contextos de ETO (*Engineering To Order* ou Engenharia sob encomenda). Isso ocorre porque em ambientes de produção repetitiva é relativamente simples definir e medir indicadores padrões ou usar ferramentas analíticas para converter as perdas em custos de fabricação. Já nos sistemas de produção ETO, caracterizados por produtos finais grandes e complexos, com centenas ou até milhares de elementos, tarefas, tempos de ciclo altos e estações de montagem com locais fixos manuais, pode ser muito difícil aplicar uma metodologia padrão para a atribuição de custos econômicos de fabricação. Nesse sentido, os autores propõem duas mudanças substanciais no CD. A primeira consiste em substituir o conceito de estação pela macro atividade de montagem manual do produto acabado. A segunda define uma nova estrutura para a classificação de perdas, projetada especificamente para analisar as ineficiências nas macros atividades de montagem manual.

Braglia et al. (2019a) ainda apontam que a adoção de uma técnica capaz de investigar o impacto de perdas nos custos gerais do projeto seria extremamente valiosa para todos os ambientes de ETO.

Já segundo Gusmão e Silva (2016), o CD leva em consideração somente questões de redução de custos, e não avalia o envolvimento dos funcionários, as características da empresa que facilitam ou dificultam a aplicação de uma determinada ferramenta ou método e as habilidades requeridas para utilização de uma ferramenta específica. Segundo os autores, tais decisões também têm impacto estratégico dentro da organização e influenciam diretamente sua posição competitiva.

Outro problema do CD é a dificuldade de estimar perdas devido à abordagem padrão do controle orçamentário e ao sistema contábil atual, que não permite uma avaliação apropriada das perdas. O orçamento não mostra, em particular, relações de causa-efeito. Isso significa que ele não distingue as perdas resultantes das perdas causais e não permite focar em suas fontes. Clarificando, uma perda casual é uma perda que surge de um problema num equipamento ou

num processo. Já uma perda resultante é aquela que resulta de uma perda num outro processo ou equipamento. Além disso, a abordagem de avaliação se concentra em processos individuais simples e não busca visualizar a cadeia de valor como um todo. Isso leva à ausência de ligações entre todos os fluxos de uma empresa, o que pode vir a causar uma incompatibilidade entre seus objetivos, resultados e projetos de melhoria. Existem poucas metodologias disponíveis para, especificamente, identificar, avaliar e eliminar perdas nas empresas. Ademais, as melhorias propostas nem sempre são implementadas como esperado e, às vezes, não estão alinhadas com as metas estratégicas (ABISOUROUR et al., 2019).

Além dos pontos citados, diversos autores concordam que para melhorar a eficácia do CD e eliminar as perdas corretamente, é necessário que as empresas aprimorem a coleta de dados, visto que ela não se mostra efetiva. Isso ocorre principalmente pelo número insuficiente de observações em relação ao custo das perdas, por dados não confiáveis e sem controle que geram fontes de variabilidade e pela falta de classificação de perdas por grau de importância na fabricação dos produtos (KODALI; SANGWAN; SUNNAPWAR, 2004, NACHIAPPAN; ANANTHARAMAN, 2006, BRAGLIA et al, 2019a, ABISOUROUR et al., 2019).

Já em outro trabalho, Braglia et al. (2019b) relatam a dificuldade de outros modelos de CD adotados pelas empresas. Além do CD de Fábrica e de Logística, os autores mencionam que o CD do pilar de Energia e Meio Ambiente não pode ser usado para combater todas perdas de energia em diferentes modelos de empresas.

Outro ponto é a falta de atualização das matrizes do CD, endereçando as perdas residuais de anos anteriores, tendo em vista uma visão de 5 anos para as matrizes do CD (MARTINS, 2018). Especificamente sobre as matrizes do CD, uma limitação da Matriz A está atrelada a existência de vinte e uma perdas logísticas, que não extraem o total potencial das variáveis dentro dessas perdas. Além disso, essa matriz está limitada a apenas cinco principais variáveis de custos logísticos (GUGLIELMINO, 2018). Já na matriz B, tem-se a distinção e relação ineficazes das perdas causais e resultantes (GIOVANDO; CROVINI; VENTURINI, 2017). A Matriz C, por sua vez, tem como limitação não possuir um padrão para inserção das perdas e processos produtivos (FARIA; VIEIRA; PERETTI, 2012). Por fim, a matriz D carece, segundo Ramos (2016), de um sistema mais eficaz e menos complexo de escolha dos métodos e ferramentas a serem utilizados na resolução de problemas.

Reforçando o ponto de uma coleta de dados eficiente e o impacto que isso causa nas empresas, Ramos (2016) afirma que a análise intuitiva usa muito mais elementos subjetivos e passíveis de erro. Já uma análise de informações confiáveis baseia-se em elementos concretos

e tangíveis, gerando maior confiabilidade nos dados, o que leva a otimização de recursos, maior produtividade, redução de riscos e o alcance dos resultados desejados. Como se vê, esse é mais um exemplo de melhoria que poderia gerar impactos relevantes nas organizações.

Portanto, com base nessas argumentações, a pergunta dessa pesquisa é: Quais as possíveis melhorias que poderiam ser aplicadas nas matrizes de desdobramentos de custos logísticos que são utilizadas por empresas que trabalham com a metodologia WCM?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Propor melhorias nas matrizes de desdobramentos de custos logísticos utilizadas por empresas que trabalham com a metodologia WCM.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar como são identificadas as causas das maiores perdas logísticas nas empresas estudadas;
- b) Levantar as melhores práticas relacionadas à aplicação da ferramenta nas empresas estudadas;
- c) Analisar os processos de identificação de custos logísticos atuais e os modelos propostos de custo logístico ideal nas empresas estudadas.

1.3 Justificativa

Com a mudança dos requisitos dos clientes e a crescente busca pela redução de custos, se desenvolveu a metodologia conhecida como *lean manufacturing*, cujos objetivos passam pela melhoria contínua. Inspirada nesta filosofia, surgiu o WCM (MURINO et al., 2012), que tem por base os modelos criados pelas práticas de produção japonesas depois da Segunda Guerra Mundial, especialmente nos resultados obtidos com a reorganização da produção. Desta forma, o WCM adapta as ideias utilizadas pelos japoneses nos setores automobilístico e elétrico para alcançar vantagens competitivas significativas (SILVA; KOVALESKI; GAIA; GARCIA; ANDRADE JÚNIOR, 2013).

A justificativa para o uso do WCM pelas empresas atualmente é que as práticas tradicionais do *lean* têm sido implementadas pelas organizações como uma estratégia de manufatura apenas, e que existe dificuldade para adotar a cultura organizacional e a mentalidade enxuta sem uma estrutura formal para verificação das melhorias. Já a abordagem do WCM é baseada na melhoria contínua das melhores práticas em todas as áreas da organização, o que conduz a um desempenho superior e melhora a competitividade como um todo (OLIVEIRA et al., 2018).

Outro ponto importante é que o WCM é difundido por toda a empresa através de uma filosofia *top down*, ou seja, de cima para baixo, e assim o comprometimento de todos os empregados é incentivado para o sucesso da metodologia. Além disso, o WCM possui 10 pilares gerenciais para medir o comprometimento e envolvimento das pessoas (TODOROVIC et al., 2013). Por essas razões, segundo Yida (2017), o uso do WCM tem crescido com o passar dos anos, trazendo excelentes resultados para as empresas, o que torna o assunto um tema relevante de pesquisa no âmbito gerencial.

Em relação a relevância acadêmica, segundo Hoeg e Knutsen (2015), embora o pilar *Cost Deployment* do WCM ofereça uma maneira sistemática de gestão de custos, ele não é utilizado na prática em todo o seu potencial e a literatura correspondente não é extensa, além de possuir melhorias que podem ser levantadas para as empresas que buscam a implementação do WCM. Assim, o *Cost Deployment* apresenta-se como um assunto com lacunas de pesquisas a serem preenchidas, o que justifica as iniciativas desta Dissertação.

Embora o CD seja aplicado em diversas áreas das organizações que trabalham com WCM, o foco desse trabalho é sua utilização especificamente na área de logística. Isso porque, de acordo com Dudek (2014), esse é um dos pilares mais importantes do WCM, pois sua abordagem é ampla e muito custosa ao considerar os fluxos internos e externos a partir da integração da cadeia de suprimentos.

Portanto, considerando que o *Cost Deployment* de logística vem sendo amplamente utilizado com bons resultados (PERASSOLLI; REGATTIERI, 2019), mas que ainda existem oportunidades de melhoria em sua estrutura de matrizes (MARTINS, 2018; FARIA; VIEIRA; PERETTI, 2012), esse trabalho também se justifica pela oportunidade de contribuir academicamente com a proposição de melhorias nas matrizes de desdobramento de custos logísticos.

Em resumo, o tema da presente pesquisa justifica-se uma vez que o pilar de *Cost Deployment* e o pilar de logística são estratégicos para as organizações e o método utilizado para apuração de custos logísticos em empresas com Manufatura de Classe Mundial é

padronizado e realizado por matrizes que podem sofrer melhorias e serem utilizadas por outras empresas que ainda não utilizam a metodologia.

1.4 Classificação Metodológica

Esse trabalho pode ser considerado de natureza aplicada pois, segundo Gil (2017), esse tipo de pesquisa gera conhecimentos para a solução de problemas específicos com aplicações práticas. Além disso, também é considerado exploratório porque, de acordo com Lakatos e Marconi (2017), nesse tipo de pesquisa maiores informações são obtidas sobre determinado assunto. Já no que se refere à abordagem, essa pesquisa é qualitativa pois apresenta um foco maior na interpretação dos dados ao invés de sua mensuração, e possui orientação voltada para o processo e não para o resultado (TURRIONI; MELO, 2012).

Para conseguir alcançar o objetivo e responder ao problema de pesquisa determinado, foi realizado um estudo de múltiplos casos em seis empresas multinacionais que trabalham com a metodologia WCM e estão em diferentes estágios de implementação da ferramenta *Cost Deployment*. Para Yin (2015), a entrevista e a análise documental são as formas mais usuais de se obter dados em pesquisas qualitativas do tipo estudo de caso. Desse modo, esses foram os formatos de coleta de dados determinados para essa pesquisa. Para as entrevistas foram selecionados vinte e quatro profissionais, sendo quatro de cada empresa, todos eles com cargos de liderança dentro do pilar de logística e da metodologia WCM

Quanto a análise dos dados, essa se deu por meio da organização e sumarização dos dados coletados nas entrevistas e documentos. Após essa etapa, esses dados foram interpretados conforme a literatura identificada na pesquisa bibliográfica.

1.5 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está dividido em oito seções, além dos elementos pré-textuais.

A presente seção 1 trata da parte introdutória, apresentando tanto aspectos relativos ao tema e ao objetivo quanto as justificativas da pesquisa. Já a seção 2 define e relaciona a fundamentação teórica do tema abordado, enquanto a seção 3 define aspectos metodológicos englobando a classificação da pesquisa e a descrição dos métodos de coleta de dados e do tratamento dos dados.

A seção 4 apresenta o estudo de casos múltiplos, inicialmente com a caracterização das empresas da pesquisa, depois com a apresentação da coleta de dados e com a análise dos dados

e os resultados obtidos. Por fim, a seção 5 traz as considerações finais do estudo e a última seção trata das referências.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas de Produção

Com um mercado cada vez mais acirrado devido às diversas mudanças ocorridas nos desenvolvimentos de novas tecnologias, de mudanças no comportamento dos clientes e da exigência de produtos com maior qualidade e menor custo, observam-se grandes pressões sobre os sistemas de produção, obrigando as empresas a buscar novas formas de organização industrial para a manutenção ou o aumento de sua competitividade. Dentre elas, a agilidade do sistema de produção para absorver informações é a chave do sucesso das empresas, pois para se tornarem competitivas, elas precisam ter duas capacidades: a de mudar e a de desenvolver novas estratégias (BARBOSA; CÂNDIDO, 2013; BLACK, 1998; MARTINS; SACOMANO, 1994).

Segundo Erdmann (2007), a produção pode ser definida como partes que funcionam com um conjunto de regras e que atuam sobre as entradas, transformando-as em saídas, conforme objetivos previamente estabelecidos. Já para Azevedo et al. (2016), a produção é entendida como uma série de funções ou esforços que são resultados de uma atividade.

O sistema de produção acontece por meio de subsistemas inter-relacionados que se desencadeiam entre um conjunto variável de processos e operações que possibilitam a produção de um produto, seja ele um bem ou um serviço. Buscar compreender o sistema de produção de forma isolada pode resultar na perda de produtividade e de competitividade. Sua multidimensionalidade e complexidade podem ser vistas a partir de sua flexibilidade, da inserção de novas tecnologias e do alinhamento com as demandas do mercado (AZEVEDO et al., 2016; ROMAN, 2011).

Toda empresa é um sistema que recebe do seu ambiente externo os recursos (financeiros, materiais, empregados, etc.) e as informações (demanda de mercado, situação da concorrência, ações do governo, etc.) necessários para produzir. Assim, por serem sistemas abertos e lidarem com entradas e saídas complexas, para que não haja dificuldade de gestão é necessário administrar esses sistemas com o objetivo de fazer com que as necessidades desse mercado, cada vez mais competitivo, sejam atendidas, e no ambiente interno, minimizar qualquer tipo de desperdício para maximizar o lucro. A Figura 1 exemplifica os componentes de um sistema de produção (JACSON; JONES, 1987; NEUMANN, 2013).

Figura 1 - Componentes de um sistema de produção



Fonte: adaptado de Valim (2009).

Conforme se vê na Figura 1 e como bem aponta Harrington (1993), o sistema de produção entra em contato físico com o produto ou serviço que será fornecido a um consumidor. No ciclo desse sistema há o recebimento de uma entrada (*input*), agrega-se valor e em seguida gera-se uma saída (*output*). Logo tem-se uma entrega para um consumidor interno ou externo, usando os recursos da empresa para a geração de resultados. Corroborando esse ponto, Neumann (2013) afirma que os sistemas produtivos podem produzir bens físicos, prestar serviços ou os dois. O objetivo do sistema é a transferência para os clientes dos ganhos oriundos do eficaz relacionamento entre clientes e fornecedores, resultando assim, na otimização da cadeia produtiva.

Segundo Moreira (2011), o sistema de produção é formado por uma série de atividades e operações integradas que são inseridas na fabricação de produtos ou serviços, que sofre influências do ambiente interno a partir das outras áreas da organização, e do ambiente externo no que se refere a fatores como economia, políticas, tecnologia, entre outros. Para um funcionamento eficaz do sistema de produção, é essencial a sua relação com os fatores internos e externos.

É importante notar que até os anos 1970, os sistemas de manufatura trabalhavam para uma demanda geralmente maior que a capacidade produtiva, apesar de suas várias limitações. Com isso, o planejamento era feito na hora, assim como a identificação dos possíveis gargalos de produção, que era o fator decisivo para delimitar a capacidade máxima do sistema. Devido aos avanços da tecnologia, o cenário mudou a partir da década de 1990. Nessa época a manufatura começou a evoluir para uma situação em que a capacidade de produção se tornou

maior que o mercado. Assim, a estratégia de manufatura se tornou de extrema importância para as empresas, pois os objetivos mudaram rapidamente com o tempo, e as empresas passaram a estar preparadas para antecipar as necessidades futuras. Desde então, tem-se como objetivo nas operações de produção conseguir alcançar um diferencial no mercado produtivo, visando proporcionar uma vantagem competitiva perante a concorrência (CARVALHO et al., 1998, CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006).

2.1.1 Tipos de Sistemas de Produção e Serviços

As organizações são formadas por um conjunto articulado de pessoas, métodos e recursos materiais que são utilizados de forma a gerar produtos e/ou serviços que são projetados para um fim que satisfaça as necessidades e expectativas de seus consumidores. Os processos são métodos que conseguem associar e transformar esses recursos da forma mais eficiente possível e estão associados a várias atividades além da manufatura. Já a produção, como visto, transforma recursos de *input* em *output* de bens e serviços. Ela se distingue em diferentes aspectos, divididos principalmente em 4 dimensões: volume de *output*, variedade de *output*, variação da demanda do *output* e nível de contato com o consumidor presente na elaboração do *output*. O posicionamento de uma organização em cada um desses aspectos definirá muitas das propriedades de sua produção como sistematização, padronização, repetições, nível da tarefa de processamento determinada unitariamente pelos empregados, flexibilidade e, sobretudo, valor unitário da produção de bens e serviços (COSTA, 2009; CURY, 2000; LOPES; SIEDENBERG; PASQUALINI, 2010; MEIRELES, 2003; SLACK; JONES; JOHNSTON, 2018).

A classificação dos tipos de sistemas produtivos se distingue na literatura da área e foi evoluindo com o tempo. Conforme Zacarelli (1987), há dois grandes tipos de organizações definidas como indústrias do tipo contínuo puro, que são as que possuem diferenciação final, e indústrias do tipo intermitente, que são aquelas divididas em produção sob encomenda e produção repetitiva dos produtos num mesmo lote.

Uma visão mais atual divide os sistemas produtivos em produção contínua, em fluxo ou em linha de produtos, que se refere a produtos com baixa variação e alto volume. Outra definição é a de produção intermitente ou por lote, que possui grande variação com pequenos volumes. Tem-se também a produção por pedido que está relacionada a poucas peças de um tipo apenas. Já outros autores mencionam o modelo de fluxo de produto e modelo de

atendimento ao cliente, que pode possuir orientação para estoque ou orientação para encomenda (MOREIRA, 2011, RUSSOMANO, 2000).

Já Tubino (2000) tem uma visão mais ampla, dividindo os sistemas produtivos pelo nível de padronização em produtos sob medida, pelo modelo de produção em processos contínuos, discretos, em massa, em lote e por projeto, e pela característica do produto, dividindo-se manufatura de bens e prestador de serviços.

Reforçando o ponto de vista da classificação dos sistemas de produção, e classificando estes quanto à sua estratégia de resposta à demanda, têm-se quatro principais tipos: produção para estoque ou *Make To Stock* (MTS), fabricação contra pedido ou *Make To Order* (MTO), montagem contra pedido ou *Assembly To Order* (ATO) e projeto sob encomenda ou *Engineer To Order* (ETO) (BEEMSTERBOER; LAND; TEUNTER, 2016).

Iniciando pela estratégia produção para estoque (MTS), os produtos são fabricados conforme previsão de demanda, geralmente sem customização e com rapidez na entrega. Nesse modelo trabalha-se com alto volume de produção e baixa repetitividade. Diante das incertezas, dimensionam-se estoques de segurança e as tomadas de decisão são realizadas com base em custos. A previsão de demanda, o gerenciamento de estoques e o dimensionamento dos lotes são primordiais para o sucesso dessa estratégia (BEEMSTERBOER; LAND; TEUNTER, 2016; ATAN et al., 2017). Já a estratégia fabricação contra pedido (MTO), que ganhou destaque em função do aumento da demanda de produtos customizados, é caracterizada pela alta variedade e baixo volume dos lotes de produção. Nesse caso, o processo ou o produto é desenvolvido somente após o recebimento do pedido, oferecendo uma maior variedade de produtos num volume menor, geralmente com prazos de entrega mais longos e exigindo um sistema de produção flexível (ATAN et al., 2017, GARMDARE; LOTFI; HONARVAR, 2018).

A montagem contra pedido (ATO) é uma estratégia intermediária entre MTO e MTS, buscando oferecer customização a baixo custo. Nesse modelo, os subconjuntos prontos são produzidos para estoque conforme demanda e sem customização. Após o pedido do cliente, monta-se o produto solicitado conforme especificações do cliente. A entrega e o planejamento são feitos conforme disponibilidade dos componentes (ATAN et al., 2017). Por fim, os projetos sob encomenda (ETO) podem ser considerados como uma extensão da estratégia MTO, e são caracterizados por produtos e projetos altamente customizados. Nesse caso, a cada pedido inicia-se o processo e desenvolvimento do produto e posteriormente todas as etapas produtivas (GRABENSTETTER; USHER, 2017).

Segundo Wikner e Rudberg (2005), entre MTS, MTO, ATO e ETO não há uma estratégia correta ou errada a ser seguida pelas empresas. O que é necessário é entender os requisitos do

cliente e suas implicações para a fabricação desses produtos, e há muito tempo essa é uma questão importante na formulação da estratégia das operações produtivas.

Reforçando esse ponto, Pires (2016) relata que cada estratégia possui vantagens e desvantagens, tanto do ponto de vista do produtor como do cliente:

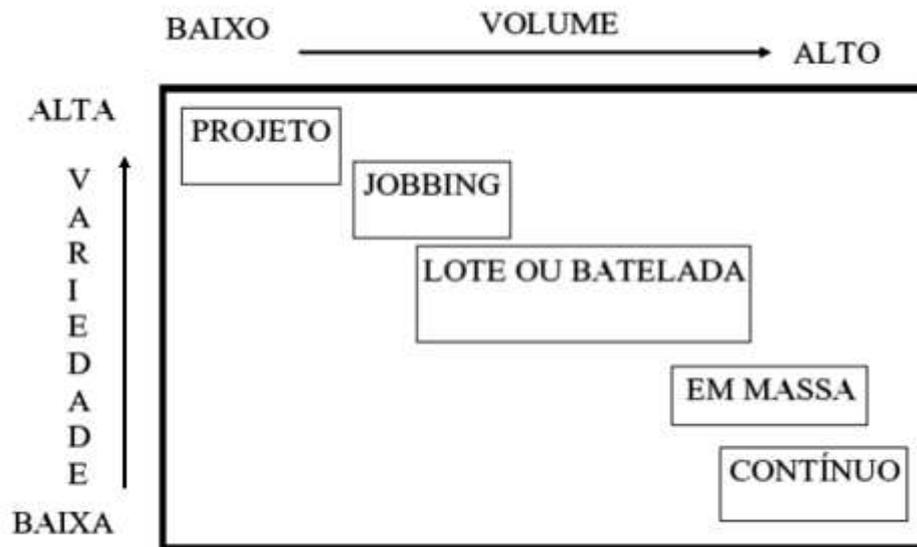
- MTS: sua principal vantagem é a rapidez na entrega de produtos por se tratar na maioria dos casos de produtos padronizados, e sua desvantagem está relacionada aos altos custos de armazenagem dos produtos;
- MTO: tem como principal vantagem a customização dos produtos e um alto nível de intervenção do cliente, proporcionando assim, flexibilidade produtiva. Como desvantagem tem-se o elevado tempo de entrega;
- ATO: apesar do estoque de subconjuntos à espera do pedido de clientes, esse tipo de sistema produtivo possui diversificação no produto final, e é mais ágil que a forma MTO. Entre as desvantagens está o prazo de entrega de produtos e a limitação da interação com o cliente;
- ETO: É uma extensão do sistema MTO, e sua vantagem engloba produtos totalmente projetados de acordo com as especificações do cliente. Suas desvantagens incluem o alto custo de produção e o tempo de pedido mais longo que a forma MTO.

Em outro tipo de análise, pode-se ainda destacar cinco tipos de sistemas de produção que buscam correlacionar o volume de produção com a variedade de produtos a serem manufaturados. Os processos de projeto são resultantes de projetos que têm como característica principal a flexibilidade e adequação às necessidades dos clientes. São exemplos a produção de navios, aviões e turbinas para hidrelétricas. Já os processos de *jobbing* possuem alta variedade de tipos de produtos e baixos volumes de produção, e alguns exemplos comuns são os alfaiates e produtos de gráficas. Os processos em lotes ou bateladas, por sua vez, caracterizam-se pela produção de um volume médio de bens ou serviços padronizados em lotes, sendo que cada lote segue uma série de operações que necessita ser programada à medida que as operações anteriores forem realizadas. São alguns exemplos alimentos congelados, peças para automóveis e produção de roupas. Em seguida os processos em massa são amplamente utilizados e são aqueles empregados na produção em grande escala de produtos altamente padronizados, e como exemplos podem ser citadas as empresas de autopeças, automóveis, eletrônicos e eletrodomésticos. Por fim, os processos contínuos são utilizados quando existe alta uniformidade na produção e demanda dos bens ou serviços, fazendo com que os produtos e os

processos produtivos sejam totalmente interdependentes. Como exemplos pode-se citar as petroquímicas, geração de eletricidade e siderúrgicas (SLACK; JONES; JOHNSTON, 2018; TUBINO, 2000).

A Figura 2 ilustra essas classificações e a relação entre volume *versus* variedade.

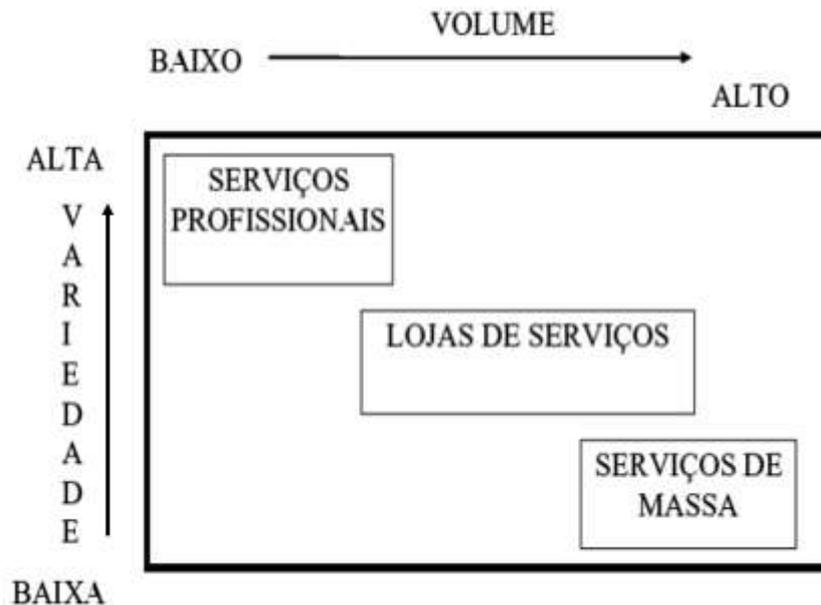
Figura 2 - Tipos de produção e correlação entre volume de produção e variedade de produtos



Fonte: adaptado de Slack, Jones e Johnston (2018).

Por fim, segundo Tubino (2000) e Slack, Jones e Johnston (2018), os modelos de processos em serviços classificam-se em três tipos, utilizando a mesma correlação em termos de volume e variedade. Organizados por ordem de variedade decrescente e volume crescente, pode-se citar os serviços profissionais que são baseados nas pessoas e que não utilizam equipamentos. Além disso, são altamente customizados e orientados para o processo. Como exemplos pode-se citar serviços profissionais de advogados, arquitetos, cirurgiões, auditores, entre outros. O segundo tipo são as lojas de serviços, nas quais o serviço é caracterizado por interações de atividades dos escritórios da fachada e da retaguarda, pessoas, equipamentos e ênfase no produto/processo. Os principais exemplos são bancos, shopping centers, lojas comerciais, aluguel de carros, hotéis e escolas. Por último, pode-se citar os serviços de massa, nos quais ocorrem muitas transações de clientes com baixa customização e tempo de pessoal limitado. São baseados em equipamentos, orientados para o produto e a divisão do trabalho necessita ser bem definida. Exemplos desses modelos são serviços de massa que incluem supermercados, aeroportos, livrarias, emissoras de televisão, entre outras. A Figura 3 ilustra a classificação de serviços com base nos quesitos volume e variedade.

Figura 3 - Tipos de produção de serviços e correlação entre volume e variedade de serviços



Fonte: adaptado de Slack, Jones e Johnston (2018).

Para as empresas serem competitivas, elas devem procurar sempre o menor custo com a melhor qualidade do produto. Isto também se aplica à escolha do modelo de sistema de produção adequado para que as empresas mantenham a competitividade sob um mercado turbulento e imprevisível e assegurem a entrega de produtos com qualidade ao cliente. Outro ponto crucial para os sistemas de produção é a agilidade com que as empresas se adaptam às constantes alterações de produtos e serviços solicitados pelos clientes. Essas demandas requerem formas flexíveis de organização do trabalho, flexibilidade do sistema e, frequentemente, a capacidade de reconfiguração rápida do sistema de produção (ALVES, 2007).

2.2 Manufatura Enxuta

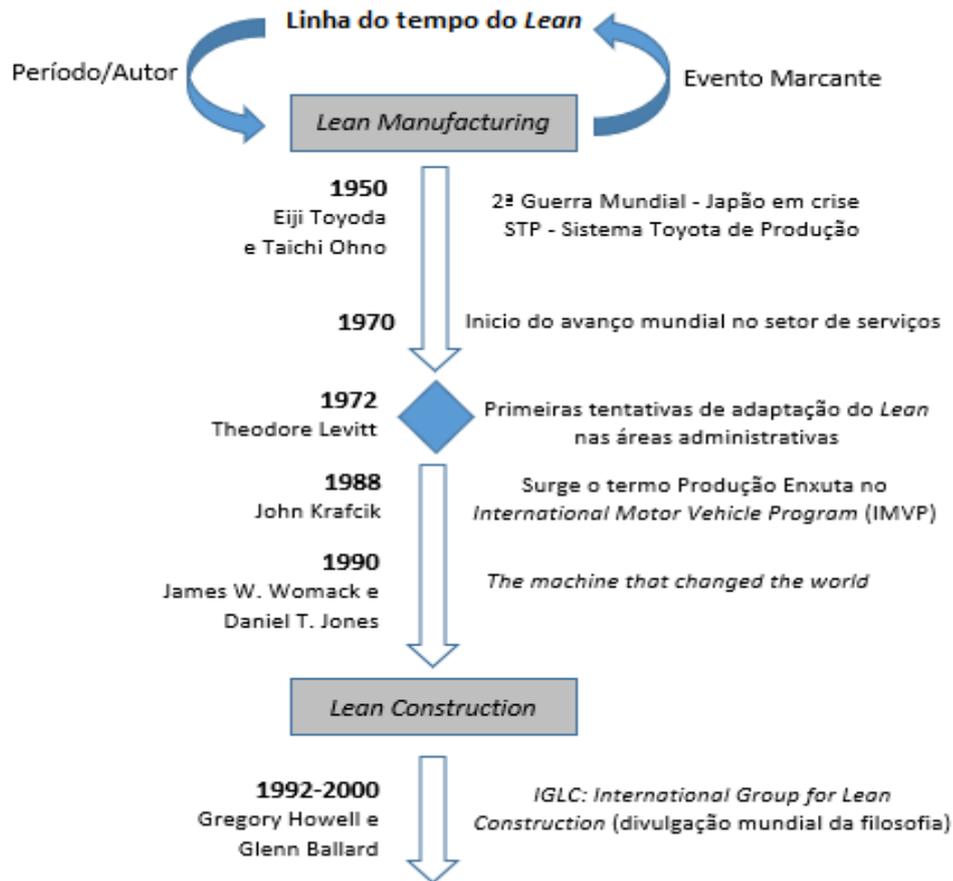
Cada vez mais as empresas estão buscando ganhos com a otimização de recursos e aumento da produtividade, e seus gestores têm procurado de todas as maneiras ser eficientes para alcançar as metas estipuladas e se manter no mercado. Nesse sentido, as organizações precisam constantemente buscar novas alternativas para ser competitivas, e alcançar um estágio realmente diferenciado e eficiente é necessário para que o sistema produtivo tenha um bom desempenho. A adoção da Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) se mostra como uma das

possibilidades para as empresas atingirem seus objetivos, mesmo que muitas delas necessitem adaptar as metodologias e as filosofias de acordo com suas necessidades e regionalidades (HOWELL, 2013; MUSETTI; ESCRIVÃO FILHO, 2016; VAZ et al., 2011; VENANZI; HASEGAWA; SILVA, 2018).

O Sistema Toyota de Produção (STP) teve início da década de 1950, no Japão, através de Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, engenheiros da Toyota que perceberam que a produção em massa não era efetiva, e propuseram uma nova abordagem que usava diversas técnicas que tinham como objetivo a eliminação de desperdícios (GODINHO; FERNANDES, 2004). Entre os anos 1980 e 1990, surgiu a expressão Manufatura Enxuta (ME) para designar o STP no ocidente, mantendo a ideia de produzir com o mínimo de recursos. Logo essa abordagem foi ampliada, incorporando o conceito de mentalidade enxuta, que é uma filosofia que requer menores *lead times* para confeccionar produtos e serviços com elevada qualidade e baixos custos. A Manufatura Enxuta analisa e resolve problemas em situações onde se julga não haver soluções, trabalhando principalmente na troca de produção empurrada para produção puxada (NETLAND; ASPELUND, 2013). A Manufatura Enxuta tem como objetivo então a produção de mais com menos recursos, seja menos pessoas, menos espaço, menos tempo ou menos estoque. Desta forma, em uma fórmula inversamente proporcional, no passo que há a redução de recursos disponíveis no sistema produtivo, aumenta-se as exigências de qualidade e flexibilidade na logística interna de materiais (MARODIN; ECKERT; SAURIN, 2012).

A Figura 4 mostra em detalhes a evolução da Manufatura Enxuta em ordem cronológica.

Figura 4 - Evolução da Manufatura Enxuta



Fonte: adaptado de Gronovicz et al. (2013).

Resta et al. (2016) e Besta et al. (2015) afirmam que a Manufatura Enxuta pertence às filosofias básicas originadas na indústria automotiva, e que esse um é sistema completo e com uma grande variedade de aspectos e parâmetros que usa dezenas de ferramentas e métricas para avaliar a qualidade de processos. Como ele surgiu como uma estratégia de fabricação avançada para fornecer melhoria da produtividade, maximização da qualidade e eliminação de desperdícios, o foco é um trabalhador estável, e não um trabalhador rápido e com grandes flutuações. Velocidade e mudanças repentinas significam imprecisão, má qualidade e problemas às empresas de manufatura.

Nesse ponto é importante lembrar que antes da criação e expansão do conceito da Manufatura Enxuta, os métodos produtivos eram baseados em dois modelos clássicos: o da produção artesanal, formado por trabalhadores altamente qualificados e com ferramentas simples e flexíveis, que tinha alta qualidade mas era caro demais e se tornou inviável com o aumento da demanda com o passar dos anos; e o da produção em massa, no qual utiliza-se

máquinas e o operador não tinha a necessidade de ser habilidoso, mas que sofre com falta de flexibilidade, o que gera um produto sem muita variação (WOMACK, JONES; ROOS, 2004).

Já a aplicação da filosofia da Manufatura Enxuta combina as vantagens da produção desses dois modelos de produção, evitando a rigidez dos processos da produção em massa e minimizando os altos custos da produção artesanal, permitindo que a lucratividade seja resultado direto da redução sistemática de custos. Para tanto, a Manufatura Enxuta busca empregados multiquificados em todos os setores das empresas e, além de ter como meta baixos custos, busca sempre identificar e eliminar os desperdícios e perdas com o objetivo de alcançar o nível zero de estoque. Além disso, procura desenvolver máquinas altamente flexíveis para produzir uma maior e melhor variedade de produtos, tendo sempre em mente a máxima satisfação do cliente com uma qualidade total aplicada (WOMACK, JONES; ROOS, 2004).

2.2.1 Tipos de Desperdício, Perdas e Princípios da Manufatura Enxuta

O desperdício, chamado na língua japonesa de *muda*, normalmente é ligado ao que classifica-se na Manufatura Enxuta como lixo, porém sua definição vai muito além disso (WOMACK, JONES; ROOS, 2004). De acordo com Campos (2013), o desperdício é classificado como qualquer atividade que consome recursos na elaboração de um produto ou serviço, mas que não cria valor para o cliente.

Já numa definição mais atual, o *Kaizen Institute* (GARCIA, 2016) define desperdício como a falta de aproveitamento ou esbanjamento de algum recurso, e perda como a privação de alguma coisa que se possuía. Trazendo isso para o sistema produtivo, de acordo com Ferreira (2004), inicialmente podem ser identificadas atividades que não beneficiam a matéria-prima, que são classificadas de operações que não agregam valor e podem ser vistas como desperdício, como por exemplo a desembalagem de caixas, a movimentação para alcançar peças, operações manuais de comando do equipamento, entre outras. Já outras atividades transformam a matéria-prima, isto é, modificam a sua forma e qualidade, e estas são percebidas pelo cliente final e são classificadas como operações que agregam valor.

Num conceito mais atual, Yamashina (2016) define as atividades de semivalor agregado, além das atividades que agregam e não agregam valor. Para o autor, atividades de semivalor agregado são aquelas que não agregam valor, mas que são necessárias porque sua completa eliminação não é possível. Assim, elas devem ser minimizadas o máximo possível. Como exemplos mais comuns dessas atividades têm-se o posicionamento de uma peça no produto antes de sua montagem, e até mesmo o uso de uma determinada ferramenta para uma operação.

Assim, para identificar os tipos de desperdício presentes numa organização, é necessário compreender bem todos os processos, definir quais são aqueles que acrescentam valor e aqueles que não acrescentam valor ao produto e aplicar as ferramentas de Manufatura Enxuta (ORTIZ, 2006; LIKER, 2007; JONES, 2004). Um dos primeiros estudiosos dos tipos de desperdício, Ohno (1997), definiu sete tipos de desperdício nos sistemas de produção que se mantêm até os dias atuais:

- 1) Superprodução: está relacionado ao fato de se produzir mais do que o requerido, pela demanda dos clientes, ou por produzir em um ritmo acima do necessário;
- 2) Espera: este tipo de desperdício compreende o período em que os recursos estão efetivamente parados, isto é, não estão em processamento. As esperas são decorrentes da falta de matéria-prima, avarias nas máquinas ou mesmo pelo processo que a máquina está executando e o operador esperando que termine;
- 3) Transporte: aqui englobam-se as movimentações para transportar matéria-prima e produtos, quer sejam produtos acabados ou a terminar. Movimentações elevadas significam que poderá haver desperdício de tempo e recursos.
- 4) Sobreprocessamento: refere-se à atividade de acrescentar ao processo mais trabalho ou esforço do que o requerido pelas especificações dos clientes, como operações de retrabalho ou reprocessamento, por exemplo;
- 5) Estoque: quando ocorre excesso de fornecimento de peças entre os processos ou muitas peças são entregues pelos fornecedores com o intuito de abastecer a fábrica, ocorre o que se chama de inventário (estoque). Esse desperdício gera outros problemas na organização, tais como elevados tempos de *setup*, retrabalho, atrasos nas entregas, avarias dos equipamentos, entre outros;
- 6) Defeitos: todos os produtos que não estão de acordo com os requisitos do cliente são considerados defeitos, e pode-se dizer que esse é um dos piores tipos de desperdício pois gera um elevado risco de perder clientes;
- 7) Movimentação desnecessária: refere-se aos movimentos realizados desnecessariamente pelos operadores devido a um *layout* mal estruturado e desorganização do ambiente de trabalho, resultando em baixo desempenho e perda frequente de itens.

Além desses sete desperdícios clássicos, Tubino (2015) afirma que foi realizada uma atualização no conceito inserindo o oitavo desperdício que recebeu o nome desperdício do conhecimento. Esse relaciona-se com a subutilização das pessoas, isto é, o não aproveitamento de todas as capacidades dos empregados que pode levar a perdas de ideias criativas que poderiam gerar melhorias de produtividade consideráveis.

A partir da compreensão dos oitos tipos de desperdícios que é possível encontrar nas empresas, torna-se possível estabelecer os princípios da Manufatura Enxuta, que podem ser considerados, em conjunto, como um modelo para melhorar a eficiência dos sistemas produtivos. Esses princípios são definidos como valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição (WOMACK; JONES, 2003).

O valor é determinado pelo cliente final e é determinado quando um produto ou serviço atende às necessidades dos clientes, a um preço específico e em um momento específico. A necessidade gera o valor e compete as empresas identificarem-na, empenhar-se em satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico, visando o aumento dos lucros por meio da melhoria contínua dos processos, redução de custos e melhoria da qualidade (WERKEMA, 2006). Após determinar o valor do produto, a próxima etapa é identificar o fluxo de valor para cada produto, que refere-se a todas as atividades que uma empresa deve fazer para projetar, comprar, produzir e entregar seus produtos ou serviços para os clientes. Basicamente, fluxo de valor representa tudo aquilo que a empresa faz para criar valor para o cliente (SLACK; JONES; JOHNSTON, 2018).

Uma vez que o fluxo de valor tenha sido identificado, o trabalho e o valor fluem rapidamente e sem problemas durante o processo (WOMACK; JONES, 2003). Portanto, o fluxo contínuo consiste na introdução de cada unidade à linha, equilibrada pela finalização de outra unidade de produto acabado, conforme encomendado pelas operações dentro de um tempo de ciclo. Esse conceito também é conhecido como fluxo unitário (MONDEN, 2015).

Já a produção puxada é caracterizada por processos os quais produzem a partir de uma sinalização da necessidade enviada diretamente pelo cliente. Controlar a quantidade do trabalho que entra no processo permite aos gerentes manter um sistema de puxar e evitar a acumulação de trabalho (SLACK; JONES; JOHNSTON, 2018). Por fim, a perfeição deve ser o propósito constante de todos os envolvidos nos fluxos de valor. Ao buscar o aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal, são norteados todos os esforços da empresa. Além disso, os membros da cadeia de suprimentos devem sempre ter conhecimento profundo do processo como um todo, buscando continuamente melhores formas de criar valor para todos os envolvidos (WERKEMA, 2006).

2.2.2 Ferramentas e Implementação da Manufatura Enxuta

Para auxiliar na implementação da Manufatura Enxuta, há uma série de ferramentas e técnicas que se interagem para identificar, analisar e resolver problemas. Essas ferramentas

atuam em diferentes processos contínuos de análise, produção puxada e elementos para minimizar ou eliminar por completo as falhas (GODOY et al., 2018). O Quadro 1 apresenta uma síntese dessas ferramentas e suas definições.

Quadro 1 - Principais Ferramentas da Manufatura Enxuta

Práticas e Características	Descrição
Análise de Gargalos	Ferramenta de identificação dos gargalos que limitam o processo. A retirada ou modificação desses entraves melhora o fluxo e o rendimento da produção.
<i>Just-in-Time (JIT)</i>	Busca o Fluxo Contínuo da Produção.
<i>Kanban</i>	Sistemas de cartões para criação de um fluxo puxado.
<i>Heijunka</i>	Cria uma produção em lotes pequenos, produzindo a mesma variedade de produtos todos os dias, reduzindo tempo de entrega e inventário.
5S	Gestão visual para redução da desordem e ineficiência entre as relações administrativas e produtivas.
Manutenção Produtiva Total (MPT)	Incremento da capacidade e disponibilidade dos equipamentos pela manutenção realizada em regimes periódicos.
<i>Gemba Walk</i>	Passar um tempo na fábrica para observar a cadeia de produção e identificar o que pode ser melhorado de forma mais rápida.
<i>Muda</i>	Aspectos no processo de produção que não agregam valor ao cliente devem ser eliminados para que a fabricação fique a mais enxuta possível.
Círculo de Melhoria (<i>Kaizen</i>)	Discussões sistemáticas entre operação e gestão visando a melhoria contínua.
Mapeamento do Fluxo de Valor	Redução de desperdícios por meio de um menor índice de defeitos, diminuição do tempo de <i>setup</i> , redução de resíduos, diminuição do consumo de energia, análise do <i>lead-time</i> e tempo de processo.
<i>Poka Yoke</i>	Identificação de peças produzidas com defeitos, em que o empregado tem a autonomia de avisar a falha quando essa chega em seu setor.
<i>Takt Time</i>	O tempo em que se deve produzir uma peça ou produto, baseado no ritmo de vendas, para atender a demanda.
<i>FIFO (First In First Out)</i>	Todas as informações processadas seguindo a ordem de entrada no fluxo.

Trabalho Padronizado	Ferramenta para manter a produtividade, a qualidade e a segurança em altos níveis. Fornece uma estrutura consistente para executar o trabalho no momento do projeto e para enxergar oportunidades de melhorias nos procedimentos de trabalho, além de diretrizes detalhadas passo a passo para cada trabalho.
<i>Andon</i>	É uma ferramenta de comunicação que indica o status da produção na fábrica. Se algum problema acontecer, um alerta é emitido para que possa ser resolvido imediatamente, mesmo que isso signifique a interrupção de todo o processo.
SMED (<i>Single Minute Exchange of Die</i>)	O tempo de trocas das ferramentas é minimizado através dessa ferramenta, que atua de forma metódica nas otimizações dos procedimentos de <i>setup</i> .
Análise de causa raiz	Em vez de solucionar um problema por meios superficiais e rápidos, a análise dedica-se a descobrir sua causa real. Para chegar à origem do problema, é preciso perguntar o porquê de determinada situação cinco vezes.
<i>Jidoka</i>	É o sistema que permite que os empregados possam interromper os processos em caso de falhas. Em vez de perder tempo chamando inspetores para verificarem se o processo deve ser pausado, o próprio funcionário da fábrica pode fazer isso. Assim, ele tem autonomia para não passar os erros para a frente.
<i>Hoshin Kanri</i>	Também conhecido como implementação de políticas, esse é o método que integra a parte estratégica da empresa com a tática e a ação. Em outras palavras, ele facilita a comunicação entre as hierarquias para eliminar o desperdício.

Fonte: adaptado de Godoy et al. (2018); Gronovicz et al. (2013); Jabbour et al. (2013).

Detalhando brevemente cada uma dessas ferramentas, segundo Silva e Bueno (2019), os gargalos são todos os recursos produtivos que limitam a capacidade final de produção, impedindo que seja atendida uma demanda maior de produtos conforme solicitação dos clientes. Complementado, gargalos são redutores do índice de produtividade das empresas, e por isso a ferramenta de Análise de Gargalos ajuda a eliminar desperdícios.

Já o Sistema *Just In Time* (JIT), segundo Brandão e Santana (2017), visa o melhoramento contínuo do sistema produtivo e a eliminação de desperdícios, melhorando a competitividade das empresas. Ele objetiva a entrega dos materiais na qualidade e quantidade necessária, utilizando o mínimo de recursos. Ligado a esse tema está o *Kanban*, que quer dizer cartão visual ou quadro visual. Ele indica a hora de produzir ou parar de produzir, e possui informações relevantes ao produto. Sua importância deriva de sua visibilidade no processo,

melhorando o fluxo de materiais na fábrica e simplificando todo o processo produtivo (MACHADO JÚNIOR et al., 2019).

Em seguida, o *Heijunka Box* ou simplesmente quadro *Heijunka* é uma ferramenta visual para agendamento diário de execução e pré-fabricação, que se baseia no tempo de *takt* diário e no plano de produção (BARTH; FORMOSO; STERZI, 2019). Outra ferramenta é o 5S, que para Trainotti (2007), tem o papel de cuidar e manter a organização e a limpeza de todas as áreas produtivas e recursos das empresas. Seu sucesso depende da participação ativa de cima para baixo de todos os membros das organizações. Os 5S representam cinco palavras japonesas: *seiri* (senso de utilização), *seiton* (senso de organização), *seiso* (senso de limpeza), *seiketsu* (senso de saúde e melhorias contínuas) e *shitsuke* (senso de autodisciplina).

Avançando nas ferramentas, a Manutenção Produtiva Total (MPT) destina-se à prevenção e correção de quebras, eliminando com isso as perdas produtivas. O termo manutenção classifica-se em quatro tipos diferentes. Primeiramente, a manutenção corretiva e não planejada que se aplica a fatos que já ocorreram. Posteriormente, é a manutenção preventiva que tem como finalidade reduzir e evitar falhas e quebra de equipamentos. Já a manutenção preditiva é baseada em dados que definem o estado futuro de um equipamento ou sistema. Por último a manutenção detectiva busca detectar falhas ocultas ao setor de manutenção (BAUERMANN; PINHEIRO; LORENZET, 2019).

Já a ferramenta conhecida como *Gemba Walk* é um modo de suportar a melhoria contínua e padronização de processos, pois demonstra uma das bases do pensamento enxuto que é ir ao *gemba*, ver o problema e perguntar o porquê daquilo com respeito. Essa ferramenta é imprescindível para uma transformação enxuta nas empresas (WOMACK, 2013, CHAPLE; NARKEDHE, 2017). *Muda*, segundo Yamashina (2012), é o desperdício que não agrega valor algum ao cliente, ou seja, que ele não paga por isso, e deve ser eliminado ou reduzido o mais rápido possível. Em relação ao círculo de melhoria, ou *Kaizen*, essa é uma abordagem estruturada e sistêmica que visa garantir que os processos produtivos atendam continuamente as necessidades e expectativas dos clientes. Seu uso é fundamental para manter um elevado nível de competitividade das empresas (WOMACK, 2013).

Já o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é definido como uma técnica que identifica todas as atividades agregadoras e não agregadoras de valor, desde a matéria-prima até o produto acabado. Isso permite identificar as fontes de desperdício e propor um estado futuro desejado que aumenta a produtividade e reduz o *lead time*. O MFV é um aliado para que os gerentes possam entender as condições atuais de operação e identificar as oportunidades de melhoria de desempenho (MARODIN; SAURIN, 2013, JASTI; SHARMA, 2014). Em seguida, o *poka yoke*,

segundo Monden (2015), é um dispositivo introduzido na máquina ou na linha de produção que previne produtos defeituosos, agindo como um dispositivo à prova de erros. Ainda segundo Monden (2015), o *takt time* consiste na produção e disponibilização de cada unidade de produto em conformidade com o seu próprio intervalo de tempo dentro do qual uma unidade do produto possa ser vendida em média. Ele é considerado um fator primordial para que haja sincronização da produção.

A ferramenta FIFO (*First In First Out*), por sua vez, é um método de controle de estoque que segue uma ordem cronológica, onde o primeiro item que entra para ser armazenado é o primeiro que sai. O controle é realizado pela data de entrada do lote, remetendo ao sistema de dados do tipo fila. Esse processo é aplicado principalmente nos setores alimentício, farmacêutico e hospitalares e é voltado para itens com estoque de alto giro e com uma baixa vida útil ou que possuem prazo de validade (GONÇALVES et al., 2019). Em complemento, o trabalho padronizado gera procedimentos precisos para o trabalho de cada um dos empregados em um sistema produtivo, sendo baseado principalmente em três elementos: tempo *takt*, sequência e estoque padrão. O trabalho padronizado é diferente das outras formas tradicionais de padronização focadas em processo porque estabelece procedimentos focados nos movimentos dos empregados (MARIZ; PICCHI, 2013).

Outra ferramenta relevante é o *Andon*, que é um tipo de gerenciamento visual que fornece a organização conhecimentos atualizados sobre anormalidades na produção. O principal objetivo do *Andon* é descobrir problemas ocultos na linha de montagem e torná-los visíveis, trabalhando na sua eliminação. Um princípio do *Andon* é parar a produção sempre que um problema ocorrer (POHL, BERGQVIST, 2019). Na mesma linha de importância tem-se o *Single Minute Exchange of Die* (SMED) ou simplesmente troca rápida de ferramentas, que é um sistema empregado para reduzir o tempo de *setup* (preparação de máquinas, equipamentos e linhas de produção). Ele é feito através da otimização do processo de reconfiguração das ferramentas e dispositivos de fixação de materiais. Um sistema SMED eficiente permite que as operações de *setup* durem menos de 10 minutos (MONDEN, 2015).

Para Yamashina (2012), a análise de causa raiz, outra ferramenta abordada, é um método utilizado para descobrir a causa real de um problema, ajudando a identificar uma solução adequada. Segundo o autor, é necessário tratar sistematicamente um problema para detectar sua verdadeira causa. Essa análise é realizada por um conjunto de métodos e técnicas que facilitam essa detecção conseguindo, assim, mostrar quais os processos e sistemas que ocasionaram a falha. Já o *Jidoka* significa máquinas executando trabalhos com a inteligência de um humano. Além disso, se um problema ocorre, a produção para e o problema é resolvido imediatamente,

o que significa que nenhum trabalho continua sem a resolução do problema. O *Jidoka* visa tornar quase impossível a ocorrência de erros na produção, uma vez que as máquinas são construídas para sinalizar e parar de forma autônoma quando ocorrer um erro (POHL, BERGQVIST, 2019). Por fim, o *Hoshin Kanri* é uma metodologia de gerenciamento projetada para usar o poder do pensamento coletivo de todos os funcionários para tornar a organização melhor. O objetivo é fazer com que todos apontem e trabalhem na mesma direção. A filosofia por trás de *Hoshin Kanri* é que as pessoas são altamente motivadas por relações e resultados (LETH et al., 2019).

Todas essas ferramentas que compõem a Manufatura Enxuta tem sua importância, como demonstrado, mas somente sua utilização não denota a implementação efetiva da ME. Alguns autores expõem, inclusive, preocupações sobre as falhas existentes nos programas de implementação de ME nas empresas e, assim, denotam a importância da investigação sobre as empresas que obtiveram sucesso (BHASIN, 2011; CHAKRAVORTY, 2010; SHAH; WARD, 2007). Isso porque, apesar da ME ter reconhecimento mundial e ter sido muito difundida nos últimos anos, na literatura tem-se muito pouca atenção em avaliar o quão enxuta as empresas se apresentam. A maior preocupação parece ser ainda em mostrar como se pode implementar o conceito (BHASIN, 2011; WAN; CHEN, 2008; TOMIOKA et al., 2019).

Nesse sentido, alguns autores (BHASIN; BURCHER, 2006; RINEHART; HUXLEY; ROBERTSON, 1997; SIM; ROGERS, 2009) destacam várias limitações observadas na implementação da Manufatura Enxuta, sendo que uma das mais citadas se refere à cultura das organizações, pois muitas vezes há resistências dentro delas, principalmente referente às quebras de paradigmas que a adoção da filosofia proporciona. Na visão de outros autores (ATKINSON, 2010; SCHEIN, 2010), a mudança na cultura organizacional deve preceder a implementação da Manufatura Enxuta para que o sucesso seja alcançado. Logo, não tem como se ter a ME em uma organização na qual a cultura seja contra ela. Assim, entende-se que a resistência à mudança nunca pode ser uma opção, e que a mudança realmente é vista como uma necessidade.

Existem também outros fatores que podem influenciar no sucesso da implementação da Manufatura Enxuta e que podem gerar confusão devido às diferentes perspectivas, que vão desde a falta de conhecimento preciso dos parâmetros gerais da ME até a falta de conhecimento sobre os fatores críticos de sucessos na adoção do conceito (HINES; HOLWE; RICH, 2004; STONE, 2012; WONG; WONG; ALI, 2009).

Segundo Hines, Howle e Rich (2004) e Wong (2007), muitas empresas ocidentais são capazes de implantar os componentes estruturais da Manufatura Enxuta, mas tem dificuldades

para adotar a cultura organizacional e a mentalidade enxuta necessária para se tornarem enxutas de fato. Desse modo, as empresas que não alcançaram totalmente os benefícios da ME são aquelas que não conseguem sustentar ao longo do tempo o pensamento enxuto dentro da organização, especificamente com seus empregados. Essas empresas podem utilizar métodos de produção, ferramentas ou teorias gerenciais que funcionam bem localmente, mas que podem não alcançar um resultado similar se as empresas não tiverem uma transformação completa de sua cultura organizacional (BHASIN; BURCHER, 2006).

Por conta dessas dificuldades na adoção e várias limitações na implementação, algumas empresas têm optado por adotar uma outra filosofia denominada *World Class Manufacturing* (WCM) ou simplesmente Manufatura de Classe Mundial. Segundo Dudek (2014), um número crescente de empresas está implementando o WCM pois seu principal objetivo é a otimização de processos através da melhoria contínua e eliminação de qualquer desperdício e perdas, identificadas e mensuradas de forma diferente em relação à Manufatura Enxuta.

De acordo com Machado (2018), tanto a Manufatura Enxuta como o WCM têm seus pontos fortes, pontos fracos e desafios. De todo modo, a implementação do WCM tem potencial de trazer resultados mais rápidos pois é realizada através de ferramentas e auditorias, enquanto a Manufatura Enxuta depende muito da disseminação da cultura e do foco nas pessoas. Por outro lado, a energia que precisa ser demandada para o WCM é muito maior, e os esforços no desenvolvimento de outros aspectos também, como será detalhado na seção a seguir.

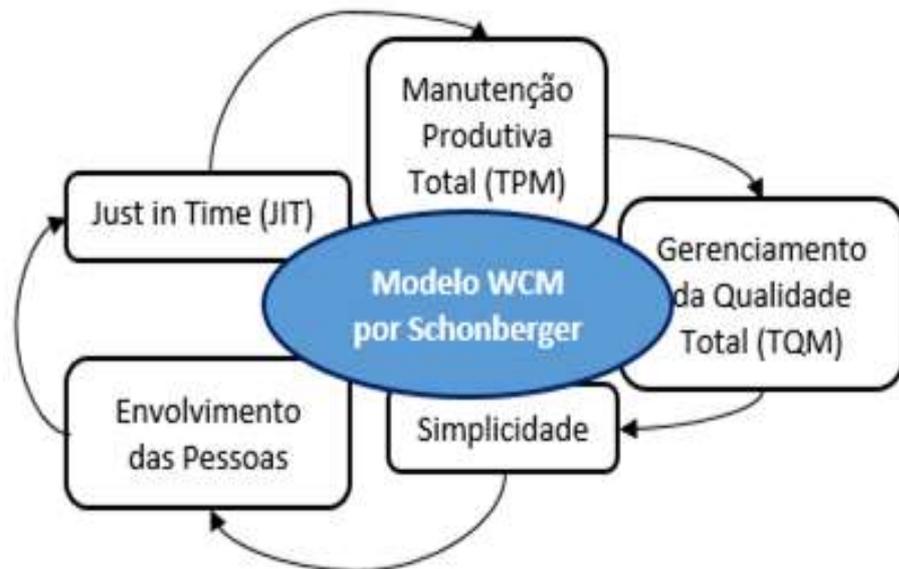
2.3 Manufatura de Classe Mundial

Considerando a necessidade das empresas em aplicar soluções, sistemas e técnicas inovadoras que possam resultar em uma vantagem competitiva, a maioria das organizações gostaria de encontrar a fórmula para alcançar máxima produtividade em suas operações, mas ainda sofre com a falta de uma metodologia sistemática e consistente. Uma metodologia que pode vir a suprir essa necessidade por ser um modelo de excelência de gestão operacional é o *World Class Manufacturing* (WCM). Esse modelo é visto como um conjunto de conceitos, políticas, princípios, técnicas e práticas baseadas nos melhores processos de gestão existentes no mercado e nos princípios do Sistema Toyota de Produção ou Manufatura Enxuta (FELICE; PETRILLO; SILVESTRI, 2012; FLORES, FARACO, BOND, 2016; FREITAS; BARROS FILHO, 2016).

O termo Manufatura de Classe Mundial foi introduzido por Schonberger (1986). Na sua visão, essa metodologia contempla muitas técnicas e tecnologias projetadas para as

organizações alcançarem produtos com a mais alta qualidade e com melhor competitividade frente aos seus melhores concorrentes. Além disso, o autor já acreditava que essa metodologia possibilita um sistema flexível comparado às estratégias existentes no mercado. A Figura 5 mostra o primeiro modelo da Manufatura de Classe Mundial desenvolvido por Schonberger (1986).

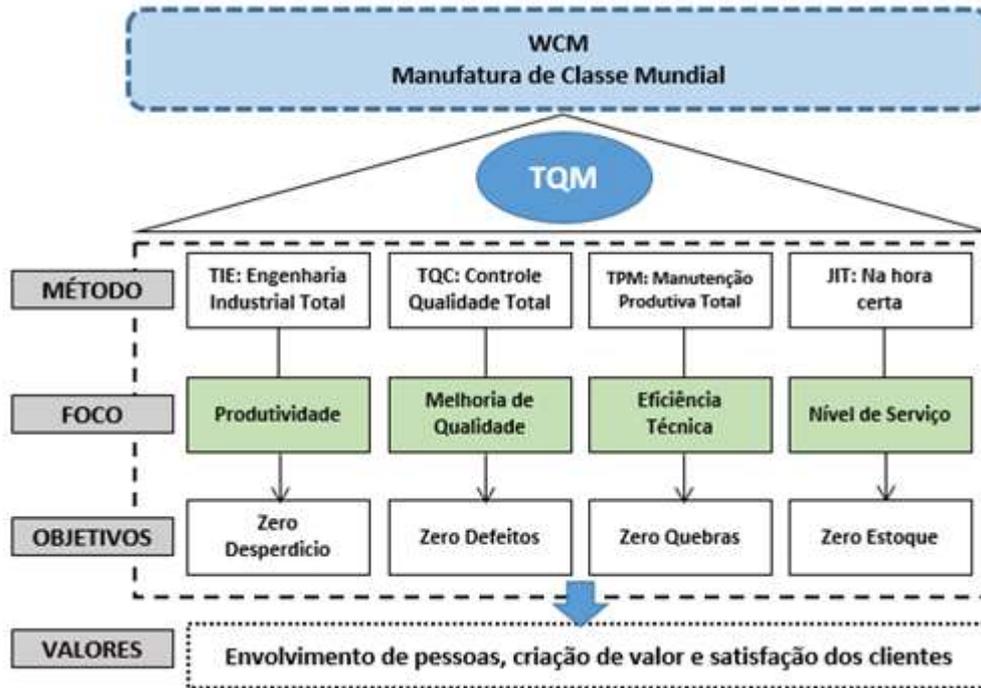
Figura 5 - Primeiro Modelo da Manufatura de Classe Mundial



Fonte: adaptado de Felice; Petrillo; Monfreda (2013).

Depois dos estudos preliminares, a Manufatura de Classe Mundial foi pesquisada com ênfase e com destaque por Hajime Yamashina, professor da Universidade Kyoto e membro da Academia Real Sueca de Ciências da Engenharia (IVA – *Ingenjors Vetenskaps Akademien*). Esse pesquisador criou um sistema de gestão metodológica nos anos 2000 para as empresas automobilísticas, principalmente para todo o Grupo Fiat que foi pioneiro no uso dessa metodologia. O WCM otimiza as atividades das empresas por meio de um sistema estruturado e integrado de redução de custos que tem como elementos essenciais o envolvimento de pessoas e suas competências, focando no combate a todo e qualquer desperdício e perda, com a rigorosa e adequada utilização de métodos e ferramentas para combater as ineficiências existentes nos processos das organizações. A Figura 6 demonstra uma visão mais recente do WCM, bem como suas premissas (YAMASHINA, 1995, YAMASHINA, 2007a, PARREIRAS et al., 2014, FELICE; PETRILLO, 2015).

Figura 6 - Premissas do WCM



Fonte: adaptado de Felice; Petrillo; Monfreda (2013).

A principal diferença do WCM para a Manufatura Enxuta tradicional é o foco na eliminação sistemática de desperdícios e perdas e o fato de todas as ações e decisões serem realizadas por meio da análise de dados. Esses dados devem ser melhorados com o passar do tempo para que a acuracidade e eficácia das ações sejam efetivas. Assim, o uso de ferramentas estatísticas e específicas é necessário para atingir o nível de classe mundial (JAZAYERI; HOPPER, 1999). O Quadro 2 ilustra as principais ferramentas utilizadas no WCM.

Quadro 2 - Principais Ferramentas do WCM

Ferramenta	Descrição
5 G	Ferramenta para análise e descrição da perda.
4M ou 5M	Usado para listar os possíveis fatores que causam o fenômeno. Os 4M significam máquina, método, material e mão de obra. O 5M acrescenta o ambiente aos quatro listados anteriormente.
5W+1H	Usado para garantir uma análise completa de um problema em todos os seus aspectos fundamentais. As questões correspondentes ao 5W e 1H são: quem? O que? Por quê? Onde? Quando? Como?

5 Porquês	Analisa as causas de um problema por meio de uma série de perguntas.
Etiqueta de AM (<i>Autonomous Maintenance</i>)	Etiqueta usada para relatar qualquer anomalia detectada na máquina.
Etiqueta de WO (<i>Workplace Organization</i>)	Etiqueta usada para relatar qualquer anomalia detectada no posto de trabalho.
Etiqueta de PM (<i>Professional Maintenance</i>)	Etiqueta usada para relatar qualquer anomalia detectada para manutenção profissional.
Pirâmide de Heinrich	Usada para classificar os eventos que têm impacto na segurança, como fatalidades graves, acidentes com afastamento, acidentes sem afastamento, quase acidentes e condições inseguras.
Etiqueta de Segurança	Etiqueta usada para relatar qualquer anomalia detectada por segurança.
Priorização ABC de Equipamentos	Usada para classificar equipamentos de acordo com suas prioridades de intervenção em caso de falha.
Ciclos de Limpeza, Inspeção, Manutenção e Controle	Folhas utilizadas para as atividades a serem realizadas pelos pilares de WO (<i>Workplace Organization</i>), PM (<i>Professional Maintenance</i>) e AM (<i>Autonomous Maintenance</i>).
PFMEA (<i>Process Failure Mode and Effect Analysis</i>)	Usado para prever o potencial modo de falha nos processos.
Dois métodos de câmera de vídeo	Usado para gravar as operações a fim de otimizá-las.
Análise de MURI	Análise ergonômica dos postos de trabalho.
Análise de MURA	Análise de operações irregulares.
Análise de MUDA	Análise das perdas.
Gráfico de Espaguete	Usado para detalhar o fluxo físico atual e distâncias envolvidas em um processo de trabalho.
<i>Golden Zone e Strike Zone</i>	Análise de operações de trabalho na área que favorece o manuseio a fim de minimizar o movimento para reduzir a fadiga.
Lição de um ponto (LUP)	É uma técnica que permite um foco simples e eficaz em pouco tempo sobre o objeto do treinamento.

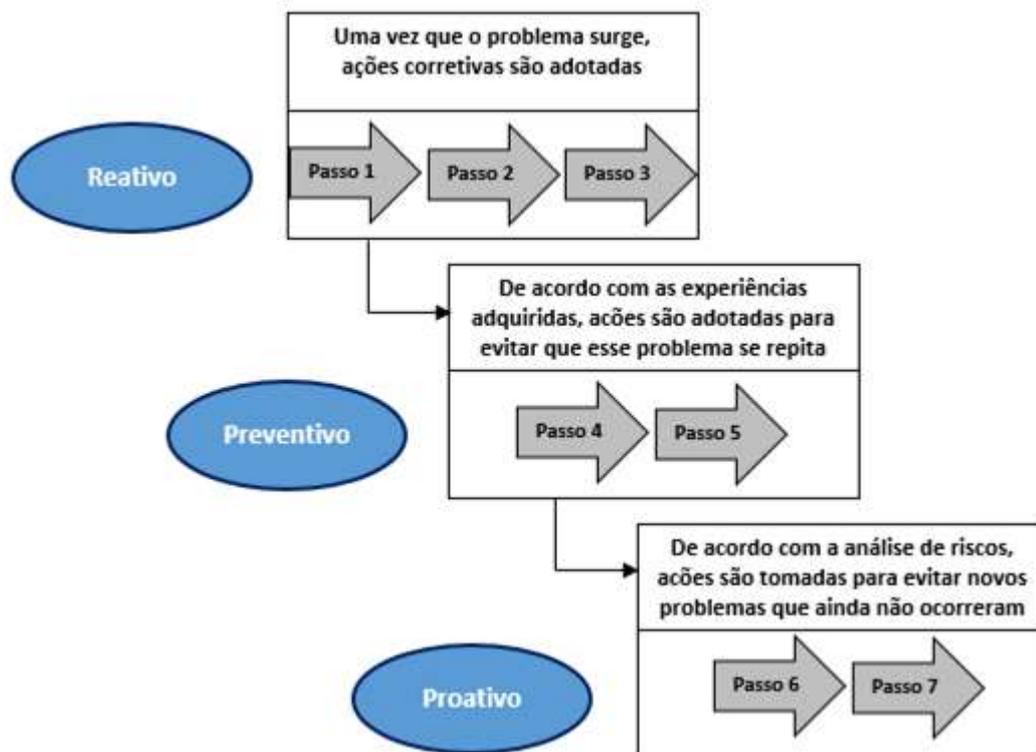
<i>Standard Operating Procedures (SOP)</i>	Procedimento padrão para realizar o trabalho.
Folha de elementos do trabalho (FET)	Folha para descrever elementos do trabalho.
Ajuda Visual	Conjunto de sinais que facilita o trabalho e a comunicação dentro da empresa.
TWTTP (<i>The Way to Teach People</i>)	Entrevista de 4 perguntas para testar o nível de conhecimento na operação a ser executada.
HERCA (<i>Human Error Root Cause Analysis</i>)	Técnica para a investigação de acidentes, que examina o que aconteceu pesquisando o porquê aconteceu.
5 perguntas para zero defeitos	Análise do processo ou do equipamento (máquina) por meio de cinco perguntas para obter zero defeitos.
DOE (<i>Design of Experiments</i>)	Técnica que permite determinar os efeitos individuais e interativos de muitos fatores que podem afetar os resultados de qualquer projeto.
ANOVA	Coleção de modelos estatísticos, em que a variância observada em uma determinada variável é particionada em componentes atribuíveis a diferentes fontes de variação.
PPA (<i>Process Point Analysis</i>)	Usado para restaurar, manter e melhorar os padrões operacionais de trabalho para garantir zero defeitos.
Matriz QA (<i>Quality Assurance</i>)	Conjunto de matrizes que mostra as correlações entre as anomalias do produto e as fases do sistema de produção.
Matriz QM (<i>Quality Maintenance</i>)	Ferramenta usada para definir e manter as condições de operação das máquinas que asseguram o desempenho desejado.
QA Network (<i>Quality Assurance</i>)	Usada para garantir a qualidade do processo, eliminando o retrabalho.
QuOA (<i>Quality Operations Analysis</i>)	Análise preventiva das etapas do trabalho para garantir a qualidade.
Análise de operação rítmica	Análise da dispersão durante o ciclo de trabalho.
Método do movimento econômico	Análise usada para avaliar a eficiência do movimento e otimizá-los.
Matriz de material	Classificação dos materiais de acordo com as três famílias e subgrupos (ABC)

Matriz X	Ferramenta da qualidade que permite comparar dois pares de listas de itens para destacar as correlações entre elas para relacionar o modo de defeito, fenômeno, seção de equipamentos e componentes de qualidade.
----------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: adaptado de Felice; Petrillo; Monfreda (2013).

O WCM é formado por duas principais linhas de atuação que se dividem em dez pilares técnicos e dez pilares gerenciais. Assim, pode-se considerar que uma empresa de classe mundial se destaca em níveis superiores de engenharia, pesquisa e melhorias no chão de fábrica num sistema integrado e combinado entre alta gestão (pilares gerenciais) e áreas técnicas (pilares técnicos), que serão detalhadas na sequência desta pesquisa. O WCM é desenvolvido em sete passos para cada pilar, e esses passos são divididos em três fases: reativa, preventiva e proativa. A fase reativa começa pelos passos de um a três, que são as atividades iniciais de cada pilar. Os passos quatro e cinco são preventivos, até alcançar-se os passos finais proativos, que são os passos seis e sete. A abordagem WCM inicia-se numa área modelo e depois estende-se às demais áreas das organizações. Essa área modelo é definida pelo maior índice de desperdícios e perdas, assim como as áreas de expansão, que vêm na sequência da área modelo seguindo o mesmo critério (FELICE; PETRILLO; MONFREDA, 2013). A Figura 7 demonstra os passos do WCM nas três fases.

Figura 7 - Passos do WCM nas fases reativa, preventiva e proativa

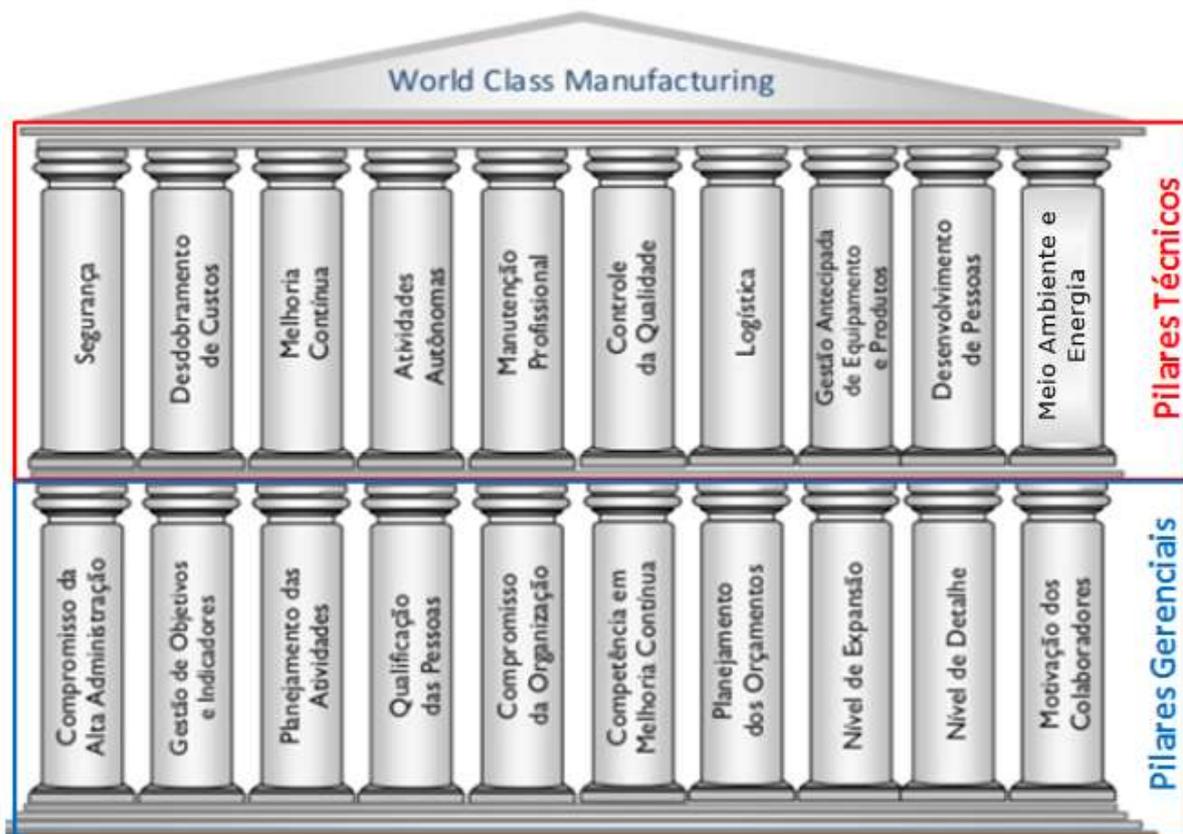


Fonte: adaptado de Felice; Petrillo; Monfreda (2013).

2.3.1 Pilares Técnicos e Pilares Gerenciais do WCM

Como mencionado, o WCM é formado por duas frentes de atuação, chamadas de pilares técnicos e pilares gerenciais. Os pilares técnicos são formados pelos processos existentes nas organizações, se integram entre si e formam a sustentação para o sucesso da implementação da metodologia. Já os pilares gerenciais demonstram a quão comprometida está a empresa e seus empregados na aplicação do WCM para o atingimento das metas e dos objetivos dos pilares técnicos. Ressalta-se que os pilares gerenciais formam a base dos pilares técnicos, pois o engajamento e a dedicação nesses pilares estão diretamente ligados ao sucesso dos pilares operacionais e desenvolvimento das pessoas (BORGES; ABREU; VAZ, 2014; BORGES; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2013; FREITAS; BARROS FILHO, 2016; GAJDZIK, 2012; GONÇALVES; GUIMARÃES; BAGNO, 2014; PALUCHA, 2012; PEREIRA; RANGEL; COSTA, 2016). A Figura 8 é conhecida como o templo do WCM pois demonstra que os pilares gerenciais formam a base para os pilares técnicos, que sustentam o sucesso do WCM no topo da metodologia.

Figura 8 - Templo de WCM



Fonte: adaptado de Yida (2017).

O primeiro pilar técnico do WCM é o pilar de Segurança, que foca na segurança e saúde dos trabalhadores por meio da melhoria contínua do ambiente de trabalho e da eliminação dos atos e condições inseguras. O objetivo deste pilar é buscar o mínimo de acidentes na manufatura (PALUCHA, 2012).

O segundo pilar, que é considerado o diferencial do WCM, é o pilar de Desdobramento de Custos. Seu objetivo é transformar as perdas em custos a partir da quantificação em medidas mensuráveis. Assim, direciona os outros pilares na busca por projetos de redução de custos, e daí vem seu fator diferencial. Ele é formado por matrizes que comparam as perdas com suas causas e resultantes, identificando qual a melhor maneira de reduzi-las. Para o sucesso desse pilar é necessário obter dados confiáveis e automatizados para se ter cada vez mais assertividade nos projetos de redução de custos (GAJDZIK, 2012). Esse pilar será tratado com mais detalhes nas próximas seções em função da sua relevância para este estudo.

O terceiro pilar é o de Melhoria Contínua, e ele é responsável por orientar tecnicamente os outros pilares sobre qual a melhor forma de combater determinado tipo de problema. Além

disso, ele deve fornecer as ferramentas e métodos adequados para poder resolver os diferentes tipos de desperdícios e perdas. Esse é um pilar estratégico, pois tem a missão de investigar a causa raiz do problema para impedir que esse não aconteça novamente (FREITAS; BARROS FILHO, 2016).

O quarto pilar é o de Atividades Autônomas, dividido em duas frentes, uma focada em máquinas e outra em postos de trabalho. A parte do pilar voltada para máquinas é denominada Manutenção Autônoma, e objetiva melhorar a eficiência global por meio das restaurações das condições de base das máquinas e de melhorias para prevenir quebras e microparadas, aumentando o rendimento e a entrega desses equipamentos. Outro ponto importante é que essas melhorias são executadas pelos próprios operadores das máquinas, desenvolvendo assim suas habilidades e conhecimentos técnicos. Já a outra parte desse pilar volta-se para a Organização do Posto de Trabalho, e procura melhorar as condições ergonômicas dos postos de trabalho, reduzir os desperdícios e padronizar as operações. Além disso, trabalha no desenvolvimento de operadores flexíveis e capacitados para múltiplas funções (BORGES; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2013).

O quinto pilar é o de Manutenção Profissional, que trabalha em conjunto com o pilar de Manutenção Autônoma para restaurar as condições básicas do equipamento. O objetivo deste pilar é aumentar o ciclo de vida das máquinas por meio de práticas de manutenção baseadas na capacidade de prorrogar a vida dos componentes (manutenção corretiva e preventiva). Esse pilar busca reduzir a zero a quebra de máquinas, atuando na causa raiz dos defeitos e melhorando a eficiência e disponibilidade das máquinas (BORGES; ABREU; VAZ, 2014).

O sexto pilar é o de Controle da Qualidade, que é base do WCM e da Manufatura Enxuta em geral. Ele atua na integração entre os processos e a mão de obra, buscando sempre o zero defeito ao criar uma cultura de melhoria contínua com foco na eliminação permanente do defeito. Esse pilar traduz o desejo dos clientes para as linhas de produção, pois entende que a qualidade de um determinado produto deve ser obtida durante seu processo produtivo e não por meio de controles que tornam o processo custoso e ineficaz, uma vez que se tem inúmeras perdas e defeitos nos processos (PEREIRA; RANGEL; COSTA, 2016).

O sétimo pilar é o de Logística, que visa o fluxo contínuo de acordo com a demanda, eliminando perdas e desperdícios ao longo da cadeia de suprimentos. Esse pilar trabalha para atingir o mínimo de estoque, com o mínimo manuseio de material e com uma integração completa de toda a cadeia de suprimentos das organizações (BORGES; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2013). Este pilar também será tratado com maior ênfase nas próximas seções em função do seu destaque para esta pesquisa.

O oitavo pilar é formado por dois escopos: o de Gestão Preventiva de Equipamentos e Gestão de Novos Produtos. O primeiro escopo é dedicado ao desenvolvimento de novos equipamentos e refere-se a compra preventiva de equipamentos. Isso porque no WCM todos os equipamentos têm uma gestão antecipada antes da sua compra, e para tanto são verificadas questões como análises da demanda dos clientes, *benchmarking* com concorrentes e aprendizado com erros de modelos anteriores para que os mesmos problemas não ocorram novamente. O segundo escopo é dedicado ao desenvolvimento de novos produtos, a fim de que sejam projetados atendendo aos requisitos de manufatura e possam melhorar a produtividade (GAJDZIK, 2012).

O nono pilar é o de Desenvolvimento de Pessoas, e sua principal função é garantir, por meio de um sistema estruturado, a formação de competências e qualificações adequadas para cada empregado. Além disso, esse pilar desenvolve as habilidades das pessoas para que estejam preparadas para treinar outros empregados a expandir seus conhecimentos. Outro fator importante desse pilar é manter o bem-estar, o comprometimento e a dedicação das pessoas no ambiente de trabalho (FREITAS; BARROS FILHO, 2016).

Por fim, o décimo pilar técnico é dividido entre Meio Ambiente e Energia. O pilar de Meio Ambiente visa auxiliar a empresa a atender aos requisitos e às normas de gestão ambiental vigentes. Envolve uma variedade de melhorias técnicas e auditorias como, por exemplo, a ISO 14000. O pilar de Energia foi o último pilar a ser incluído no WCM e dedica-se a melhorar a capacidade das empresas para a identificação e implementação de medidas para reduzir os desperdícios e perdas de energia que ajudam a alcançar uma maior eficiência energética (GONÇALVES, GUIMARÃES; BAGNO, 2014).

Já os pilares gerenciais também são dez e, de acordo com Arsovski, Dokic e Dokic-Pesic (2012), estão assim divididos:

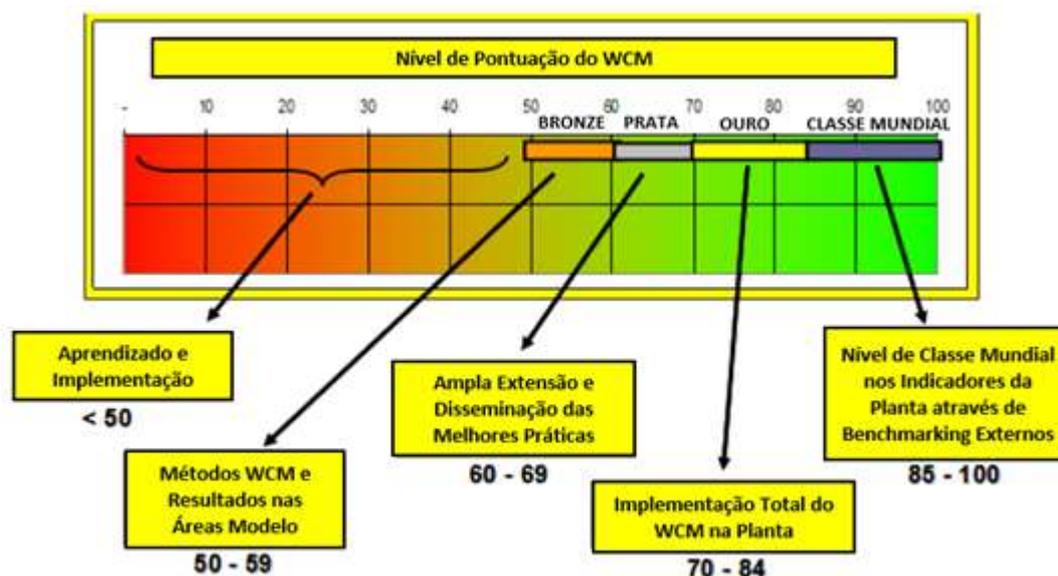
- 1) Compromisso: comprometimento da alta liderança em alcançar níveis de classe mundial de desempenho;
- 2) Envolvimento: as pessoas estão envolvidas nas metas da empresa;
- 3) Comunicação: as pessoas estão comprometidas com os ideais da empresa pois são bem informadas sobre isso;
- 4) Compreensão: as pessoas compreendem o que e onde estão os problemas e quais as iniciativas para fazer melhorias;
- 5) Medição: problemas são identificados e priorizados para medir-se a eficácia das atividades de melhoria;
- 6) Implantação: como os objetivos são traduzidos em ação;

- 7) Implementação: como as soluções são realizadas corretamente para problemas identificados é chave para o sucesso. As pessoas aprendem melhor na prática, além disso, crescem profissionalmente quando executam;
- 8) Avaliação: avaliar os resultados obtidos para verificar se os problemas foram realmente resolvidos;
- 9) Padronização: depois da avaliação, precisa-se padronizar o método para gerenciar o processo e sustentar o resultado obtido;
- 10) Documentação: registro do conhecimento gerado sendo usado em outra área e no futuro.

Conforme abordado anteriormente, os preceitos do WCM são aplicados pelos pilares técnicos em áreas modelos que são escolhidas pelo pilar de desdobramento de custos com base nas maiores perdas e desperdícios em máquinas e linhas produtivas. O mesmo conceito se estende aos pilares de segurança e qualidade, no qual as áreas modelos são escolhidas com base nos processos e máquinas que possuem o maior índice de acidentes e defeitos, respectivamente. Depois de aplicar os passos iniciais na área modelo é que se considera que os pilares estão aptos para se expandir para as demais áreas. A escolha dessas outras áreas de expansão deve seguir o mesmo critério, ou seja, devem ser aquelas que possuem os maiores custos e índice de acidentes e defeitos depois da área modelo (EMBRACO, 2011; FIAT GROUP, 2007; YAMASHINA, 2006).

Para a avaliação dos níveis de aplicação do WCM nas empresas, são realizadas auditorias internas e externas. As auditorias internas são realizadas por grupos da própria empresa que foram treinados pelo Professor Hajime Yamashina, e as auditorias externas são realizadas somente por ele. Ambas são feitas para analisar o desempenho das empresas em cada um dos vinte pilares, e para cada um deles são atribuídas notas que variam de zero a cinco. Ao final, essas notas são somadas e possibilitam que a empresa receba uma pontuação geral que varia de zero a 100. A partir de 50 pontos, as empresas auditadas recebem níveis de avaliação que vão desde o nível Bronze até o nível de Classe Mundial (CORTEZ et al., 2010), conforme demonstra a Figura 9.

Figura 9 - Critérios de Avaliação WCM



Fonte: adaptado de Regattieri; Regattieri (2018).

2.3.2 Pilar Técnico de Logística

Considerando que o WCM é um sistema de produção integrado e estruturado cuja meta é a busca contínua de redução de custos por meio da eliminação sistemática de perdas, conseguindo com isso uma maior produtividade, com produtos de qualidade e altamente flexíveis que atendem aos requisitos dos consumidores (ALONSO et al., 2017), Dudek (2014) aponta que um dos pilares mais importantes do WCM nesses esforços é o de Logística, pois ele aborda os fluxos internos e externos a partir da integração da cadeia de suprimentos.

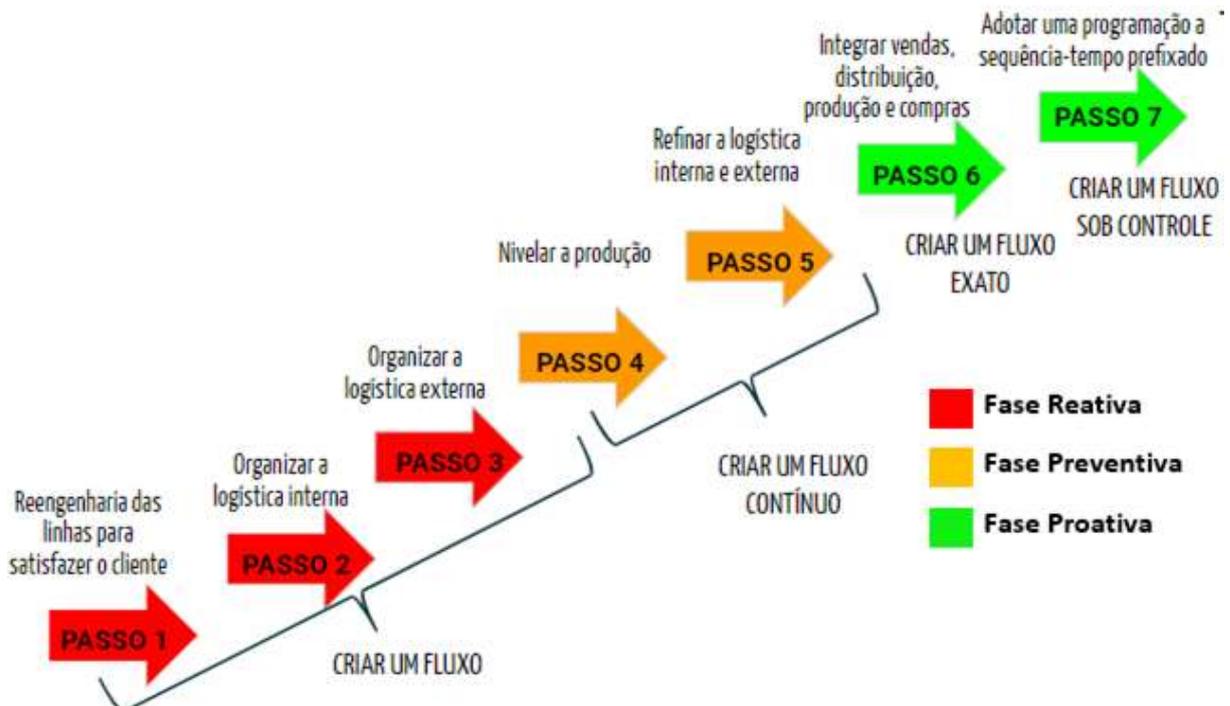
Esse pilar tem como missão buscar o zero estoque de materiais com a máxima eficiência e custo, e seus principais objetivos são a redução dos níveis de estoque de peças e produtos acabados, a minimização do manuseio de materiais com fluxo unitário de peças, a otimização contínua do fluxo externo entre a empresa e seus fornecedores e a integração de toda a cadeia de suprimentos. Esses objetivos podem ser alcançados com a evolução da metodologia e expansão de seus conceitos, especialmente usando as principais ferramentas e métodos do pilar de logística que são o mapeamento do fluxo de valor, classificação ABC de abastecimento, cinco critérios de embalagem, *Just-In-Time*, *Kanban*, FIFO, entre outros (FELICE; PETRILLO, 2015).

Além disso, esse pilar técnico utiliza três princípios. O primeiro é o da sincronização entre produção e vendas, que possibilita produzir exatamente o que é necessário para satisfazer

o cliente, no momento certo e em quantidade exata. Isso envolve minimizar os componentes e produtos semiacabados dentro das fábricas a fim de reduzir os prazos de entrega. Para tanto é necessário analisar cuidadosamente a demanda e ter um sistema de produção altamente flexível com a lógica JIT e fluxo de produção puxado, baseada na solicitação real do cliente. Não obstante, as funções comerciais de vendas, distribuição, produção e compras devem estar fortemente integradas. Já o segundo princípio é baseado na minimização do armazém, diminuindo o estoque para criar um fluxo contínuo de produção. Por fim, o terceiro princípio busca reduzir o deslocamento e manuseio de material (GUGLIELMINO, 2018).

Como todos os pilares do WCM, o pilar de Logística também é dividido em sete passos. Seus três primeiros passos estão focados em fases mais reativas, que buscam a criação de um fluxo dentro da empresa analisada. Já os passos quatro e cinco são passos preventivos, o que significa otimizar algumas ações implementadas nos passos anteriores e buscar um melhor planejamento dos materiais para criar um fluxo contínuo de produção. Por fim, os passos seis e sete são proativos e explorados em fases mais avançadas de implementação da metodologia. Objetiva-se nestes passos a criação de um processo estável e sob controle que integre todos os fluxos com programações controladas e predeterminadas (EMBRACO, 2011; FIAT GROUP, 2007; YAMASHINA, 2006). A Figura 10 detalha os sete passos do pilar de logística com as fases de implementação e as metas de cada passo.

Figura 10 - Sete passos do pilar de logística e atendimento ao cliente



Fonte: adaptado de Alonso et al. (2017).

Conforme demonstra a Figura 10, o primeiro passo dedica-se a adequar as linhas de montagem para satisfazer o cliente, ou seja, nesse passo o foco principal são linhas produtivas que propiciem alta produtividade, alta flexibilidade e excelentes condições ergonômicas, buscando eliminar o excesso de estoque para otimizar a área das linhas de montagem (FELICE; PETRILLO, 2015).

O passo dois é dedicado à logística interna, ou seja, à otimização de todo o fluxo logístico interno da planta. Aqui elimina-se, por exemplo, o uso de empilhadeiras para abastecimento e trabalha-se na produtividade interna da logística. Já o passo três concentra-se na organização da logística externa, o que significa a redução no custo dos transportes da planta. O foco desse passo é dedicar-se ao uso de transportes compartilhados e rotas mistas com fornecedores (DUDEK, 2014).

O passo quatro é baseado no nivelamento de produção, sincronizando os estoques dentro da fábrica com a configuração de produção. A ideia é eliminar os estoques intermediários entre os processos existentes no sistema de produção. O passo cinco é um complemento dos passos dois e três, uma vez que o intuito é atuar na organização de um fluxo constante e otimizado. Esse passo procura a redução de manuseio de materiais na logística interna da planta e a redução de custo da logística externa, com técnicas mais avançadas de redução no custo de transporte (YAMASHINA, 2016).

Na sequência, o passo seis visa criar um fluxo na cadeia de suprimentos eficaz e totalmente controlado, pois integra os processos como vendas, distribuição e compras. Finalmente, no passo sete ocorre a sincronização completa de todos os processos logísticos e de produção e complementa-se o passo seis, criando cadeias de suprimentos ágeis para responder aos requisitos dos clientes. Nesse passo ocorre a otimização de todos os parâmetros do fluxo da cadeia de suprimentos, não existindo discrepâncias entre o plano e a execução da produção, o que torna possível eliminar o estoque do sistema (EMBRACO, 2011, FIAT GROUP, 2007, GARCIA, 2015).

É relevante notar que o pilar de Logística lida com muitas perdas, que serão abordadas com mais detalhes na seção sobre Desdobramento de Custos Logísticos, mas há três áreas básicas nas quais as perdas podem ser sistematicamente reduzidas através do WCM. Uma delas é a logística de suprimentos, que trata, entre outras questões, da organização do fluxo de informações e dos sistemas de TI dos componentes para os fornecedores, buscando rotas e meios de transporte cada vez mais lucrativos, além da otimização do gerenciamento de materiais e armazéns. Outra área passível de melhorias exponenciais é o do planejamento e

controle do fluxo de produção, que quando otimizada pode satisfazer as necessidades dos clientes externos e internos. Por fim, a última área relaciona-se com a logística de distribuição, que trata, entre outras atividades, da disposição dos centros de distribuição do produto final e da rede de vendas, dos métodos de escolha de transporte, da análise da demanda do mercado e da preparação de plano de vendas e gerenciamento e controle de suprimentos. De todo modo, para que esses benefícios sejam alcançados, é necessário que implementação do pilar seja feita de forma satisfatória e visando os objetivos da organização (DUDEK, 2013).

O Quadro 3 demonstra uma complementação dos passos de implementação do pilar de Logística no conceito WCM, que pode se tornar um plano potencial de implementação de etapas específicas de pilares logísticos no WCM em qualquer empresa.

Quadro 3 - Mapa das Premissas de Implementação do Pilar de Logística

	Fluxo de materiais otimizado	Nivelamento de produção	Sincronização de produção, áreas de distribuição e suprimentos	Integração de produção, áreas de distribuição e suprimentos	Envolvimento para manter o WCM
Principais Ações	<ul style="list-style-type: none"> - Análise do fluxo de materiais - Eliminação de perdas - Redução de estoques internos - Otimização de <i>layout</i> - Verificação dos sistemas de manuseio e transporte 	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas internas sincronizadas - Demanda flexibilizada - Nivelamento - Balanceamento de máquinas 	<ul style="list-style-type: none"> - Unificação do <i>takt time</i> entre as áreas - Padronização dos lotes de produção - Otimização e padronização do material - Integração dos processos logísticos e de produção 	<ul style="list-style-type: none"> - Integração de logística e produção - Otimização do fluxo de materiais - Cadeia de suprimentos ágil e organizada 	<ul style="list-style-type: none"> - Manter e controlar os padrões estabelecidos

Fonte: adaptado de Dudek (2013).

Após sua implementação, é possível classificar o pilar de Logística em níveis de zero a cinco, que são avaliados nas auditorias da metodologia WCM (YAMASHINA, 2018). O Quadro 4 demonstra os requisitos necessários para a obtenção dos níveis de pontuação do pilar de Logística.

Quadro 4 - Critérios de Avaliação Logística

Nível	Descrição
0	Falta de sincronização entre vendas, produção e compras. O nível dos inventários é alto por carência de JIT e da aplicação de métodos tradicionais de produção. O princípio da minimização da movimentação não é ainda entendido e praticado.
1	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação de 5S e 5T foram realizadas; - Criação de um fluxo: passos de 1 e 3 aplicados numa área modelo; - Classificação de materiais realizada; - Classificação de fornecedores realizada com base na distância, valor características das peças, volume de compras, entre outros; - Os KPIs (<i>Key Performance Indicator</i>) dos passos 1 a 3 estão aplicados e bem entendidos; - Entendimento teórico de como as peças devem ser abastecidas nas linhas de montagem de acordo com os requisitos do WCM; - Não há empilhadeiras na fábrica para abastecer materiais nas linhas de montagem, somente para carga e descarga de materiais no armazém;
2	<ul style="list-style-type: none"> - Passos 4 e 5 do pilar de Logística aplicados na área modelo com resultados satisfatórios dos KPIs desses passos; - Passos 1 a 3 aplicados nas áreas de expansão de acordo com <i>Cost Deployment</i> de Fábrica; - Sistema de <i>call-off</i> utilizado para itens A, <i>kanban</i> eletrônico para itens B e sistemas de duas caixas para itens C (itens muito pequenos); - FIFO aplicado; - SMED aplicado extensivamente; - Materiais abastecidos nas linhas de montagem com o mínimo manuseio de material; - Conceitos de <i>golden zone</i>, <i>strike zone</i>, <i>one motion movement</i> para itens A são bem entendidos e aplicados;
3	<ul style="list-style-type: none"> - Passo 6 aplicado na área modelo com seus respectivos KPIs; - Passos 4 e 5 aplicados nas áreas de expansão com bons resultados; - Passos 1 a 3 aplicados em todas as áreas da fábrica com bons resultados; - FIFO aplicado em todas as áreas; - <i>Logistics Cost Deployment</i> realizado; - Integração do time de vendas, distribuição, produção e compras; - Serviço ao cliente eficiente com EPM (<i>Early Project Management</i>);
	<ul style="list-style-type: none"> - Passo 7 aplicado na área modelo com seus respectivos KPIs; - Passos 4 a 5 aplicados em todas as áreas da fábrica com bons resultados;

4	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Lead time</i> de entrega, <i>lead time</i> de manufatura e nível de estoque são mínimos; - Não há um sistema adequado de puxada de material (sinal) na fábrica para abastecimento de linhas; - A localização dos itens A, itens volumosos e áreas de kit são próximas ao ponto de uso e permitem a mínima movimentação de materiais; - Mínimo manuseio de material é visível em toda a fábrica;
5	<ul style="list-style-type: none"> - Passo 7 aplicado em todas as áreas da fábrica com bons resultados; - Linhas dos fornecedores sincronizadas com a linha principal; - Controle de qualidade na inspeção do recebimento no oitavo estágio; - Logística com abordagem proativa; - VSM (<i>Value Stream Mapping</i>) e SCM (<i>Supply Chain Management</i>) são considerados no estágio do <i>design</i> dos produtos e processos;

Fonte: adaptado de Yamashina (2018).

2.3.3 Pilar Técnico de Desdobramento de Custos

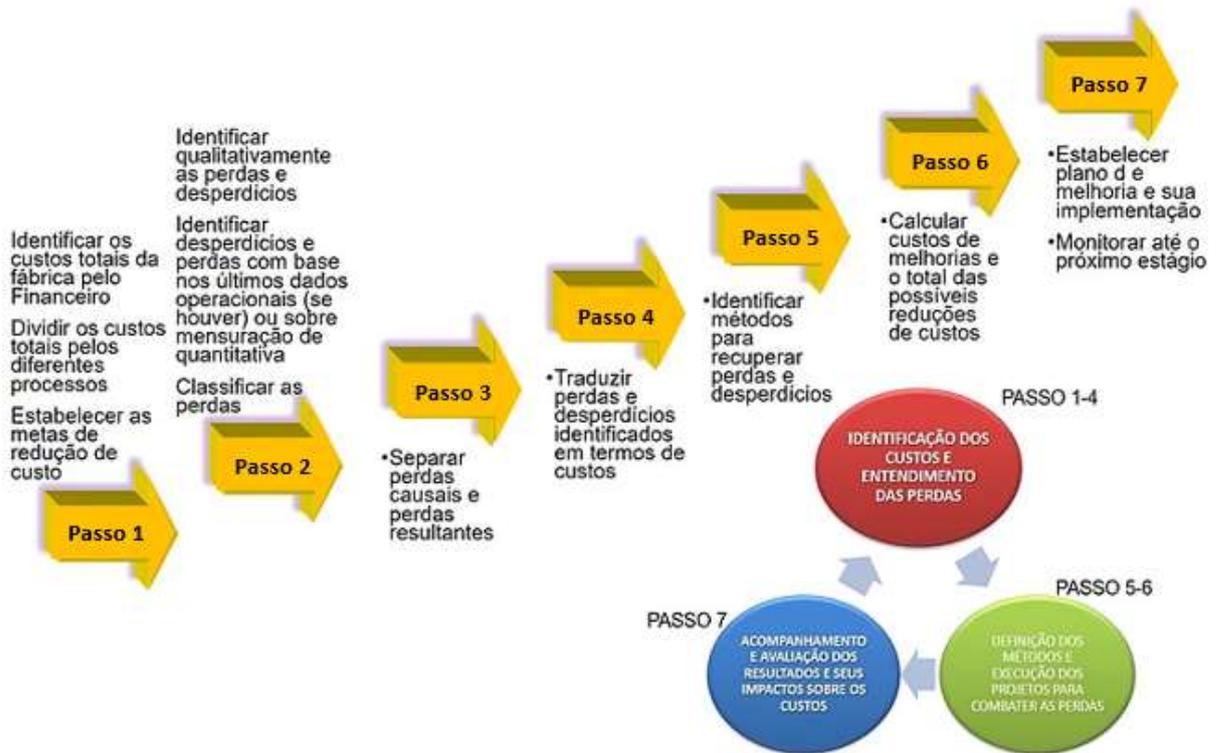
O pilar de Desdobramento de Custos é um procedimento sistemático para identificação de perdas e desperdícios na manufatura, pelo qual as empresas podem definir as causas dessas situações e implementar sistematicamente projetos de melhoria que atuem na resolução desses problemas. Além disso, ele fornece ferramentas para definir prioridades nos projetos de melhoria na planta, funcionando como uma bússola para guiar as empresas na administração de seus custos e no processo de tomada de decisão (GIOVANDO; CROVINI; VENTURINI, 2017; HOEG; KNUTSEN, 2016; YAMASHINA, 1999).

A chave do sucesso na implantação do pilar de Desdobramento de Custos é uma coleta de dados precisa e automatizada. Isso torna a base de dados cada vez mais confiável e com mais detalhes para as análises. Como exemplo, deve-se ter as perdas coletadas em tempo real em máquinas e ferramentas por meio de um sistema integrado que envia os dados *online* ao pilar. O mesmo procedimento deve ser expandido para todos os setores da empresa, como *scrap* de peças, avarias nas máquinas, *setup*, microparadas, perdas de energia, absenteísmo de empregados, entre outros (GIOVANDO; CROVINI; VENTURINI, 2017; YAMASHINA, 1999).

Ainda nessa linha, segundo Piatt (2014) e Ramos (2016), outro fator-chave para o sucesso desse pilar é medir e atribuir com precisão os custos das perdas e, em seguida, transformá-los em ganhos. Esse pilar, assim como os demais do WCM, também possui sete passos, e seu primeiro passo é quantificar os custos totais dentro dos custos de transformação. No segundo passo, as perdas e desperdícios são identificados e quantificados qualitativamente. No terceiro passo, as perdas causais precisam ser separadas das perdas resultantes. Uma perda

casual tem origem em si mesma e surge de um problema num equipamento ou num processo, por exemplo, um equipamento não desligado durante um final de semana gera perda de consumo desnecessário no período. Já uma perda resultante é gerada por outra perda na cadeia, que resulta de uma perda em um outro processo ou equipamento. Como exemplo, perdas nos compressores quando provocadas por um outro equipamento ineficiente no ponto de uso. O compressor trabalha mais (perda resultante) pois os equipamentos consomem acima do especificado (perda causal). Segundo a metodologia WCM, para eliminar perdas é necessário atacar a causa raiz do problema já que nem sempre atacar perdas resultantes elimina o problema considerando que esta perda resulta de outro processo ou equipamento. No quarto passo, os custos reais de desperdícios e perdas são calculados. No quinto passo, os métodos são identificados para reduzir-se as perdas e desperdícios que resultaram nos custos produtivos. No passo seis, é elaborado um plano para cálculo dos custos de melhorias para redução dos desperdícios e perdas. Note-se que pensar em um plano de redução também traz certos custos. No passo sete, é estabelecido e implementado um plano de melhoria para selecionar e monitorar projetos. Uma vez que o ciclo esteja completo, as empresas de classe mundial repetem os passos para melhorar continuamente o desempenho. Com um melhor entendimento de custos, a alta liderança das organizações pode gerenciar melhor suas equipes na busca da melhoria contínua de suas empresas, atingindo assim níveis de classe mundial em seus indicadores (EMBRACO, 2011; FIAT GROUP, 2007; PIATT, 2014; YAMASHINA, 1999). A Figura 11 demonstra os passos do pilar de desdobramento de custos.

Figura 11 - Os sete passos do pilar de desdobramento de custos



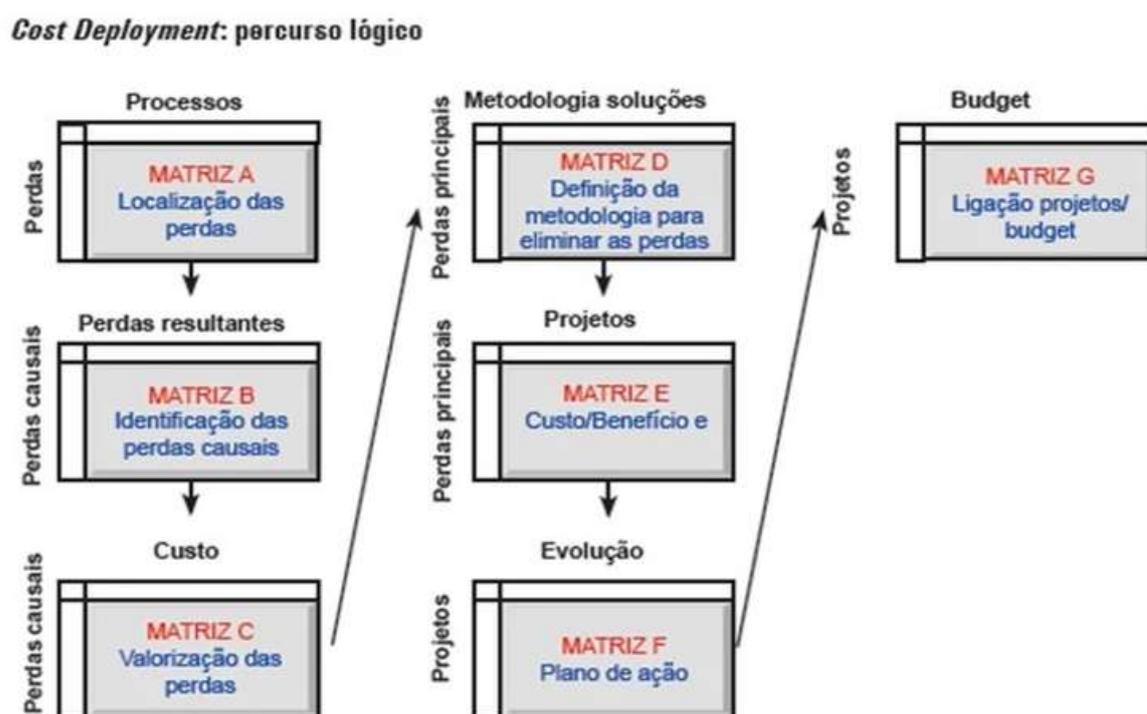
Fonte: adaptado de Fiat Group (2007).

Segundo Yamashina (2016), a quantificação dos custos dentro do pilar de Desdobramento de Custos tem uma rota lógica de implementação que é traduzida em matrizes financeiras que objetivam a definição das principais perdas nos diferentes processos das empresas. Cada passo do pilar é relacionado a cada uma das matrizes, conforme será detalhado adiante neste estudo. Assim, segundo Silva et al. (2013), no passo um, antes da construção das matrizes financeiras, são realizados o levantamento dos custos totais de processamento e a análise de sua estrutura e composição. O objetivo desse processo é estabelecer as metas de redução de custos que serão buscadas pela empresa.

No passo dois, para Ramos (2016), tem-se a relação com a matriz financeira A (Matriz A), e são identificadas as maiores perdas e desperdícios de forma qualitativa nos processos em que eles acontecem. No passo três é construída a matriz financeira B (Matriz B), que identifica a relação entre perdas causais e resultantes, pois toda perda é resultado de uma causa. Como exemplo, um desperdício por excesso de estoque é causado pela distância de um fornecedor da empresa em questão. Nessa matriz são feitas as correlações entre essas perdas para gerar uma sistemática quantitativa de custos (EMBRACO, 2011; FIAT GROUP, 2007).

O passo quatro é relacionado à geração da matriz financeira C (Matriz C), pela qual as perdas e desperdícios são transformados em custos individuais por processo e por causas (SILVA et al., 2013). No passo cinco é criada a matriz financeira D (Matriz D), que seleciona quais as melhores metodologias para atuar nas causas raízes dos problemas e, assim, são estabelecidas as prioridades para execução dos projetos (YAMASHINA, 1999). No passo seis é confeccionada a matriz financeira E (Matriz E) que estima os custos de implementação dos projetos e os benefícios esperados em termos de redução de custos (GAJDZIK, 2012). Finalmente, no passo sete, através das matrizes financeiras F e G (Matriz F e Matriz G) os planos de melhoria (plano de ação dos projetos) são implementados, coletando os resultados por meio de auditorias (SILVA et al., 2013). A Figura 12 demonstra de forma resumida as matrizes do pilar de Desdobramento de Custos.

Figura 12 - Matrizes do pilar de desdobramento de custos



Fonte: adaptado de Silva et al. (2013).

2.4 Desdobramento de Custos Logísticos

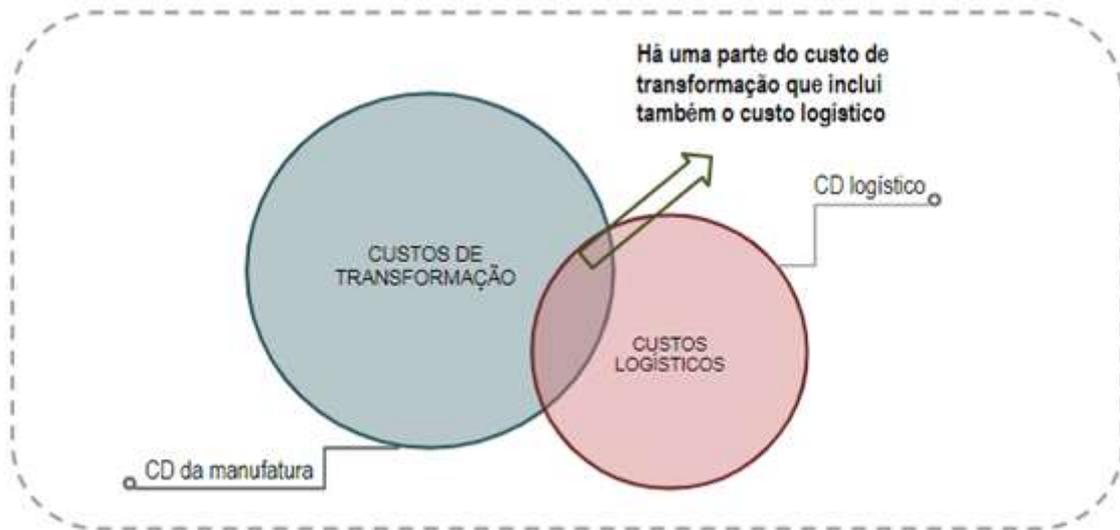
A logística e, mais recentemente, a cadeia de suprimentos, tornaram-se temas de debates e grandes preocupações das organizações, pois transformaram-se nas principais alavancas de redução de custos e geração de vantagens competitivas, especialmente em mercados globalizados e complexos (PIRES, 2016).

Reforçando esse ponto, Resende et al. (2017) afirmam que o custo logístico vem crescendo com o passar dos anos e que atualmente representam 12,37% do faturamento bruto das empresas. Em 2015 e 2016 esse custo cresceu 0,64%, representando um aumento de 15,5 bilhões para as empresas. Para efeito de comparação, o custo logístico na China representa em média 10% do faturamento bruto das empresas e 8,5% nos Estados Unidos. Outro ponto é que o custo que pesa nesses países não é o do transporte, e sim o de armazenagem. Já no Brasil, segundo Pardo (2011), o custo logístico é dividido em 6,9% com transporte, 3,5% com estoque, 0,7% com armazenagem e 0,4% com custo administrativo.

Analisando esse contexto da logística e da gestão da cadeia de suprimentos como diferencial competitivo, um dos pontos cruciais é que os sistemas de custos tradicionais das empresas não classificam nem muito menos medem adequadamente as variáveis logísticas (CUSTÓDIO; TOLEDO FILHO, 2009). Essa é uma das razões pelas quais muitas empresas têm implementado a metodologia WCM, que tem como diferencial a visão sistêmica da eliminação de perdas e desperdícios a partir do apontamento e da quantificação desses custos com o pilar de desdobramento de custos (MIDOR, 2012). Mais especificamente na logística e na cadeia de suprimentos, há uma ferramenta de desdobramento de custos logísticos chamada de *Cost Deployment* (CD) de logística, que pode auxiliar as empresas a medir com eficácia seus custos logísticos e a trabalhar na redução de seus desperdícios, tornando-se cada vez mais competitivas no mercado que atuam (RAMOS, 2016).

A primeira consideração a ser feita é que o *Cost Deployment* logístico, diferentemente do pilar de desdobramento de custos ou pilar de *Cost Deployment* da fábrica, é uma ferramenta utilizada para identificar as perdas apenas no processo logístico. Seu objetivo é direcionar os trabalhos/projetos para a redução específica dessas perdas por meio de um caminho estruturado que permite identificar as perdas e os processos mais afetados por essas perdas. O CD de logística direciona então as atividades do pilar para as maiores perdas em processos logísticos, a fim de reduzi-las na sequência das mais significativas (EMBRACO, 2011; FIAT GROUP, 2007; YAMASHINA, 1999). Há os custos que são mapeados pelo CD de fábrica no pilar de desdobramento de custos, que são os chamados custos de transformação, e há uma parte dos custos logísticos que são mapeados no CD de logística, conforme demonstra a Figura 13.

Figura 13 - Custos do CD de Fábrica e do CD de Logística



Fonte: adaptado de FIAT GROUP (2007).

Os custos de transformação são os custos incorridos para transformar a matéria-prima em produto. O CD de fábrica dedica-se às quatro principais fontes de custos nas empresas (máquinas, mão de obra, material e energia) que estão no custo de transformação das organizações. Já o CD de logística dedica-se aos custos logísticos que estão inseridos no custo de transformação e aos custos logísticos que estão fora do custo de transformação. Custos com mão de obra de logística, área para estoque de materiais e de equipamentos logísticos para movimentação de materiais pertencem ao custo de transformação. Já outros custos, como custo de capital devido a manter estoque e custo de transporte, não fazem parte do custo de transformação, mas são custos de logística e, portanto, têm que ser incluídos no *Cost Deployment* de logística. A depreciação de ativo fixo é excluída do perímetro do WCM, dado que não é diretamente redutível (YAMASHINA, 2007b). A Figura 14 demonstra quais são os principais tipos de custos do CD de fábrica e do CD de logística

Figura 14 - Fontes de Custo do CD de Fábrica e do CD de Logística

MÁQUINA	MÃO DE OBRA	MATERIAL	ENERGIA	LOGÍSTICA
HORA MÁQUINA UTILIZADA	HORA DE MÃO DE OBRA	SUCATA DE MATERIAL UTILIZADO	DESPERDÍCIO DE ENERGIA UTILIZADA	PERDAS POR INVENTÁRIO
Quebras de Máquina	Tempo efetivo de trabalho	Refugos e retrabalhos	Refugos e retrabalhos	Estoque
Setup	Eficiência de mão de obra	Desperdício de materiais	Máquinas não utilizadas	Mão de obra
Micro paradas	Atividades sem valor agregado	Materiais sem valor agregado		Espaço
Redução de velocidade	Espera			
Refugos	Problemas de qualidade			PERDAS POR MOVIMENTAÇÃO
Start up / Parada				Mão de obra
				Espaço
HORA MÁQUINA UTILIZADA DEVIDO A CAUSAS EXTERNAS				Equipamentos
Falta de material ou mão de obra				
Falta de energia elétrica				
CD DE MANUFATURA			CD LOGÍSTICO	

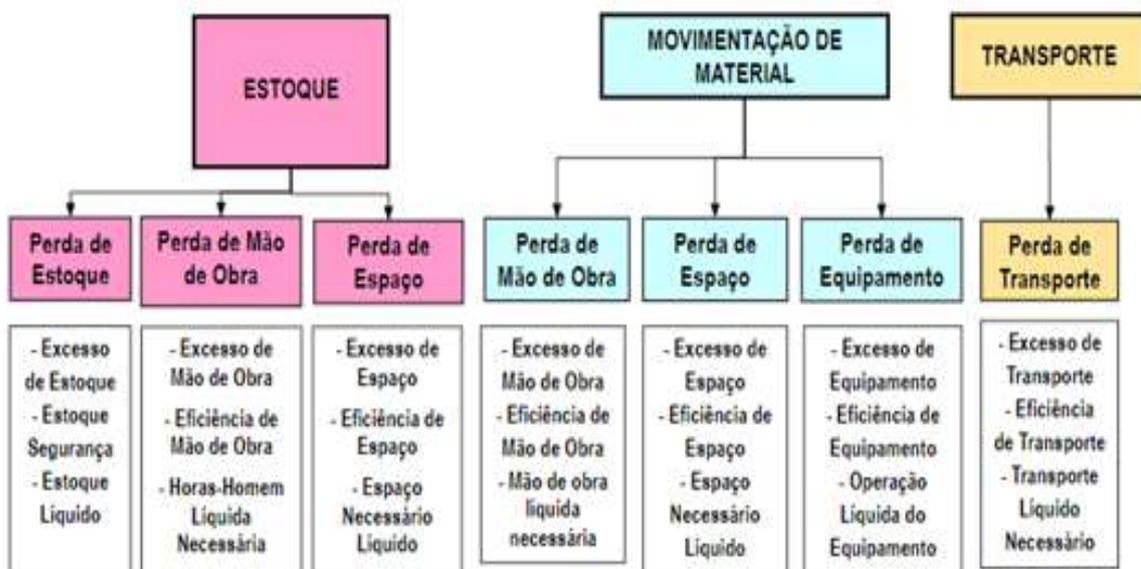
Fonte: adaptado de FIAT GROUP (2007).

A ferramenta de *Cost Deployment* de logística também consiste em sete passos, como o *Cost Deployment* de fábrica. No primeiro passo são feitas as ações preliminares da ferramenta, como estimar os custos logísticos, definir metas de redução de custos e realizar o mapa dos fluxos logísticos. O segundo passo está relacionado à Matriz A, e nele ocorre a identificação dos fluxos logísticos da planta, a definição dos padrões, a identificação de 21 principais perdas logísticas e a identificação dos impactos das perdas em cada processo. O terceiro passo está relacionado à Matriz B, e providencia a detecção das causas dessas 21 principais perdas logísticas e a identificação da correlação de cada causa com as perdas logísticas de cada processo. O quarto passo está relacionado à Matriz C, e quantifica as perdas e as conecta com estrutura de custos, além de estabelecer ferramentas adequadas para avaliação de perdas futuras. O quinto passo é o da Matriz D, que identifica métodos/projetos para reduzir perdas, delegando responsabilidades do pilar e priorizando projetos. O sexto passo relaciona-se à Matriz E, e é quando se faz a estimação dos custos e benefícios dos projetos e planejamento e acompanhamento das atividades. O sétimo passo é referente às matrizes F e G, e nessa etapa ocorre o acompanhamento de economias geradas por projetos e a redefinição de metas (EMBRACO, 2011; FIAT GROUP, 2007).

Segundo Yamashina (2007b), as 21 perdas logísticas mencionadas no segundo passo são originadas de três grandes grupos, sendo o primeiro deles relativo às perdas de estoque ou inventário. Segundo o autor, quanto maior o estoque, mais capital da empresa ficará comprometido, e esse valor poderia estar gerando receitas em aplicações e investimentos em inovação e produtividade. Além disso, quanto maior o estoque, maior a quantidade de mão de obra e espaço físico para gerenciamento e controle, gerando assim mais perdas atreladas a essas variáveis. O segundo grande grupo é referente a movimentação de material, e divide-se em mão de obra responsável pelos fluxos de materiais dentro das empresas, o espaço utilizado para essas movimentações e os equipamentos utilizados para realizar o manuseio desses materiais. Por fim, o terceiro grupo é referente ao transporte de materiais e avalia as perdas oriundas do mal dimensionamento de transportes.

A Figura 15 demonstra essas 21 perdas logísticas divididas nos três grandes grupos listados, que formam a base da Matriz A. O grupo de estoque possui nove grandes perdas, assim como o grupo de movimentação de materiais. Já o grupo de transporte possui três grandes perdas.

Figura 15 - Relação das vinte e uma perdas logísticas do CD de logística



Fonte: adaptado de Embraco (2011).

Detalhando a confecção das matrizes em cada passo, segundo Yamashina (2002), a Matriz A ajuda a identificar as principais perdas cruzando as 21 perdas logísticas (linhas) com os processos logísticos (colunas) da empresa analisada, conforme demonstra a Figura 16.

Figura 16 - Estrutura da Matriz A

MACROCATEGORIA	CATEGORIA	PERDA	Processo 1	Processo 2	Processo 3
ESTOQUE	Perda por Estoque	Perda de estoque por excesso Perda de estoque por segurança Perda de estoque mínimo			
	Perda por mão de obra	Perda mão de obra por excesso Perda mão de obra eficiência Perda mão de obra mínima			
	Perda por espaço	Perda espaço por excesso Perda espaço por eficiência Perda espaço mínimo necessário			
MÃO DE OBRA	Perda por mão de obra	Perda mão de obra por excesso Perda mão de obra eficiência Perda mão de obra mínima			
	Perda por espaço	Perda espaço por excesso Perda espaço por eficiência Perda espaço mínimo necessário			
	Perda por equipamento	Perda equipamento por excesso Perda equipamento eficiência Perda equipamento mínimo			
TRANSPORTE	Perda por transporte	Perda transporte por excesso Perda transporte por eficiência Perda transporte mínimo			

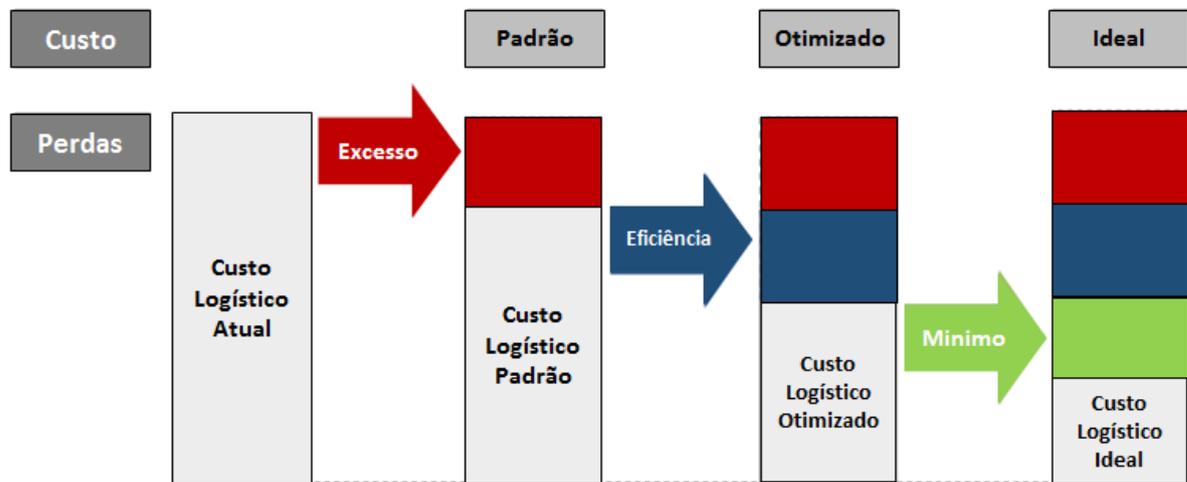
Fonte: adaptado de FIAT GROUP (2010).

Segundo Yamashina (2007b), o passo mais importante na preparação da Matriz A é a definição dos custos logísticos padrão, otimizado e ideal. A definição de tais custos deve seguir as seguintes premissas:

- Custo logístico padrão: custos de logística que uma fábrica deve ter considerando suas configurações atuais (*layout*, processo, organização, sistema, entre outros);
- Custo logístico otimizado: custos logísticos esperados com base na melhoria de processos;
- Custo logístico ideal: custos logísticos com perdas logísticas mínimas (idealmente 0).

Os custos padrão, otimizado e ideal têm de estar identificados para cada processo, e as perdas por excesso, eficiência e mínima são então calculadas por subtração. Tais custos são demonstrados na Figura 17.

Figura 17 - Definição dos custos logísticos padrão, ótimo e ideal



Fonte: adaptado de FIAT GROUP (2010).

Já a Matriz B é importante para distinguir perdas causais e resultantes. Ela atribui perdas resultantes a perdas causais, conforme suas inter-relações. Ela deve ser construída por um time multifuncional, que inclui desde o gerente até operadores experientes. A quantificação das relações de causa e efeito entre perdas deve ser uma distribuição fracionária das perdas resultantes para perdas causais (HOEG; KNUTSEN, 2016). A identificação de todas as possíveis perdas causais e sua correlação com as perdas encontradas na planta é muito importante para a eficácia da implantação de custo. Não há solução direta para reduzir uma perda resultante porque, normalmente, a causa mais visível resulta de uma causa mais profunda (raiz), que precisa ser tratada para evitar a recorrência (FARIA; VIEIRA; PERETTI, 2012).

Segundo Ramos (2016), para construir a Matriz B é necessário identificar todas as possíveis perdas causais que estão gerando as perdas. A Matriz B atravessará então as causas (linhas) com as perdas logísticas mais relevantes (definindo um valor limiar) apontadas na Matriz A (colunas) conforme demonstrado na Figura 18.

Figura 18 - Exemplo de Perdas Causais e Perdas Resultantes na Matriz B

Perdas causais		Estoque	
		Recebimento físico	Armazém de Itens Grandes
Perdas causais		€ 27,400	€ 12,500
Processos Inadequados		50%	30%
Restrições de Layout		20%	20%
Desalinhamento de BOM		0%	20%
Embalagem (inadequada, sem padrão)		20%	15%
Qualidade do Fornecedor		10%	15%

Fonte: adaptado de FIAT GROUP (2010).

A Matriz C, por sua vez, é importante pois expressa todas as perdas em termos monetários, a fim de visualizar os custos reais incorridos nas perdas. Ela apresenta o custo total atribuído a cada perda causal. Ela deve ser realizada pelo time técnico da logística sob supervisão da controladoria, pois é necessário conhecimento contábil e informações financeiras (HOEG; KNUTSEN, 2016). Segundo Gajdzik (2012), a finalidade da Matriz C é destacar e dar foco às perdas causais e aos processos nos quais os maiores montantes de perdas foram identificados nas matrizes A e B, assim como quantificar, mensurar e transformar em valor as perdas e desperdícios identificados nas matrizes A e B. A Matriz C consiste na reorganização dos dados da Matriz B, agrupando as perdas resultantes por causas raiz e processos e, em seguida, na divisão dos valores por tipo de custo, conforme mostra a Figura 19.

Figura 19 - Exemplo de Estrutura da Matriz C

MATRIZ C	Perdas por Processo						
	Perda por Mão de Obra						
	Perda Mão de obra excesso		Perda Mão de obra eficiência				Perda Mão de obra mínima
Causa	Horas Extras	Mão de obra em excesso	Reembalar	Patrulhamento	N/AAA - Espera	Retrabalho	Perda por hora homem mínima necessária
Absenteísmo	\$ 3.000	\$ 7.000					
Embalagem Inadequada			\$ 5.000				
Equipamento Inadequado	\$ 1.000						
Manutenção do Equipamento							
Parâmetro Inadequado do MRP						\$ 3.500	
Viradas de Demanda não programada							
Erros de Engenharia (BOM)							
Performance de Fornecedores							

Fonte: adaptado de Embraco (2011).

Usualmente, a saída da Matriz C é um gráfico de Pareto mostrando perdas logísticas. Esse gráfico é um input para identificar projetos que possam reduzir as perdas mais consistentes (Matriz D). Uma vez que a Matriz C foi construída e as principais perdas foram destacadas, a Matriz D vai priorizar essas perdas para ajudar na definição de projetos para redução de custos na Matriz E (FIAT GROUP, 2007).

Na Matriz D são definidos ainda os indicadores-chave de desempenho, os KPIs (Key Performance Indicator) da fábrica, e é estabelecida a prioridade de ações corretivas para evitar as perdas por meio do método ICF que envolve avaliar o Impacto, o Custo e a Facilidade de ocorrência das perdas causais mais importantes identificadas na Matriz C (FARIA; VIEIRA; PERETTI, 2012). Segundo Yamashina (2002), no método ICF o índice de impacto corresponde a perda em valor proveniente de matrizes anteriores. Já o índice de custo é calculado estimando o custo para reduzir a perda causal no processo selecionado em termos de mão de obra e de equipamentos. Baixo custo corresponde às perdas que contam com maior valor C (baixo custo é uma característica positiva para um projeto, alto fator multiplicativo). O índice de facilidade estima como é fácil reduzir uma perda causal, considerando tempo, esforço e competência (habilidades disponíveis) como *drives*. Perdas fáceis de serem reduzidas terão valores mais elevados de F. Em todos os casos, a pontuação varia de 1 a 5. O índice do ICF resulta da

multiplicação dos três índices. Uma pontuação alta de ICF indica prioridade alta. A Figura 20 demonstra um modelo de Matriz D aplicado em um CD de logística.

Figura 20 - Exemplo da Matriz D

Matriz D		Perdas R\$ (Anual)	Benefícios KPI (Key Performance Indicator)							Atacabilidade			Prioridade		
			Produtividade (HH/TON Boa HH/Cat. equiv.)	Qualidade (% Refugo)	Absenteísmo	Manutenção (MTTR/MTBF)	E-Elétrica (KWH/TON Bruta)	NVAA	H. Extra	Capital Circulante Wip (Estoque em Dias)	OEE - % Horas perdidas associada ao evento (SGIP)	IMPACTO (1=Baixo / 5=Alto)		CUSTO (1=Alto / 5=Baixo)	FACILIDADE (1=Baixo / 5=Alto)
Mão-de-obra	NVAA (Ativ. sem Valor Agregado)	C711	678.788	X				X			5	5	5	45	1
		C712	182.313	X				X			5	3	3	45	1
		C713	452.709	X				X			4	3	3	34	2
		C714	331.129	X				X			2	4	3	24	2
		C715	1.088.400	X				X			5	2	2	20	2
		C717	406.544	X				X			3	2	2	12	3
		C731	406.195	X				X			2	3	2	12	3
		C735	222.584	X				X			1	4	3	12	3
		C736	523.410	X				X			1	3	3	9	3
		C738	419.995	X				X			4	1	1	4	3
C742	88.108	X				X			1	2	2	4	3		
C759	0	X				X			0	0	0	0	3		

Fonte: adaptado de Faria; Vieira; Peretti (2012).

Já na Matriz E é feito um balanço econômico entre custo de implementação do novo método e o benefício derivado da redução das perdas, sendo possível optar por qual melhoria iniciar (EMBRACO, 2011). Segundo Silva et al. (2013), as economias geradas são estimadas com base na estrutura do custo logístico atual, adotando como referência as condições de tarifas produtivas impostas pelas empresas, mas isso requer uma posterior validação do time de Controladoria da fábrica. Após a definição das prioridades de custo-benefício das melhorias, um grupo multidisciplinar é formado para reduzir a perda utilizando a metodologia *Kaizen*.

Na Matriz E também é onde ocorre a definição do líder do projeto, a estimativa de ganhos, definidas as datas de início e término do projeto e realizada a gestão macro dos projetos (HOEG; KNUTSEN, 2016).

Já na Matriz F ocorre a gestão das melhorias com a eliminação ou redução das perdas nas cinco frentes do CD de logística, que são mão de obra, equipamentos, área, estoque e transporte. Nessa matriz é mensurada, em termos financeiros, qual será a redução no custo desses cinco campos de atuação. A Matriz F é onde se compara o que foi executado com aquilo que estava previsto, coletando os resultados delineados para cada projeto. Caso as métricas definidas pela empresa não forem atingidas, nessa matriz é definido um plano de ação e

responsabilidades, bem como é realizado novamente os procedimentos para acompanhamento dos projetos (HOEG; KNUTSEN, 2016; SILVA et al., 2013).

Por fim, para completar a descrição das sete matrizes do CD de logística, a Matriz G, que muitas vezes é inserida dentro da Matriz F, tem como foco garantir que o nível de produtividade e a restrição orçamentária para o ano seguinte sejam cumpridos. Além disso, essa matriz realiza uma previsão da economia com projetos para o ano seguinte, avaliando quais os pontos fortes e os pontos a melhorar (HOEG; KNUTSEN, 2016; RAMOS, 2016).

Através da compreensão de suas matrizes, fica claro que a metodologia do CD de logística permite vincular desempenhos operacionais logísticos, que geralmente são medidos com indicadores que não são comparáveis entre si, com desempenho econômico. O CD de logística permite valorizar os custos, fornecendo uma linguagem comum às empresas e permitindo a definição efetiva das prioridades de melhoria (GIOVANDO; CROVINI; VENTURINI, 2017). A metodologia também permite o foco em áreas nas quais ocorrem as maiores perdas, proporcionando oportunidades para maior eficiência e eficácia em sua redução e eliminação. Também facilita a seleção de metodologias e pilares técnicos a serem ativados para remover ou corrigir as causas de tais perdas, permitindo uma fácil avaliação de custos e benefícios (PIATT, 2014).

Para enfrentar o desafio de implantar a metodologia do *Cost Deployment* nas atividades operacionais, as empresas devem estar sempre inovando e adquirindo sucessivamente novos conhecimentos organizacionais para sempre apresentar uma postura competitiva. Portanto, é necessário criar um ambiente adequado para criar e implementar processos operacionais com estruturas inovadoras e flexíveis (PALUCHA, 2012).

2.5 Oportunidades de Melhorias nas Matrizes de Desdobramento de Custos

O primeiro ponto a ser abordado dentro do contexto de oportunidades de melhorias para as matrizes do CD é relacionado à compreensão do processo pelas pessoas, que são fundamentais para o sucesso da aplicação da ferramenta nas empresas. Segundo Giovando, Crovini e Venturini (2017), há poucas pessoas especialistas na implementação do CD, principalmente porque essa ferramenta é complexa e ainda restrita a organizações que trabalham com Manufatura de Classe Mundial. Complementando esse ponto, Ramos (2016) afirma que devido a essa complexidade, dificilmente os preceitos do WCM chegam ao chão de fábrica, mesmo que muitas questões estejam fortemente ligadas a introdução dessa metodologia para os empregados. Como exemplo, a autora destaca a falta de retorno de projetos que

envolvem exclusivamente pessoal operacional, uma vez que, com a implementação do CD, as ideias desses operadores são muitas vezes ignoradas. Isso faz com que se percam possibilidades de flexibilidade e criatividade, já que na maioria das vezes só serão priorizados projetos que gerem um bom retorno financeiro e que estejam de acordo com as matrizes do CD.

Outro ponto relevante é que embora o CD forneça informações extremamente úteis para as organizações, ele não é amplamente utilizado na prática, e a literatura correspondente é bastante restrita e limitada (CHAKRAVORTY, 2012; SILVA et al., 2013).

Outra limitação do CD, especificamente do CD de Logística, é estar atrelado a apenas cinco variáveis de custos logístico: mão de obra, área, transporte, equipamentos e estoque. Isso porque há organizações que podem contar com mais variáveis de custos logísticos, e que deveriam poder adequar as premissas do CD conforme as suas características produtivas (GUGLIELMINO, 2018).

A falta de sistematização de atualização das matrizes do CD é outra deficiência da metodologia que pode ser trabalhada, já que isso dificulta avaliar a evolução dos custos sob a ótica dos benefícios alcançados ao longo dos anos anteriores ao ano de análise, o que poderia contribuir com a composição de um plano de melhoramento de resultados. Logicamente, todo o cenário de implantação de melhorias contínuas, projetos, ferramentas utilizadas, abordagens metodológicas deverão ser consideradas nesta análise. Dessa maneira seria possível compreender a tendência comportamental da organização e sua capacidade evolutiva em relação aos trabalhos empreendidos para redução de perdas. Sobre esse ponto de atualização das matrizes, algumas empresas já têm trabalhado com o chamado *Cost Deployment Five Years*, mas essa atualização não é realizada por todas as empresas que atuam com WCM (MARTINS, 2018).

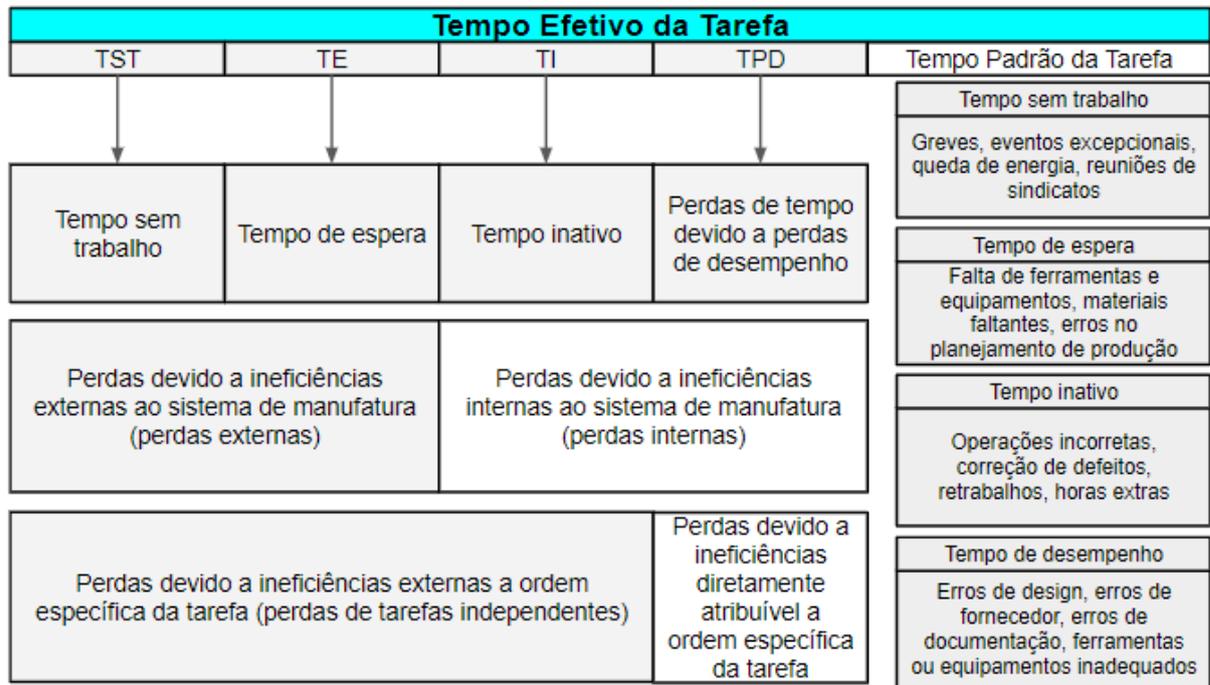
Um ponto destacado pela literatura e considerado como um dos fatores mais importantes para o sucesso do CD é a exigência de uma coleta de dados precisa dos processos, o que impõe um grande desafio às empresas pois isso demanda recursos substanciais. A aplicação bem-sucedida da metodologia requer entrada de dados de alta qualidade, e para tanto as organizações precisam desenvolver rotinas para melhorar e modificar continuamente sua coleta de dados, fomentar a cooperação entre departamentos e treinar seus empregados (GIOVANDO, CROVINI; VENTURINI, 2017; FELICE; PETRILLO; SILVESTRI, 2013; AVERINA; KOLESNIK; MAKAROVA, 2016).

Outro ponto importante, destacado por Braglia et al. (2019a), é que a ideia das matrizes do CD proposta por Yamashina e Kubo (2002) é padronizada e não é aplicável na sua totalidade em muitos processos e, por isso, novos formatos de matrizes podem ser propostos. Uma dessas

propostas destacada por Braglia et al. (2019a) decorre do fato das matrizes não serem eficazes em empresas que trabalham com sistemas produtivos de projeto sob encomenda ou ETO. Por conta disso, os autores propõem uma nova estrutura de CD com duas mudanças substanciais: a substituição do conceito de posto de trabalho realizado em estações de local fixo pela macro atividade de montagem manual e uma nova estrutura para a classificação de perdas, projetada especificamente para analisar as ineficiências nas macros atividades de montagem manual.

Detalhando um pouco mais essa proposta, Braglia et al. (2019a) propõem uma adequação no custo de fabricação para que esse tenha a capacidade de identificar e analisar todos os gastos e perdas encontrados ao longo do processo de fabricação para sistemas ETO. Segundo os autores, no geral, em todas as empresas de ETO, a perda é representada pela quantidade de tempo que é perdido em atividades improdutivas. Em outras palavras, devido a paradas planejadas e não planejadas, apenas uma parte do tempo de trabalho é efetivamente usada na fabricação. Além disso, existe uma lacuna entre as perdas devido a ineficiências externas ao sistema de fabricação e as perdas devido a ineficiências diretamente atribuíveis ao sistema de fabricação. Dessa forma, é possível avaliar a parte do tempo perdida durante uma atividade de fabricação. As perdas internas podem ser divididas em perdas internas dos sistemas de manufatura e perdas internas diretamente atribuíveis a uma tarefa específica. Essa classificação visa identificar as principais áreas de priorização das atividades de melhoria e é representada na Figura 21.

Figura 21 - Classificação das perdas em ambientes ETO



Fonte: adaptado de Braglia et al. (2019a)

Ainda segundo os autores, depois da classificação das perdas, é fundamental investigar em que estágio elas ocorrem dentro do sistema de produção, sendo essa outra alteração do CD tradicional. Essa modificação é uma consequência de como as atividades de produção são organizadas em um sistema típico de fabricação de ETO. Em particular, elas consistem na substituição das folhas ou sistemas de TI utilizados para gravar perdas em sistemas tradicionais de produção por macro atividades de montagem manual, geralmente executadas em um *layout* de local fixo em ambientes ETO. Normalmente, a estimativa da duração da macro atividade é feita de forma subjetiva pelo gerente do projeto, com base na experiência acumulada em projetos similares anteriores. Vale ressaltar que a agregação de tarefas em atividades macro melhora drasticamente o processo de planejamento (BRAGLIA et al., 2019a).

Com isso, Braglia et al. (2019a) sugerem uma estrutura de decomposição onde o nível zero é a identificação do item de produção ou do processo de montagem em análise e o primeiro nível é a divisão das etapas do processo nas macros atividades. Nesse nível todos os elementos de cada atividade são estimados em termos de requisitos de recursos, orçamento e duração, vinculados por dependências e programados. Finalmente no segundo nível ocorre a divisão das macros atividades em tarefas elementares apenas para itens caracterizados por alto custo ou

Figura 22 - Exemplo de Matriz A para ambientes ETO

		Etapas do Processo					
Categoria da perda	Tipo da perda	Macro Ativ. A	Macro Ativ. B	Macro Ativ. C	Macro Ativ. D	Macro Ativ. E	Macro Ativ. F
Tempo sem trabalho	Greves						
	Eventos excepcionais						
	Queda de energia						
Tempo de espera	Falta de ferramentas						
	Falta de equipamentos						
	Materiais faltantes						
	Erros no planejamento de produção						
Tempo inativo	Operações incorretas						
	Correção de defeitos						
	Retrabalhos						
	Horas extras						
Perdas de tempo devido a perdas de desempenho	Erros de design						
	Erros de fornecedor						
	Erros de documentação						
	Ferramentas inadequados						
	Equipamentos inadequados						

Fonte: adaptado de Braglia et al. (2019a)

Em um outro trabalho, Braglia et al. (2019b) tratam do CD do pilar de Meio Ambiente e Energia, relatando que embora o CD desse pilar possua uma estrutura e lógica bem definida, de maneira geral ele não pode ser diretamente aplicado para combater as perdas de energia nas empresas em geral, pois precisa ser ajustado para fornecer uma definição e procedimento de classificação de perdas para quantificar cada perda de energia que se difere das perdas de fábrica e logística.

Já Gusmão e Silva (2016) relatam que o CD prioriza decisões a serem tomadas considerando apenas critérios financeiros, e que cada vez mais percebe-se a importância estratégica de se considerar outros critérios que têm impacto estratégico dentro da organização e influenciam diretamente sua posição competitiva.

Abisourour et al. (2019), por sua vez, relatam que muitos planos de ação são programados com base nas abordagens do CD para os mais diversos pilares da metodologia WCM. No entanto, os resultados não são satisfatórios devido a duas limitações principais, sendo a primeira a dificuldade de estimar perdas devido à abordagem padrão do controle orçamentário e ao sistema contábil atual, que não permitem uma avaliação apropriada das perdas. O orçamento não mostra relações de causa-efeito, não distingue as perdas resultantes das perdas causais e não permite focar em suas fontes. A segunda limitação é que a abordagem de avaliação se concentra em processos individuais simples, não permitindo a visualização do todo. Isso leva à ausência de conexão entre todos os fluxos de uma empresa. Como resultado, as

organizações observam uma incompatibilidade entre a política, os objetivos, os resultados e os projetos de melhoria. As melhorias propostas nem sempre são as esperadas antes da implementação e, às vezes, não estão alinhadas com as metas estratégicas da empresa.

Tratando especificamente da Matriz A, um dos possíveis pontos de melhoria, segundo Guglielmino (2018), se refere a limitação de 21 perdas logísticas listadas na proposta de Yamashina (1999). Isso porque é fato que existem outras perdas logísticas nas empresas que não estão listadas nesse conjunto, fazendo com que cada empresa tenha que enxergar com detalhes seus processos e suas perdas e adequar essa matriz a sua realidade. O ideal seria uma flexibilidade maior, a ponto de ser possível capturar as nuances de cada negócio.

Já na Matriz B, que pode ser considerada uma das principais matrizes do CD por ser capaz de fazer a correlação entre perdas causais e resultantes, as empresas que a utilizam necessitam melhorar continuamente a capacidade de enxergar as perdas e os desperdícios, realizando cuidadosamente a análise qualitativa das perdas e a individualização das causas de origem das perdas, sem pular etapas para o cálculo dos custos das perdas através da realização da Matriz C. Para muitos autores, a correlação entre as perdas causais e resultantes nessa matriz é muito manual e suscetível a erros que acarretam em gráficos das perdas sem a devida quantificação. Nesse sentido, o uso de tecnologias pode auxiliar no preenchimento das matrizes, tornando-as mais confiáveis e automatizadas (GIOVANDO; CROVINI; VENTURINI, 2017; HOEG; KNUTSEN, 2016).

A respeito da Matriz C, a principal possibilidade de melhoria envolve a criação de um padrão para a inserção de causas das perdas e dos processos produtivos no CD de fábrica e de processos logísticos no CD de logística. Em muitas empresas não há uma distinção correta das perdas nessa matriz, ou seja, esses dados são colocados sem uma análise crítica detalhada da alta gerência, gerando dados incorretos ou sem a devida quantificação e detalhes por processos e por causas das perdas. Assim, torna-se importante incluir, para cada perda causal de processo, todas as perdas resultantes incorridas nos processos relacionados (FARIA; VIEIRA; PERETTI, 2012).

Já a Matriz D, segundo Ramos (2016), poderia ser otimizada através da criação de um sistema mais eficaz e automatizado para escolha dos métodos a serem utilizados na resolução de problemas. Apesar dessa matriz identificar meios para recuperar perdas e desperdícios através do método ICF, que avalia o impacto, o custo e a facilidade de ocorrência das perdas causais, ela ainda é suscetível a erros pois a forma de correção dos problemas identificados fica a critério das empresas, que podem adotar ou não o uso das ferramentas e métodos bem estabelecidos.

Além dos pontos citados até o momento, Martins (2018) destaca que cálculos equivocados na Matriz C podem ser gerados através da análise qualitativa das perdas na Matriz A e da individualização das causas de origem das perdas na Matriz B. Essas análises incorretas podem levar à gestão de projetos incorretos ou sem coerência na Matriz D, acarretando problemas para as organizações.

Considerando que o principal objetivo da Matriz E é estabelecer um balanço financeiro do custo de implementação da melhoria e do benefício fornecido (SILVA et al., 2013), seu ponto de limitação, segundo Netland (2016), é que ela prioriza projetos apenas identificando aqueles com a maior relação custo/benefício. Assim, ela apresenta problemas quando é necessário definir projetos relacionados a fatores humanos e ao ambiente de trabalho, ou seja, fatores qualitativos para tomadas de decisão. Por fim, as matrizes F e G são apontadas como matrizes utilizadas apenas por empresas com muita experiência em WCM e CD, uma vez que fazem o elo direto entre os vários projetos e o orçamento da empresa. Por isso, muitas empresas possuem controles e gestões paralelas a essas matrizes, usando ferramentas ou métodos próprios para a gestão e progresso dos projetos, restritos ao setor de Controladoria (HOEG; KNUTSEN, 2016).

Conforme demonstrado, há muitas possibilidades de melhorias nas matrizes de desdobramento de custos, e isso é relevante pois, como afirma Netland (2016), métodos de suporte à decisão como o CD tornam os processos mais eficazes e profissionais. Além disso, bons métodos de apoio à decisão facilitam o aprendizado, a compreensão e a comunicação de problemas e soluções. No entanto, é importante lembrar que mesmo os melhores métodos consistem em modelos que representam simplificações dos sistemas do mundo real. Os gerentes podem usar os modelos para auxiliar e aumentar a racionalidade das decisões, mas não devem deixar que os resultados do método determinem a decisão. Portanto, é sempre importante verificar as possibilidades de adequação dos métodos de suporte à decisão às realidades existentes nas empresas, e providenciar melhorias quando possível.

3 METODOLOGIA

Para Cervo, Bervian e Da Silva (2007), o homem possui interesse e curiosidade no saber e isso o leva a investigação da realidade nos mais diversos aspectos e dimensões, sendo que cada abordagem ou busca leva a diferentes níveis de enfoque e aprofundamento conforme o objeto de estudo, objetivos e qualificação do pesquisador. Desse modo, é natural a existência de vários tipos de pesquisas que possuem peculiaridades próprias além do núcleo comum de procedimentos.

Segundo Parra Filho e Santos (2011), todo tipo de trabalho a ser realizado no campo científico exige métodos adequados para facilitar sua devida comprovação e a realização de seus objetivos. O método pode ser chamado do caminho a ser percorrido para atingir o objetivo proposto. Métodos são definidos em função da área de concentração ou da proposta da pesquisa, embora existam métodos gerais que podem ser aplicados a toda espécie de pesquisa cuja utilização depende do objetivo do trabalho a ser desenvolvido. A classificação com detalhes dos métodos utilizados facilita o trabalho do pesquisador na definição do seu campo de atuação.

Assim, nessa seção são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados na presente dissertação para que os objetivos sejam atingidos e a problemática compreendida. Busca-se esclarecer, portanto questões como a classificação da pesquisa, o protocolo da pesquisa, as unidades de análises e amostras e, por fim, as técnicas e instrumentos de coleta e análise de dados.

3.1 Classificação da Pesquisa

Para Lakatos e Marconi (2017) e Gil (2017), a classificação das pesquisas é realizada mediante algum critério. Segundo esses autores, é comum classificar os trabalhos com base em sua abordagem, objetivos e procedimentos técnicos, obtendo assim mais fundamentos para que o cientista possa definir sobre sua aplicação na resolução dos problemas propostos para investigação. Já Prodanov e Freitas (2013) afirmam que a classificação de uma pesquisa se baseia mais em seus fins, e que essa classificação pode ser dividida em pesquisa aplicada, pesquisa descritiva, pesquisa exploratória e pesquisa intervencionista.

A pesquisa aplicada objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos, e envolve verdade e interesses locais. A pesquisa descritiva, por sua vez, ocorre quando o pesquisador registra e descreve os fatos observados sem interferir neles. Em seguida a pesquisa exploratória tem como finalidade proporcionar mais informações

sobre o assunto que será investigado, possibilitando sua definição e seu delineamento. Por fim a pesquisa intervencionista objetiva juntar a teoria com a prática, e nela o pesquisador atua como um agente interventor no processo ao deixar de somente analisar os dados chegando a conclusões para agir sobre o objeto de estudo (PRODANOV; FREITAS, 2013). Por se tratar de um estudo que fornece informações sobre uma ferramenta de desdobramento de custos logísticos em grandes indústrias que empregam a metodologia de manufatura de classe mundial, esta pesquisa configura-se como aplicada e exploratória quanto aos seus fins.

Segundo Turrioni e Mello (2012), as pesquisas podem ainda ser classificadas quanto à sua temporalidade em longitudinal ou transversal. Uma pesquisa longitudinal é caracterizada quando se acompanha o comportamento das características estudadas durante certo período de tempo. Já na pesquisa transversal, os dados são coletados de qualquer amostra de elementos de uma só vez, realizando um corte transversal na amostra pesquisada. Ainda segundo esses autores, os dois tipos de pesquisas apresentam vantagens e desvantagens. A pesquisa longitudinal tem como desvantagem o tempo de realização, e como vantagem o uso dos mesmos sujeitos, gerando dados precisos. Já a pesquisa transversal possui como vantagem o tempo de realização mais curto, embora os dados coletados não apresentem o mesmo grau de fidedignidade da pesquisa longitudinal. Dessa maneira, esta pesquisa pode ser classificada como um estudo transversal, uma vez que será realizado um corte transversal nos dados das empresas estudadas, ou seja, a coleta de dados se dará em um único momento.

Turrioni e Mello (2012) também destacam que as pesquisas podem ser classificadas em qualitativas e quantitativas quanto à sua abordagem. A pesquisa qualitativa é utilizada quando se nota que os dados objetivos e a subjetividade dos fatos não podem ser traduzidos em números e não carecem do uso de métodos e técnicas estatísticas para atribuir significados e interpretar fenômenos. O pesquisador é o instrumento basilar de coleta de dados em ambiente natural nesse caso, tendendo a analisar os dados indutivamente uma vez que o principal foco da abordagem é o processo e seu conceito.

A abordagem qualitativa se preocupa assim em interpretar o ambiente onde a problemática acontece. Tem como interesse o processo e busca desvendar o desenrolar dos eventos que culminam nos resultados, explicando o como se chegou aos resultados e não somente os resultados. Para construir a realidade objetiva da pesquisa, essa abordagem recorre à perspectiva do pesquisador justificada na revisão bibliográfica e na realidade subjetiva dos indivíduos, oriundas de diversas fontes de evidência no ambiente natural da pesquisa (MIGUEL; SOUSA, 2012).

Já a abordagem quantitativa, segundo Triviños (2008) e Richardson et al. (2012), caracteriza-se como a quantificação dos dados coletados e do tratamento desses dados através de técnicas estatísticas, que podem ser desde as mais simples possíveis, tais como percentual, média e desvio-padrão, até às mais complexas, como coeficientes de correlação, análise de regressão e outras. Simplificando essa definição, Turrioni e Mello (2012) mencionam que essa abordagem possibilita ao pesquisador transformar dados em números.

Com base nessas definições, classifica-se a presente pesquisa como qualitativa, uma vez que os dados utilizados não são possíveis de serem mensurados e requerem compreensões e interpretações indutivas para análises de informações, fatos ou dados do estudo. Um ponto importante, citado por Flick (2013), é que a pesquisa qualitativa permite a completa compreensão do objeto de pesquisa. Esse ponto citado pelo autor reforça a importância da escolha da abordagem qualitativa desse estudo, que permitirá a interpretação aprofundada das opiniões e percepções dos especialistas nas empresas estudadas sobre o tema em questão.

Quanto aos procedimentos técnicos utilizados nesse trabalho, inicialmente foi empregada a pesquisa bibliográfica que, segundo Turrioni e Mello (2012), é um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema escolhido. O estudo da literatura pertinente pode ajudar a planificar o trabalho e representa uma fonte indispensável de informações para a análise dos dados. Outro procedimento técnico selecionado foi o estudo de caso que, segundo Yin (2015), tem como objetivo analisar o impacto de técnicas e ferramentas em um ambiente de aplicação real. Nesse ambiente ocorre a investigação empírica que desvende um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre fenômeno e o contexto não estão claramente definidos na sua plenitude. Ainda sobre o estudo de caso, Gil (2017) aponta que eles podem ser caracterizados tanto por um único caso como por múltiplos casos. Nessa última opção, considera-se que sua utilização proporciona evidências em diferentes contextos, contribuindo para a elaboração de uma pesquisa de melhor qualidade.

Para guiar um pesquisador na gestão do seu estudo de caso, Turrioni e Mello (2012) sugerem a elaboração de um protocolo de pesquisa. De acordo com Yin (2015), o protocolo descreve as etapas das pesquisas, os objetivos relacionados a cada etapa e as correspondentes atividades, de forma que o estudo possa ser feito sob as mesmas condições e que se obtenha o mesmo resultado. Para Ganga (2011), o protocolo deve conter os procedimentos e regras gerais a serem seguidos para a coleta de informações a partir de múltiplas fontes de informação. Por meio de um bom protocolo, é possível aumentar a confiabilidade do estudo de caso

Para o estudo em questão, será utilizado o protocolo de pesquisa demonstrado no Quadro 6. A primeira etapa do protocolo corresponde a revisão bibliográfica que determina as fronteiras de conhecimento dos temas estudados. A segunda etapa compreende o planejamento da pesquisa, incluindo a própria definição do protocolo e a determinação das unidades de análise, procedimentos técnicos para coleta dos dados, definição de amostras, do roteiro de entrevistas e das formas de análise dos dados. Na sequência a próxima etapa do protocolo diz respeito à efetiva coleta de dados, compreendendo análise documental e entrevistas semiestruturadas. Em seguida vem a etapa que trata da análise e interpretação das informações e, por fim, a fase que apresenta os resultados obtidos pela pesquisa.

Quadro 6 - Protocolo da Pesquisa

Etapa	Objetivos	Atividades
Definir estrutura conceitual teórica	Mapear a literatura para delimitar as fronteiras do conhecimento e explicar o grau de evolução do tema	Revisão teórica sobre sistemas de produção, manufatura enxuta, manufatura de classe mundial e desdobramento de custos.
Planejamento da pesquisa	Elaboração do protocolo e planejamento geral da pesquisa	<ol style="list-style-type: none"> 1) Seleção de unidades de análise; 2) Determinação dos procedimentos técnicos para coletas de dados; 3) Definição de amostras (entrevistados e documentação esperada); 4) Definição do roteiro de entrevistas semiestruturadas; 5) Definição das formas de análise de dados.
Coleta de dados	Coletar os dados nas unidades de análise selecionadas	<ol style="list-style-type: none"> 1) Entrevistar os profissionais das empresas selecionadas; 2) Coletar os documentos elencados;
Análise dos dados	Analisar e interpretar os dados coletados	<ol style="list-style-type: none"> 1) Organizar e sumarizar os dados coletados nas entrevistas e documentos; 2) Interpretar os dados organizados e sumarizados a luz da literatura identificada na pesquisa bibliográfica.
Conclusão	Apresentar as conclusões e as propostas de melhorias nas matrizes de desdobramento de custos logísticos	<ol style="list-style-type: none"> 1) Apresentar os principais resultados da pesquisa; 2) Elaborar as considerações e recomendações.

Fonte: elaboração própria.

3.2 Unidades de Análise

Essa pesquisa define como unidades de análise seis multinacionais que utilizam a metodologia WCM e a ferramenta de CD em seu setor logístico. Elas possuem atividades em diferentes setores industriais e estão em diferentes fases de implementação da metodologia WCM e da ferramenta de CD, enriquecendo assim, os dados desse trabalho.

A primeira empresa a ser analisada é uma das líderes globais no setor de bens de capital. A empresa conta com uma completa linha de máquinas e veículos comerciais e congrega mundialmente 12 marcas comerciais, 66 fábricas, 53 centros de pesquisa e desenvolvimento. Além disso, dispõe de mais de 63 mil empregados, presença em 180 países e receita líquida de US\$ 29,7 bilhões em 2018. Na América do Sul, a empresa opera com 10 fábricas, sendo sete no Brasil e três na Argentina que, juntas, geram mais de 8,5 mil empregos diretos, impulsionando o desenvolvimento agrícola, de transportes e de infraestrutura. No Brasil, a empresa integra as operações das máquinas, equipamentos e produtos agrícolas e de construção. As fábricas brasileiras estão localizadas em Contagem, Curitiba, Sorocaba, Piracicaba e três em Sete Lagoas. A razão para escolha dessa empresa como unidade de análise é que ela possui uma grande relevância no seu setor e foi uma das pioneiras da implementação do WCM e da ferramenta de CD em suas atividades produtivas. Serão realizadas duas entrevistas na unidade de Piracicaba e duas entrevistas na unidade de Sorocaba com os responsáveis pelo pilar de Logística das plantas e da ferramenta de CD, totalizando quatro profissionais ouvidos. Todos eles possuem cargos de especialistas e engenheiros e estão na empresa há mais de 5 anos. A escolha dessa amostra se deve ao fato desses empregados conhecerem a fundo a ferramenta do CD e o WC, principalmente no mercado agrícola.

A segunda empresa estudada é a maior fabricante de eletrodomésticos do mundo. No Brasil, são cinco unidades, sendo três fábricas localizadas nas cidades de Rio Claro (São Paulo), Manaus (Amazonas) e Joinville (Santa Catarina) e dois Centros Administrativos. Além disso, são quatro Centros de Tecnologias, vinte e três Laboratórios, três Centros de Distribuição e onze mil empregados. A razão para escolha dessa empresa é que ela possui uma grande relevância no seu setor e possui uma implementação recente do WCM e da ferramenta de CD em suas atividades produtivas, mostrando um contraste cronológico no estudo. Serão realizadas duas entrevistas na unidade de Rio Claro e duas entrevistas na unidade de Joinville com os responsáveis pelo pilar de Logística das plantas e da ferramenta de CD, também totalizando quatro profissionais. Todos eles possuem cargos de gerentes e engenheiros e estão na empresa

há mais de 7 anos. A definição dessa amostra levou em conta o fato dos profissionais possuírem conhecimento da ferramenta e do WCM em outras empresas além da empresa analisada.

A terceira empresa analisada é uma multinacional com foco em soluções inovadoras para refrigeração, fundada em 10 de março de 1971, na cidade de Joinville. A história da empresa é construída em diversos países como Brasil, Itália, China e a Eslováquia. Desde 2019, é parte de um grupo líder global na fabricação de compressores. Com sede no Japão, o grupo é composto por mais de 300 empresas ao redor do mundo e conta com cerca de 107 mil funcionários. O portfólio de produtos abrange motores de pequeno a grande porte, aplicações para maquinário e componentes óticos e eletrônicos. A razão da escolha dessa unidade de análise ocorreu em função de seu arranjo produtivo verticalizado, diferente das outras empresas estudadas. Serão realizadas 4 entrevistas com os engenheiros e gerentes do setor de Engenharia Logística da unidade de Joinville, sendo que todos eles possuem mais de 4 anos de experiência na função e na metodologia WCM.

A quarta empresa selecionada é uma das principais fabricantes de veículos comerciais de carga pesada e motores a diesel do mundo. A empresa, que foi fundada em 1927, é de capital aberto e emprega mais de 100.000 pessoas no mundo. Ela possui instalações de produção em 19 países ao redor do mundo e produtos em mais de 190 países. A empresa é um dos maiores fabricantes mundiais de caminhões, ônibus, equipamentos de construção, motores marítimos e industriais. No Brasil, a empresa é líder no mercado de caminhões extra pesados e sua sede é em Curitiba (PR), onde produz caminhões, ônibus e motores. Há unidades também em Pederneiras (SP) (produção de equipamentos de construção) e São José dos Pinhais (PR) (centro de distribuição de peças). Ao todo, são cerca de 5.000 funcionários diretos no país. A razão para escolha dessa empresa é em função de sua relevância no mercado e por possuir uma implementação bem-sucedida do WCM, com excelente pontuação num curto período de tempo. Para essa empresa, serão realizadas duas entrevistas na unidade de Curitiba e duas entrevistas na unidade de Pederneiras para avaliar diferentes formas de aplicação da ferramenta de CD. Os profissionais dessa empresa são coordenadores de Logística e possuem mais de 5 anos de experiência na função.

A quinta empresa é uma companhia multinacional de origem francesa fundada em 1665 para manufaturar vidros planos. Atualmente privatizada, atua em mais de 68 países, e possui 8 centros de pesquisa, 3 polos de atividades e mais de 170 mil empregados. No Brasil possui empresas e marcas famosas em 5 regiões brasileiras, com mais de 57 fábricas, 17 mil empregados e receita de 8,4 bilhões de vendas em 2016. Essa empresa foi escolhida em função de possuir um sistema produtivo e de aplicação do WCM e do CD bem diferente das demais

empresas estudadas. Serão realizadas quatro entrevistas na unidade de São Paulo com engenheiros e supervisores responsáveis pelo setor de Logística, todos eles com mais de 3 anos na função.

A última empresa a ser analisada foi fundada em 1929 e é a terceira maior empresa de bens de consumo e a maior produtora de alimentos untáveis do mundo. É uma das empresas multinacionais mais antigas, e seus produtos estão disponíveis em cerca de 190 países. A empresa possui mais de 400 marcas, mas concentra-se em 13 marcas com vendas de mais de 1 bilhão de euros. A escolha dessa empresa se deve em relação a sua relevância no setor e por ser a única empresa produtora de produtos alimentícios da pesquisa. Serão realizadas duas entrevistas na unidade de Pouso Alegre com supervisores responsáveis pelo setor de Logística, todos com mais de 3 anos na função, e duas entrevistas com os gerentes das unidades de Indaiatuba, que possuem mais de 10 anos de experiência.

Além da contribuição dos profissionais entrevistados, serão utilizados documentos e informações dos setores de Logística e Controladoria das empresas analisadas, como mapas de processos, relatórios de apontamento de produção e Logística, custos produtivos operacionais, controles de estoque e consumo de materiais, relação de equipamentos industriais, *layout* fabril e materiais de treinamento de WCM e *Cost Deployment* das empresas. Esses documentos serão coletados em função de sua relevância para o entendimento das diferentes variáveis de custos das matrizes adotadas pelas empresas.

O Quadro 7 detalha os vinte e quatro empregados que compõem a amostra da pesquisa, especificamente das entrevistas semiestruturadas nas seis empresas que possuem a metodologia de Manufatura de Classe Mundial. Todos esses profissionais estão envolvidos diretamente com a elaboração do CD nas empresas estudadas, possuem perfil de especialistas e contam com ampla vivência no cargo dentro da organização e na metodologia WCM e, dessa forma, evidencia-se que podem contribuir com os objetivos do trabalho.

Quadro 7 - Relação dos empregados envolvidos na Pesquisa – Entrevistados

Função do empregado	Tempo no cargo	Grau de Instrução	Empresa
Coordenador de Logística	8 anos	Engenheiro de Produção	Empresa 1
Coordenador de Logística	10 anos	Administrador	Empresa 1
Engenheiro de Logística	12 anos	Engenheiro Mecânico	Empresa 1

Especialista de Logística	12 anos	Engenheiro Industrial	Empresa 1
Gerente de Logística	10 anos	Engenheiro de Produção	Empresa 2
Gerente de Logística	11 anos	Engenheiro Mecânico	Empresa 2
Engenheiro de Logística	12 anos	Administrador	Empresa 2
Engenheiro de Logística	7 anos	Engenheiro Mecânico	Empresa 2
Gerente de Logística	6 anos	Engenheiro Químico	Empresa 3
Especialista de Logística	8 anos	Engenheiro Químico	Empresa 3
Engenheiro de Logística	4 anos	Engenheiro de Materiais	Empresa 3
Engenheiro de Logística	5 anos	Engenheiro de Produção	Empresa 3
Coordenador de Logística	6 anos	Administrador	Empresa 4
Coordenador de Logística	6 anos	Administrador	Empresa 4
Coordenador de Logística	8 anos	Administrador	Empresa 4
Coordenador de Logística	8 anos	Engenheiro de Produção	Empresa 4
Supervisor de Logística	3 anos	Administrador	Empresa 5
Supervisor de Logística	8 anos	Engenheiro de Manufatura	Empresa 5
Supervisor de Logística	5 anos	Engenheiro de Produção	Empresa 5
Engenheiro de Processos	4 anos	Administrador	Empresa 5
Supervisor de Logística	3 anos	Engenheiro de Produção	Empresa 6
Supervisor de Logística	5 anos	Engenheiro Químico	Empresa 6
Gerente de Logística	10 anos	Engenheiro Mecânico	Empresa 6
Gerente de Logística	13 anos	Administrador	Empresa 6

Fonte: elaboração própria.

3.3 Coleta e Análise de Dados

Uma vez selecionado os casos, deve-se determinar os instrumentos e métodos para a coleta de dados. O ideal é que sejam consideradas múltiplas fontes de evidência, e normalmente são utilizadas entrevistas, análise documental, observações, entre outros (CAUCHICK MIGUEL, 2012). O uso de múltiplas fontes de dados possibilita um maior alcance da validade construtiva da pesquisa, que consiste na extensão pela qual uma observação aufere o conceito que se pretende medir. Além disso, promove uma interação entre as diversas fontes de evidência que sustentam as construções teóricas para analisar a convergência ou divergência dessas fontes (EISENHARDT, 1989; CROOM, 2005; CAUCHICK MIGUEL, 2012). Conforme mencionado, os procedimentos técnicos para a coleta de dados da presente pesquisa compreendem a entrevistas semiestruturadas e pesquisa documental.

Voss, Tsiriktsis e Frohlich (2002) destacam que a principal fonte de dados em um estudo de caso são justamente as entrevistas semiestruturadas. Segundo esses autores, um conjunto de perguntas pode ser respondido por uma pessoa chave, embora o ideal seja a realização de entrevistas com múltiplos respondentes, até mesmo porque um respondente único pode levar a dados subjetivos ou mesmo tendenciosos.

As entrevistas semiestruturadas, para Duarte et al. (2009), fundamentam-se na possibilidade de permitir que o entrevistado responda às questões de interesse com a intervenção do entrevistador apenas para complementar dados obtidos na observação direta ou retomar o entrevistado quando esse desvia do tema principal. A escolha da entrevista semiestruturada para essa pesquisa se deu então para um melhor detalhamento das opiniões dos profissionais e registro de exemplos citados por eles. Para essas entrevistas foi criado um roteiro semiestruturado, disponível no Apêndice A, com questões abertas, definidas a partir da revisão bibliográfica e alinhadas com os objetivos da pesquisa.

Além das entrevistas, a outra forma escolhida para obtenção dos dados nesse trabalho foi a pesquisa documental. A pesquisa documental é a fonte de coleta de dados que está restrita a documentos, escritos ou não, feita em tempo ou após a ocorrência dos fatos ou fenômenos. Considera-se que esses documentos ainda não receberam tratamento analítico, constituindo o que se denomina de fontes secundárias de acordo com Lakatos e Marconi (2017) e Turrioni e Mello (2012). Os documentos utilizados para essa pesquisa serão oriundos principalmente de fontes secundárias como filmes e slides das apresentações dos pilares de CD e Logística nas seis empresas estudadas, materiais de treinamento das consultorias externas que essas empresas

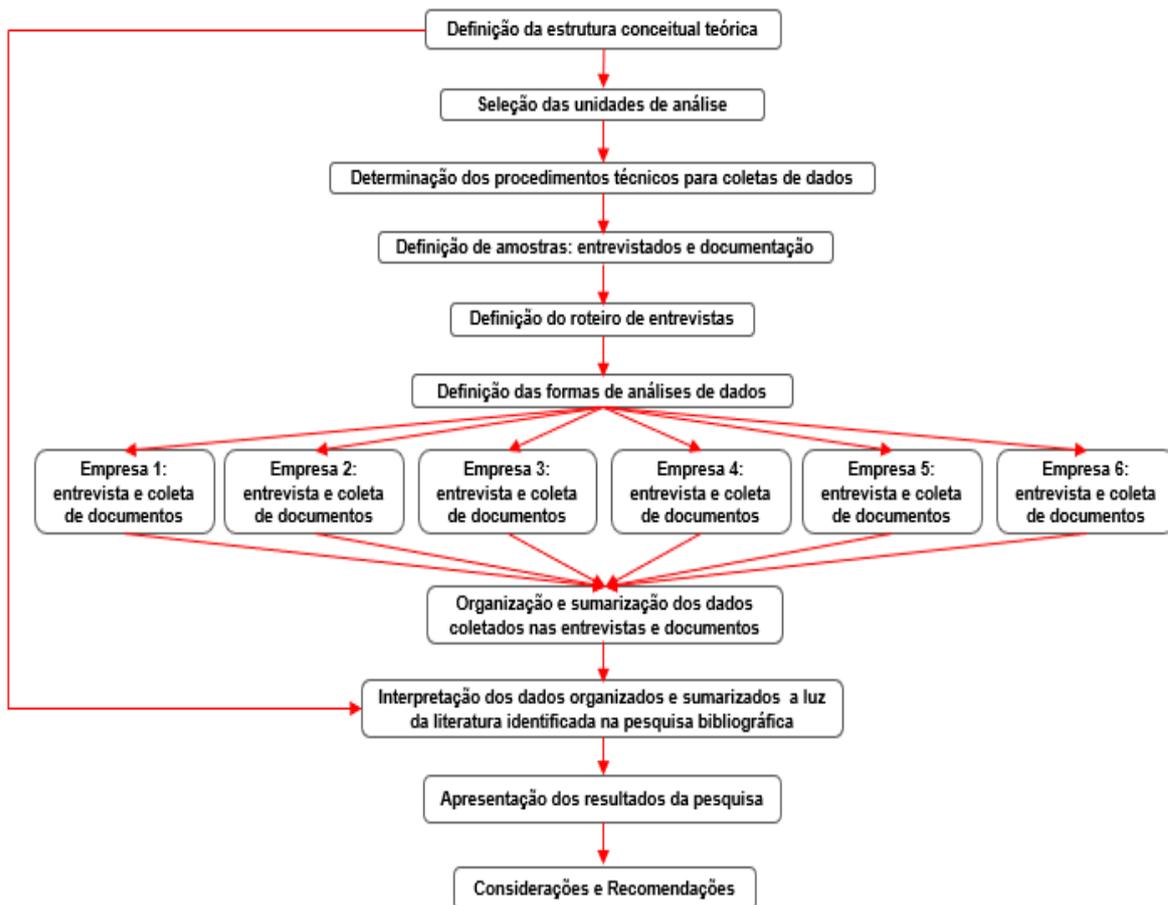
possuem, manuais e apostilas de WCM e bases de dados que essas empresas possuem com as suas matrizes de custo do CD.

Sobre a análise dos dados, após a coleta todas as informações serão organizadas de acordo com suas características e similaridades. Após isso, serão sumarizados e interpretados à luz da literatura apresentada na revisão bibliográfica desta pesquisa para obter-se as conclusões pertinentes e responder a questão de pesquisa.

Outro ponto muito importante a ser ressaltado é que o enfoque desse trabalho é nas matrizes A, B, C e D, embora o CD seja composto de sete matrizes. A razão para o foco nessas matrizes é que elas compõem a estrutura principal do *Cost Deployment*, uma vez que as matrizes E, F e G derivam dos resultados das primeiras quatro matrizes e são voltadas à gestão de projetos que, muitas vezes, utilizam outras metodologias dentro das empresas. Por fim, destaca-se que o foco dessa pesquisa não é em análises financeiras, embora o tema seja desdobramento de custos logísticos, por conta do objetivo determinado para o trabalho.

A Figura 23 demonstra de maneira simplificada as etapas metodológicas desse estudo.

Figura 23 - Etapas metodológicas simplificadas da pesquisa



Fonte: elaboração própria.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados oriundos dos documentos analisados e das entrevistas realizadas nas seis empresas selecionadas para realização do estudo de múltiplos casos e a análise e discussão dos resultados, considerando o referencial bibliográfico base para a presente pesquisa.

O primeiro ponto a ser abordado na apresentação dos resultados é identificar a estratégia produtiva das empresas analisadas, pois ela é de grande valia para o estudo. Conforme demonstrado por Braglia et al. (2019a), o CD não pode ser aplicado em todos os tipos produtivos, especialmente no ETO, que trabalha com produtos finais complexos e não se configura por ser um ambiente de produção repetitiva.

No geral, todas as empresas analisadas trabalham com sistemas produtivos MTS e MTO para a maioria de seus produtos, e assim não se verificou o uso da ferramenta em ambientes ETO. Segundo todos os entrevistados, as estratégias produtivas são combinadas de acordo com o volume e frequência do cliente, e o tipo de sistema produtivo adotado tem interferência direta na operação logística e, conseqüentemente, nos tipos e montante de perdas existentes.

Essa última afirmação é positiva quando se analisa os documentos de apresentação do CD e do pilar de Logística de todas as empresas analisadas e constata-se que suas perdas logísticas variam de acordo com o sistema produtivo adotado. Nas empresas 2, 5 e 6, que possuem sistema MTS, os maiores custos estão atrelados a estoque, áreas e mão de obra, uma vez que essas empresas necessitam de mais pessoas para realizarem a movimentação de um estoque sobressalente ao pedido dos clientes. Já nas empresas 1, 3 e 4 que utilizam o sistema MTO, os maiores custos estão atrelados a transporte e mão de obra de acordo com os documentos de apresentação do CD e do pilar de Logística das empresas analisados por essa pesquisa.

Segundo a maioria dos entrevistados, o sistema produtivo adotado pela empresa pode impactar nos resultados das matrizes do CD, principalmente porque é difícil mensurar atividades produtivas em ambientes com produção artesanal ou sem a definição clara dos processos. Essa lacuna levantada pelos entrevistados pode ser comprovada com o trabalho de Braglia et al. (2019a), que identificou esse mesmo impacto e propôs uma alteração na estrutura das matrizes voltada para empresas com ambientes ETO.

Quando se verifica o uso das ferramentas *Lean Manufacturing*, constatou-se uma certa sinergia entre as empresas estudadas. O que difere um pouco entre elas é somente o modo como

operam e onde estão concentradas suas maiores perdas. Por exemplo, na empresa 6, em que o fluxo é contínuo e há poucos operadores, suas principais ferramentas são as análises de *layout*, volumes de inventário, *takt time*, teoria das restrições e análises de gargalos. Já nas empresas 1, 2, 3, 4 e 5, que possuem um número grande de equipamentos e pessoas, receberam destaque as ferramentas de resolução de problemas (4 M's, 5W1H, 5 porquês, 5G's), as análises de fluxo e movimentação, JIT, sete desperdícios, mentalidade enxuta e trabalho padronizado. A utilização dessas ferramentas reforça o ponto de Godoy et al. (2018), para quem há uma série de ferramentas e técnicas que interagem para identificar, analisar e resolver problemas, e também demonstra que o WCM é um conjunto de conceitos, políticas, princípios, técnicas e práticas baseadas nos melhores processos de gestão existentes no mercado e nos princípios do Sistema Toyota de Produção ou Manufatura Enxuta (FELICE; PETRILLO; SILVESTRI, 2012; FLORES, FARACO, BOND, 2016; FREITAS; BARROS FILHO, 2016).

As empresas 1, 2 e 3 citaram que usam a ferramenta MTM para análise de equipamentos e mão de obra logística, enquanto as empresas 4, 5 e 6 citaram o uso de cronoanálise. O uso do MTM pelas empresas se deve ao fato de suas operações logísticas serem acíclicas e de difícil dimensionamento com o uso de cronômetros. O MTM já possui tempos pré-fixados e que estão ajustados para os tempos padrões estabelecidos para essas empresas. Já o uso da cronoanálise foi justificado pela praticidade em relação a tomada de tempos e propostas de melhorias.

Para a análise de área e estoques de materiais, todas as empresas afirmaram que utilizam ferramentas provenientes de seus sistemas ERP e MRP para gerenciamento dessas variáveis. Quanto a variável transporte, as empresas analisadas têm utilizado em sua maioria as ferramentas de TMS (*Transportation Management Systems*), tanto na análise de sua operação, quanto no dimensionamento de cargas. Apenas a empresa 1 não utiliza o *software* TMS pois possui um único fornecedor de transporte que envia todas as informações pertinentes para análise dessa variável no CD através de seu *software* de gestão de transportes. Segundo o Coordenador de Logística da empresa 4 que é Engenheiro de Produção, essa ferramenta conseguiu mostrar diversas perdas logísticas antes invisíveis para operação logística da empresa.

Uma ferramenta *Lean Manufacturing* que recebeu muito destaque por todos os entrevistados é o VSM, principalmente porque, segundo Abisourour et al. (2019), o VSM representa uma imagem dos processos como um todo, incluindo vários fluxos e técnicas de análise. Essa é a base sobre a qual as outras ferramentas de produção enxuta são implementadas, e ela exige que a empresa visualize toda a cadeia de valor e identifique as fontes de desperdício

em vez de focar em atividades individuais. Além disso, ela demonstra o vínculo entre o fluxo de informações e fluxo de produção

Essa ferramenta foi citada por todos os entrevistados como primordial para o mapeamento dos dados logísticos para posterior preenchimento das matrizes, principalmente se for dividida em algumas etapas: definição das metas estratégicas; identificação dos processos prioritários e suas famílias; definição dos KPIs dos processos estudados; definição dos processos com possíveis melhorias e estabelecimento dos planos de ações. Esse ponto citado pelos entrevistados reforça o estudo de Abisourour et al. (2019), que propõem a combinação do VSM com o CD para a criar uma metodologia eficaz de gerenciamento de custos e projetos de melhoria. Todas as etapas citadas foram criadas por Abisourour et al. (2019) em um trabalho voltado ao CD de Fábrica, e nesse caso as matrizes trabalham com perdas diferentes do CD de Logística. Já os entrevistados propõem o uso do VSM para o CD de Logística, em um formato de melhoria que será abordado com mais detalhes na próxima seção desse trabalho.

Quanto às diferenças entre o *Lean Manufacturing* e o WCM, conforme Machado (2018), ambas possuem pontos fortes e benefícios, e com o passar do tempo os métodos, a filosofia e as técnicas são sempre aperfeiçoadas. O que resta as empresas é entender com clareza quais são as oportunidades de melhoria possíveis para que com isso possam escolher a metodologia adequada. Nesse sentido, segundo todos os entrevistados, é importante entender conceitualmente cada um dos dois conceitos para potencializar os benefícios que cada um pode proporcionar às organizações.

Na visão de um dos entrevistados da empresa 2 que é Engenheiro de Produção e Gerente de Logística, a principal diferença é a utilização do desdobramento de custos (CD) para priorizar a redução das perdas. Já o Engenheiro Químico e Supervisor de Logística da empresa 6 acredita que o WCM tem uma profundidade maior, um maior nível de detalhe e de envolvimento de todas as camadas da empresa. Essa visão foi reforçada por um dos entrevistados da empresa 3 que é Engenheiro de Produção e Engenheiro de Logística da empresa, que afirmou que o WCM possui uma maior disciplina e constância de implementação em relação as transformações na fábrica. Além disso, a exigência do refinamento dos dados para geração de projetos no WCM também é maior quando comparada ao *Lean Manufacturing*.

Reforçando esse ponto, segundo os entrevistados das empresas 2, 5 e 6, o *Lean Manufacturing* é a filosofia pioneira de melhoria contínua que originou tudo o que já foi criado até o momento. Já o WCM surgiu como uma forma prática de implementação de melhorias, com passos já validados e organizados, economizando energia ao longo da jornada de

transformação e acelerando o processo de mudança para fornecer subsídio para dividir algumas tarefas e engajar as pessoas.

Por fim, numa visão geral dos entrevistados, quando se implementa o *Lean Manufacturing* utilizando as ferramentas e a auditoria correta da metodologia, provavelmente se terá uma dificuldade muito maior na disseminação da cultura porque não se tem um detalhamento técnico a ser seguido. Já a implementação do WCM tem um potencial de trazer resultados muito mais rápidos, pois a energia que precisa ser demandada após a consolidação deste modelo é menor por conta de ser padronizado, mesmo exigindo maiores esforços no desenvolvimento de pessoas para manter-se com a evolução contínua das transformações. Esse ponto do desenvolvimento das pessoas no WCM é relatado por Freitas e Barros Filho (2016), que reforçam que o WCM possui um caminho estruturado para garantir a formação de competências e qualificações dos empregados garantindo, assim, seu desenvolvimento na busca da melhoria contínua dos processos.

Quanto aos pilares técnicos e gerenciais, a maioria das empresas utiliza os 10 pilares técnicos e 10 pilares gerenciais conforme descritos por Felice, Petrillo e Monfreda (2013). Apenas a empresa 5 utiliza um modelo diferente das demais, baseado em 8 pilares apenas, conforme descrito no documento de introdução dos pilares WCM dessa empresa:

- 1) Saúde e Segurança: busca garantir zero acidentes e zero doenças ocupacionais através da prevenção de riscos de segurança;
- 2) Meio Ambiente e Prevenção de Riscos: visa assegurar zero incidentes industriais e ambientais através de um sistema de prevenção consistente;
- 3) Confiabilidade: procura assegurar a confiabilidade dos sistemas produtivos através do planejamento de atividades com o mínimo custo;
- 4) Eficiência Industrial: busca assegurar a máxima produtividade em máquinas e pessoas, reduzindo atividades que não agregam valor;
- 5) Qualidade e Controle de Processos: busca zero defeitos através de um controle eficiente do processo;
- 6) Foco no Cliente e Serviços: procura entregar um serviço consistente ao cliente com o mínimo custo logístico;
- 7) Desenvolvimento de Pessoas: pilar de sustentação do WCM, buscando a evolução da competência das pessoas e consequentemente o desenvolvimento da organização;

- 8) Inovação, Desenvolvimento e Crescimento: busca assegurar um processo consistente para o crescimento da organização através de novos produtos, novos equipamentos, novas tecnologias e novos mercados;

Quanto ao uso do CD nas empresas estudadas, com exceção da empresa 5 já citada, todas as demais o utilizam no pilar de Segurança, que gerencia as condições inseguras (através de uma matriz denominada Matriz S), no pilar de Qualidade, para realizar o monitoramento de todos os custos de não qualidade (através da Matriz QA) e no próprio pilar de CD, que controla todos os custos de transformação da fábrica. Além disso, o CD também é utilizado nas empresas estudadas no pilar de Logística (foco deste estudo), no pilar de EEM, que gerencia todos os custos do desenvolvimento de novas máquinas e equipamentos, e no pilar de Meio Ambiente e Energia, que controle os custos de gerenciamento dos incidentes ambientais e de consumo de energia das empresas.

Apenas a empresa 5 que possui a estrutura diferente do WCM com 8 pilares trabalha apenas com o CD do pilar de Segurança e o CD de fábrica que engloba, além dos custos de transformação, os custos logísticos, de não qualidade, ambientais e da gestão de novos equipamentos e máquinas. Desse modo fica claro que, embora a literatura relate que o WCM é formado por duas frentes de atuação, chamadas de pilares técnicos e pilares gerenciais, sendo os pilares técnicos formados pelos processos existentes nas organizações e os pilares gerenciais o comprometimento da empresa na aplicação do WCM (FREITAS; BARROS FILHO, 2016; GAJDZIK, 2012; GONÇALVES; GUIMARÃES; BAGNO, 2014; PALUCHA, 2012; PEREIRA; RANGEL; COSTA, 2016), nem todas as empresas possuem os dez pilares técnicos e os dez pilares gerenciais conforme definido por Yida (2017).

Entrando nos passos do Pilar de Logística, segundo os entrevistados todas as empresas pesquisadas trabalham e seguem com os sete passos descritos por EMBRACO (2011), FIAT GROUP (2007) e Yamashina (2006). O que varia é a forma como cada uma trabalha, já que esses passos são adaptados à realidade de cada empresa. Um dos entrevistados da empresa 4, que é Administrador e Coordenador de Logística há 6 anos, afirmou que a empresa dividiu os sete passos nos seus quatro principais setores, ou seja, ela não aplicou os sete passos em sua totalidade em função da complexidade de sua operação, mas sim utilizou esses passos de forma idêntica a literatura em seus principais setores, sendo estes: a logística *inbound*, a logística interna, a logística *outbound* e o atendimento/experiência ao cliente. Segundo o entrevistado, em cada um desses setores são aplicados os sete passos, e cada um desses passos é mais detalhado dependendo da aplicação de cada setor. Por exemplo, a aplicação do terceiro passo, que está relacionado a transporte de acordo com a literatura, possui muitos mais detalhes no

setor de logística *inbound* e *outbound* do que no setor de logística interna, que praticamente não possui esse passo. Do mesmo jeito é feito com o passo 2, que possui muito mais detalhes no setor de Logística Interna. Assim, todos os setores seguem os sete passos propostos pela literatura, mas é dada mais ênfase nos passos mais importantes de acordo com cada setor que a empresa foi dividida. Já os entrevistados das empresas 1, 2, 3 e 6 disseram que há uma equipe focada em cada um dos passos, sendo que essa equipe é responsável por gerar informações e projetos de melhoria. Como exemplo, o entrevistado da empresa 2 que é Engenheiro Mecânico e Gerente de Logística citou que o time de transporte é responsável pelo passo 3 de Logística Externa, a Engenharia Logística é responsável pelos passos 2 e 5 de Logística Interna e refinamento, o PCP é responsável pelo passo 4 de nivelamento de produção e o time de Serviços ao Clientes é responsável pelos passos 1 e 4. Já o passo 7 fica com a gerência da planta por ser um passo estratégico da empresa.

Quanto aos impactos dos passos na elaboração do CD, todos os entrevistados enxergam o CD como uma ferramenta à parte de gerenciamento de custos logísticos, sendo esses passos uma estrutura lógica para implementação de projetos de melhorias. Os entrevistados das empresas 2, 3 e 6 pontuaram que estão no início da implementação do CD de Logística para guiar seus projetos, e que antes o gerenciamento dos custos logísticos era realizado pelo CD de fábrica e pelos times de transporte e PCP da planta. Na visão de todos os entrevistados, os três primeiros passos são os mais importantes para a elaboração do CD de Logística pois concentram a maior parte dos custos industriais e as maiores oportunidades de perdas e desperdícios.

A sistemática de avaliação foi um ponto bastante argumentado pelos entrevistados, e sobre isso a maioria afirmou que segue os critérios de auditoria propostos por Yamashina (2018) conforme detalhado no Quadro 5 deste estudo, de zero a cinco pontos. As empresas 1 e 4 adaptaram algumas métricas, como FIFO e JIT, com porcentagens de aplicação em suas operações pois sem isso as medições eram muito genéricas para suas aplicações, e aumentaram o tempo de auditoria passando de dois dias para duas semanas, mantendo o auditor interno sendo parte do processo produtivo durante a auditoria. Apenas um dos entrevistados da empresa 5 que é Engenheiro de Manufatura disse que não trabalha com sistema de pontuação e nem de auditoria, e que segue apenas os passos do Pilar e possui um acompanhamento mensal para tratativa das ações e passos futuros.

A pontuação das plantas em Logística, segundo os entrevistados das empresas 2, 3, 4 e 6 é de 2 pontos, com exceção de uma das plantas do entrevistado 1 que possui pontuação 3. Segundo o entrevistado que é Especialista em Logística na empresa, essa planta possui FIFO

em todo o seu processo e acuracidade de estoque de 99,9%. Além disso, seus processos logísticos são realizados com o mínimo manuseio de material e sem a presença de empilhadeiras na fábrica. A empresa 5 não possui nota, pois não trabalha com sistema de pontuação conforme comentado.

A questão da aplicação dos sete passos de Logística nas empresas estudadas está em linha com o exposto pela literatura, porém com algumas particularidades de acordo com os sistemas produtivos adotados. Esse ponto é reforçado por Dudek (2013), que afirma que os sete passos podem ser aplicados em qualquer empresa, desde que respeitada as filosofias fabris de cada organização, porque sempre é possível retornar aos passos anteriores sem sofrer grandes impactos por isso. Segundo o autor, a implementação bem sucedida desses passos baseia-se na atitude de bom senso de seus líderes, o que garante progresso a longo prazo.

As principais diferenças apontadas pelos entrevistados do CD de Fábrica para o CD de Logística estão relacionadas ao direcional de perdas, que são bem diferentes. Isso está de acordo com a literatura, pois, conforme demonstrado por Embraco (2011), enquanto que no CD de Logística o foco são as perdas logísticas que não estão contempladas pelas empresas no custo de transformação, como os custos de transporte e inventário, e as que estão contempladas como área de estoque, mão de obra logística e equipamentos para movimentação de materiais, no CD de Fábrica as perdas estão relacionadas às máquinas, mão de obra, material e energia, que são utilizadas para o custo de transformação das empresas, conforme descrito por Silva et al. (2013).

Por definição, conforme afirma Piatt (2014), o custo de transformação das empresas contém todos os custos associados às atividades relacionadas com a produção das plantas. Depreciação de ativos fixos são excluídos, uma vez que não são diretamente reduzíveis.

Outro ponto de destaque apontado pelos entrevistados é a complexidade e a disponibilidade de informações para coleta de dados logísticos. Na manufatura, historicamente, a medição e coleta de dados é mais confiável e simples de medir. Já na logística, a coleta de dados ainda é restrita e muito difícil de ser coletada por se tratar de atividades não rotineiras. Esse ponto confronta o exposto por Gajdzik (2012), que afirma que para o sucesso do CD é necessário dados confiáveis e automatizados para a assertividades dos projetos.

Por isso, as perdas logísticas em todas as empresas estudadas para o CD são classificadas como excesso, eficiência e net (conceito de sistema ideal de produção). As perdas de excesso e eficiência são consideradas como tangíveis e as perdas net como intangíveis conforme definido por Yamashina (2007b). Isso torna o cálculo das perdas mais qualitativo do que quantitativo.

Quando se fala das variáveis de custos utilizadas para a elaboração do CD de Logística, todos os entrevistados concordaram com as cinco variáveis utilizadas na proposta original do Yamashina (2007b) que são referentes a mão de obra, frete, área, equipamentos e estoque. Todos os profissionais ouvidos ainda afirmaram que elas são suficientes para contemplar as dimensões dos custos logísticos de qualquer empresa.

O ponto crucial, segundo os entrevistados, é a profundidade de custos que será realizada em cada variável. Como exemplo, um dos entrevistados da empresa 3 que é Engenheiro de Materiais relatou que considera o custo do time de inventário de materiais e engenharia logística na variável de mão de obra pois, segundo ele, esses custos estão diretamente ligados a excelência dos processos produtivos. Assim, eles podem ser reduzidos proporcionalmente na medida que os custos operacionais logísticos forem reduzidos.

Já o Administrador e Coordenador de Logística da empresa 4 relatou que considera nos custos da variável estoque a quantidade de insumos utilizados para esse controle (computadores, papéis, sistemas de TI, manutenção dos sistemas, energia elétrica), pois esses custos estão atrelados a essa variável. Em relação ao custo de área, há algumas variáveis que podem ser consideradas, segundo todos os entrevistados para todas as empresas, como manutenção da estrutura fabril, energia elétrica, depreciação, taxas e seguros. Na visão dos profissionais, esses custos de área logística não são considerados em muitas empresas e fazem parte do custo total da variável área.

A variável transporte foi a que apresenta mais oportunidades de melhoria para detalhamento nas matrizes de acordo com os dados coletados. Os entrevistados das empresas 1 e 2 relataram que, dependendo da operação, existem muitos custos embutidos que necessitam serem detalhados para um melhor desdobramento de custos, como o custo de veículos próprios, além dos veículos de locação. Uma variável extra citada foi o custo de transportes extras por caminhão parado por falta de peças, que está ligada à experiência do cliente. Esse parâmetro pode gerar um impacto negativo da imagem da empresa frente a seus clientes e, por conta disso, essas empresas desenvolveram uma matriz MQA (Matriz de Qualidade Assegurada) para avaliar esse impacto nos clientes finais.

Conforme demonstrado, as empresas analisadas no estudo trabalham com as cinco principais variáveis de custos logísticos que, conforme Yamashina (2007b), são originadas de três grandes grupos. O primeiro deles é relativo às perdas de estoque ou inventário, o segundo é referente a movimentação de material e o terceiro se refere ao transporte de materiais. O que foi constatado é que esse modelo sofreu algumas melhorias nas empresas, principalmente em

alguns detalhamentos realizados em geral dessas três macros perdas logísticas. Essas melhorias estão relacionadas a profundidade de análise nessas perdas, que podem ser diluídas em perdas menores para facilitar a compreensão e possíveis projetos de redução desses custos.

Quanto ao uso de *softwares* e *hardwares* para o CD, todos os entrevistados concordaram que esse assunto é de suma importância para o sucesso do CD, pois a entrada de dados confiáveis permite e facilita a entrada de projetos eficientes para as empresas. Além disso, ferramentas tecnológicas ajudam na acuracidade e melhor diagnóstico de perdas, propiciando atualizações de dados mais rápidos e garantindo qualidade de apontamento de informações.

O uso de soluções de TI é majoritário nas empresas estudadas, mas algumas ainda trabalham com os dados de forma manual, especificamente a empresa 1, que recebe as informações de transporte de um terceiro responsável pelo seu gerenciamento de frotas. No geral, o uso dessas soluções nas empresas é priorizado conforme a quantidade de perdas detectadas em cada variável de custo logístico no CD. Esse ponto novamente contrasta com a literatura, que considera que a aplicação bem-sucedida da metodologia requer entrada de dados de alta qualidade, e para tanto as organizações precisam desenvolver rotinas para melhorar e modificar continuamente sua coleta de dados através de treinamentos e sistemas de TI (GIOVANDO, CROVINI; VENTURINI, 2017).

Por exemplo, a empresa 6 possui um alto custo de estoque em função de sua estratégia produtiva, e para obter dados mais refinados está iniciando alguns projetos de RFID (*Radio-Frequency Identification*) que irão alimentar o CD, propiciando com isso, segundo Administrador e Gerente de Logística dessa empresa, identificar perdas que hoje por ERP apenas não é possível

Já os entrevistados das empresas 2 e 4 disseram que suas maiores perdas estão na variável de transporte, e essas empresas estão extraindo as informações de seu *software* TMS através do seu setor de roteirização de cargas onde ocorre o rastreamento das suas frotas. Essas informações passam por um banco de dados e são avaliadas para serem inseridas no CD.

Para o Engenheiro de Materiais da empresa 3, sua empresa precisava de maior acuracidade das informações na variável de mão de obra, pois essa era uma de suas maiores fontes de custos. Desse modo, a empresa investiu em um *software* de análise de multi momentos de atividades. Através de MTM, sua equipe conseguiu mapear as atividades logísticas que não agregam valor e que conseqüentemente deveriam ser eliminadas ou reduzidas. Esses dados alimentam hoje o *software* de ERP da planta para posteriormente serem inseridos nos CD de fábrica e de Logística. O intuito dessa empresa, segundo o entrevistado, é implantar um *software* de MES no próximo ano para um melhor controle desses dados.

Quando aborda-se a matriz A com os entrevistados, que é relacionada a estrutura proposta de Yamashina (1999) com vinte e uma perdas logísticas, a análise dos dados demonstra que todas as empresas utilizam esse modelo. Embora cada organização adapte a matriz as suas características específicas, todos os entrevistados consideram inviável e bem complexo propor um novo modelo a partir do zero, pois o existente é base para qualquer proposta de melhoria que possa surgir.

Um dos entrevistados da empresa 2 que é Gerente de Logística e Engenheiro Mecânico, por exemplo, disse que realiza a análise dentro de cada área ou departamento da sua empresa, analisando as perdas existentes por um ângulo mais específico. Em seguida, ele relaciona todas essas perdas com suas causas, deixando um maior nível de detalhe e precisão para que todos apontem perdas mais facilmente e de forma mais assertiva.

Já dois entrevistados das empresas, sendo um deles o Coordenador de Logística e Engenheiro de Produção da empresa 1 e o outro o Especialista de Logística e Engenheiro Químico da empresa 3, relataram que adicionaram sub-perdas as variáveis da matriz A, trabalhando com vinte e duas perdas, porém oriundas de macro perdas dentro da estrutura proposta. Por exemplo, o profissional da empresa 1 adicionou equipamentos como sub-perda da macro perda de Inventário. Já o profissional da empresa 3 inseriu uma sub-perda de mão de obra, também originada da macro perda de inventário. Essas perdas foram adicionadas, segundo os entrevistados, pois eles enxergam o excesso de estoque como uma origem de todas as perdas, uma vez que para gerenciar um estoque maior as empresas devem possuir uma área maior, mais mão de obra e mais equipamentos, aumentando o custo logístico. Além disso, quando se tem um estoque maior, proporcionalmente têm-se um custo maior de transporte.

Outra alteração significativa que foi identificada durante as entrevistas e análise dos documentos foi que as empresas 1, 3, 4 e 6 trabalham com a matriz A de forma qualitativa, gerando valores de 1 a 3 para cada perda, sendo o grau 1 uma perda leve e 3 uma perda relevante. Outra opção utilizada pela empresa 1 é colocar nomenclaturas R, M e L para perdas, sendo R para perda relevante, M para perda média e L para perda leve. Na visão dos entrevistados dessas empresas, a matriz A utilizada de forma qualitativa facilita o entendimento e a identificação das principais perdas logísticas.

Já as empresas 2 e 5 trabalham com a matriz A de forma quantitativa, gerando um valor monetário para cada uma das vinte e uma perdas. Na visão dos entrevistados dessas organizações, essa maneira facilita identificar o impacto de cada perda em cada processo.

Por fim, outra alteração substancial na estrutura da matriz A feita pelas empresas estudadas é a inserção de sub-perdas para cada uma das 21 perdas que, segundo os profissionais

ouvidos, facilita a compreensão e análise das perdas. Essas afirmações demonstram que a proposta definida por Yamashina (1999) serve de padrão para todas as empresas estudadas.

Abordando a definição dos custos logísticos padrão, otimizado e ideal para a construção da matriz A e quais as suas importâncias, todos os entrevistados destacaram que consideram essa forma adequada, principalmente pela dificuldade de se estabelecer métricas para as análises logísticas, uma vez que suas operações não são cíclicas como as operações de uma linha de montagem. Com isso, conclui-se que nesse estudo as empresas adotam o modelo desenvolvido por Yamashina (2007b) com algumas melhorias.

As melhorias analisadas e aplicadas nesse ponto se referem a premissas e variáveis adotadas por todas as empresas para facilitar a construção do CD, especificamente a nomenclatura utilizada de custo padrão, chamadas de perdas do tipo A (perdas originadas de custos acima do estipulado pelas empresas), custo alvo ou perdas do tipo B (que são perdas que podem ser eliminadas através de melhorias realizadas nos processos) e custo ideal ou perdas do tipo C (que são as perdas ocultas, eliminadas através de novas tecnologias e inovações ou reengenharia detalhada de seus processos).

Outro ponto destacado pelos entrevistados de todas as empresas e que pode facilitar a definição desses custos é estabelecer uma métrica de valor. Na visão dos profissionais ouvidos para a pesquisa, esses custos podem variar de acordo com as características e os tipos de sistemas produtivos adotados pelas empresas, mas a variação não é alta. Assim, pode-se definir que as perdas do tipo A representam de 10 a 20% das perdas do CD de uma empresa, as perdas do tipo B de 20 a 40% do custo e perdas do tipo C são de 40 a 60% dos custos logísticos totais de uma empresa. Conforme se pode notar na análise desses dados, a definição dos custos padrões é muito importante para elaboração do CD, de acordo com o que expõe Yamashina (2007b). Porém esses custos sofreram algumas melhorias relacionadas a nomenclatura e ao estabelecimento de métricas para facilitar a compreensão e atender os diferentes sistemas produtivos adotados pelas empresas.

Partindo para um dos pontos mais complexos na elaboração do CD, que é a correlação entre perdas causais e resultantes na matriz B, Goivando, Crovini, Venturini (2017) e Hoeg e Knutsen (2016) afirmam que ela precisa ser melhorada continuamente, para realizar a análise qualitativa das perdas e a individualização das causas de origem para evitar erros nos gráficos. Esses autores sugerem o uso de tecnologias para preenchimento dessa matriz, o que não foi encontrado nessa pesquisa. De maneira geral, todos os entrevistados verificam essa correlação de forma manual e qualitativa, baseada principalmente no conhecimento das pessoas que elaboram essa matriz e na formação de equipes multifuncionais. Na visão de todos os

entrevistados, não há um número base de causas que devem ser inseridas na matriz, pois isso vai ser realizado de acordo com a estratégia produtiva de cada empresa analisada. De todo modo há algumas causas principais que foram identificadas em todas as empresas e que podem ser utilizadas para originar novas causas. Essas causas são detalhadas no Quadro 8 abaixo.

Quadro 8 - Causas logísticas relevantes para a matriz B

Causa	Descrição dos fatores avaliados
Absentéismo	Perda devido ao custo extra gerado pelo absentéismo (%)
Embalagem inadequada	<i>Atividades de repacking</i> ; embalagens descartáveis; embalagens grandes com peças a granel; saturação ruim das embalagens e das carretas
Equipamento inadequado	Uso de empilhadeira para abastecer a linha; falta de dispositivos nas linhas que aumentem a produtividade
Manutenção de equipamentos	Perdas causadas por problemas que ocorrem nos equipamentos de logística
Parâmetros de MRP Inadequados	Tamanho do lote; grandes estoques de segurança; frequência de entrega de fornecedor/consumidor;
Alterações na programação de produção	Trocas na programação devido a problemas internos e externos
Erros de Engenharia (BOM)	Erros de BOM, trocas mandatórias de engenharia tardias
Performance do Fornecedor	Fornecedor com entregas abaixo do programado; discrepância e excesso de peças enviadas
<i>Layout</i> de Fábrica	Armazém externo, diferentes locais de descarga de materiais, layout ruim do armazém
Atraso no trânsito	Problemas diversos no transporte de materiais e produtos
Excesso de estoque	Excesso de estoque de matéria prima e produtos acabados
Falta de 3S e 5T	Processo e fluxos sem implementação de 3S e 5T

Falta de um sistema de chamada de materiais	Material sendo requisitado sem um sistema adequado de puxada de materiais
Falta de mínimo manuseio de material	Perdas causadas por falta de AGVs e rotas padronizadas; abastecimento de linhas com shooters; itens sem embalagem definida
Excesso de produção	Produção de manufatura acima do plano
Nivelamento	Falta de sincronização entre a produção dos processos internos; falta de sincronização do planejamento dos fornecedores com a demanda requerida
Distância do fornecedor/consumidor	Distância do fornecedor/consumidor
Fraqueza de processos	Falta de detalhamento de processos, <i>gaps</i> nos sistemas ERP, falta de padrão de processos de transporte
Perda de negociação	Negociação ineficiente
Perda da projeção de produção	Perdas causadas pela projeção da produção das empresas
Acuracidade de estoque	Estoque físico divergente do estoque em sistemas
Estratégia de compras	Falta de análise de otimização logísticas para compras; falta de análise do custo total de compras

Fonte: elaboração própria

Todos os entrevistados concordaram que o apontamento de perdas causais e resultantes melhoram com o passar do tempo, pois o conhecimento das pessoas e a profundidade das análises permite um melhor apontamento dessas perdas. Mas, de qualquer maneira, uma coleta de dados eficiente, e se possível automatizada, é a chave de sucesso para uma boa relação de causa e efeito na visão desses profissionais.

A principal alteração avaliada na matriz B que pode contribuir muito na melhoria dessa matriz é a criação de uma sistemática de correlação entre causa e efeito, para permitir uma análise mais quantitativa dessa relação segundo Ramos (2016). Foi relatado pelos entrevistados das empresas 1, 4 e 6 que essa relação pode ser realizada de algumas maneiras, sendo uma delas o apontamento do grau de relação em forte, médio e fraco antes do preenchimento da matriz B, facilitando, assim, a posterior relação numérica entre causa e efeito. Já o Engenheiro de Materiais da empresa 3 relatou o preenchimento de uma pré matriz B, na qual se relaciona todas as relações entre causas e efeitos através do preenchimento de quadrantes, apontando se há

relação entre elas e gerando porcentagens automáticas que vão gerar os números e gráficos para a matriz C.

Entrando na matriz C, todos os entrevistados foram unânimes quanto ao uso desta como base para todos os projetos de Manufatura e Logística, sendo que os dois Gerentes de Logística da empresa 2, os dois Engenheiros de Logística da empresa 3 e os três Coordenadores de Produção da empresa 4 que são Administradores relataram o uso das matrizes QA para projetos de qualidade e Matriz S como fonte de projetos de segurança.

A apresentação dos resultados dessa matriz é realizada em forma de gráficos com os custos apresentados de diferentes formas. Eles podem ser apresentados na forma de processos produtivos, das cinco variáveis de custo ou em relação a origem de suas causas de perdas logísticas. Essa exposição pode ser feita de forma mais detalhada nos processos mais custosos e que podem gerar mais projetos, ou de forma macro nos projetos menos custosos. Foi identificado um certo padrão das causas das perdas, conforme descrito no Quadro 8, e dos processos produtivos no CD de Logística em todas as empresas estudadas. Isso demonstra um cuidado para a geração de dados que possam determinar bons projetos, o que vai de encontro ao ponto exposto por Faria, Vieira e Feretti (2012), para quem dados inseridos nessa matriz sem uma análise crítica detalhada geram informações incorretas ou sem a devida quantificação para a priorização de projetos.

Já quanto a apresentação dos valores gerados nos gráficos, as empresas 1, 2 e 3 direcionam os projetos através de *workshops* com todo o time de Logística, enquanto as empresas 4, 5 e 6 preferem apresentar de maneira mais focada, trabalhando direto com os líderes de cada frente na redução de custo.

Um ponto abordado pelos entrevistados das empresas 2 e 3 é que as empresas devem se atentar a um tipo de redução de custo chamada de perda de oportunidade na matriz C, que é proveniente, por exemplo, de projetos de aumento de lucro de receitas logísticas como vendas de sucata de embalagens antigas ou aumento da produtividade logística. Outros exemplos oriundos da chamada perda de oportunidades das empresas é entregar mais produtos com o mesmo custo fabril, redução de CAPEX (abreviação de em inglês de *Capital Expenditure* ou despesas de capital) nos projetos logísticos e redução de transportes através da internalização de peças que eram confeccionadas por fornecedores externos. Esses pontos estão em linha com o trabalho de Martins (2018), que enfatiza a importância de as organizações compreenderem sua tendência comportamental e sua capacidade evolutiva em relação aos trabalhos empreendidos para redução de perdas.

Já sobre a utilização da Matriz D, que segundo Faria, Vieira e Peretti (2012) é utilizada no intuito de selecionar os métodos para eliminar as causas-raiz das perdas e dos desperdícios e estabelecer as prioridades, de forma geral os entrevistados entendem a sua criticidade e importância para o CD. A maioria dos entrevistados apontou que suas respectivas empresas trabalham com essa matriz de forma reativa e não preventiva, o que contraria o argumento de Ramos (2016), que aborda que essa matriz identifica, através do método ICF, uma forma preventiva das empresas atuarem seus projetos, selecionando as ferramentas e métodos corretos para cada tipo de projeto. Segundo os profissionais ouvidos, isso se deve ao fato de estarem no início do uso do CD de Logística, e assim muitos projetos ainda são realizados sem o alinhamento com o CD.

De maneira geral, todos os entrevistados apontaram que a gestão da matriz D é algo muito complexo ainda, e que atualmente é feita uma análise detalhada apenas para os projetos maiores. Afirmaram ainda que repassam o controle de alguns dados e projetos para o CD de Fábrica para que possam ter visão mais geral dos projetos logísticos que estão sendo implementados. Outra dificuldade apontada pelos entrevistados das empresas 4 e 6 é a manutenção de ferramentas e métodos atualizados nessa matriz. Além disso, a gestão do conhecimento das pessoas é um grande desafio, porque muitas vezes é difícil de avaliar e mensurar a evolução do nível de aprendizado dos empregados nessas ferramentas e métodos.

Apenas um dos entrevistados da empresa 4 que é Engenheiro de Produção e Coordenador de Logística afirmou que sua empresa utiliza a matriz D como forma prioritária de geração de projetos, gerenciando todos os projetos logísticos e evitando controles paralelos. Segundo esse entrevistado, há uma reunião semanal com todos os membros dos projetos em uma sala chamada de *compass room*, que é uma área específica para o acompanhamento de todos os CD existentes na Planta a fim de evitar controles paralelos. Dessa forma a matriz D consegue ser preventiva e atualizada *on line* com todos os envolvidos.

Analisando as respostas relacionadas à matriz D, nota-se que somente a empresa 4 atua com a matriz D como forma prioritária de seus projetos, já que as demais empresas relataram que gerenciam seus projetos de maneiras distintas. As empresas 1, 2 e 3 gerenciam seus projetos logísticos através de planilha eletrônicas que são alimentadas na matriz D do CD geral da Planta, enquanto que as empresas 5 e 6 gerenciam os projetos em banco de dados eletrônicos. A matriz D, conforme apontam Faria, Vieira e Peretti (2012), é utilizada para gerenciar as perdas mais importantes da matriz C, além de definir os indicadores-chaves de desempenho das empresas. A constatação na presente pesquisa contrapõe a importância dessa matriz como fator-chave para o gerenciamento dos projetos logísticos das empresas, pois o que foi constatado é

que em cinco das empresas estudadas o controle é realizado de forma paralela. Nesses casos a matriz é utilizada apenas para preenchimento dos projetos e acompanhamento macro de evolução e apresentação das atividades.

Em relação ao levantamento de informações para inserção dos processos e das variáveis de custo nas matrizes, de maneira geral ele ainda é realizado de forma manual na maioria das empresas estudadas. Em alguns casos, como nas empresas 1 e 5, os dados são extraídos dos sistemas produtivos em apontamentos manuais realizados por empregados nos processos. Já nas empresas 2, 3 e 4, os dados também são retirados manualmente e depois inseridos em planilhas eletrônicas. Somente na empresa 6 os dados são em sua maioria gerados diretamente por sistemas de TI. Essa constatação, apesar dos esforços demonstrados pelas empresas, está em linha com a colocação de Giovando, Crovini e Venturini (2017), Felice, Petrillo e Silvestri (2013) e Averina, Kolesnik e Makarova (2016), que consideram como um dos fatores mais importantes para o sucesso do CD a exigência de uma coleta de dados precisa dos processos, impondo um grande desafio às empresas pois isso demanda recursos substanciais. A aplicação bem-sucedida da metodologia requer entrada de dados de alta qualidade, e para tanto as organizações precisam desenvolver rotinas para melhorar e modificar continuamente sua coleta de dados, fomentar a cooperação entre departamentos e treinar seus empregados.

Segundo o Engenheiro de Logística e Administrador da empresa 2, em sua empresa o levantamento desses dados é realizado por um time multifuncional de finanças, engenharia, coordenação e gerência da área de Logística. Já o Engenheiro de Produção da empresa 4 disse que utiliza uma base de custos dos anos anteriores proveniente do time de finanças para entender a origem dos custos e, a partir desses dados, o desdobramento de processos e variáveis de custo é realizado até o desdobramento das análises de perdas.

Outra análise realizada nesse quesito é que o nível de detalhe das informações sofre variação entre as empresas. O Especialista de Logística da empresa 1 e o Especialista de Logística da empresa 3, além dos dois Supervisores de Logística da empresa 6, apontaram que seu nível de detalhe de perdas é medido por estações de trabalho de no máximo 5 operadores, e que as perdas de transporte e inventário são analisadas individualmente, ou seja, pelo código da peça. Já as empresas 2 e 4 dividem seus processos de forma macro e só conseguem entrar nos detalhes de alguns processos mais custosos.

Essa variação do detalhamento dos processos se deve principalmente a complexidade produtiva das empresas em questão e pelo grau de conhecimento da aplicação do CD. Quanto maiores os desafios logísticos das empresas e o nível de atualizações das matrizes do CD, menor

o nível de detalhe apresentado. A empresa 6 que possui um processo mais contínuo e simples de produção, consegue enxergar suas perdas de forma bem mais detalhada do que as empresas que possuem um fluxo logístico complexo e extenso, como as empresas 1, 2, 3, 4 e 5.

A maioria dos entrevistados afirmou que é fundamental para o apontamento dos processos e variáveis de custo que a área em questão entenda o propósito de cada definição, realizando uma análise criteriosa de cada quesito para não se tornar um apontamento automático, e que essa seja feita da melhor maneira possível para facilitar a operacionalização dos projetos depois. Em outras palavras, o nível de detalhes para os entrevistados é importante, mas ele se torna mais relevante quando possibilita enxergar alguma perda que não era possível antes.

Desse modo, a análise dos casos permite afirmar que o detalhamento de processos e variáveis nas empresas ainda está atrelado as cinco variáveis de custos logísticos. Porém foram identificados alguns aprofundamentos de custos nessas variáveis, buscando detalhar melhor alguns fatores não considerados anteriormente. Esse achado da pesquisa vai em linha ao ponto explorado por Guglielmino (2018), que em seu estudo relata que pode haver mais variáveis de custos logísticos nas organizações, e que estes deveriam estar ajustados conforme as características produtivas de cada uma delas. Na visão da maioria dos entrevistados, as matrizes A, B, C e D podem ser aplicadas em qualquer empresa, inclusive empresas voltadas para prestação de serviços, desde que sejam respeitadas as características produtivas dos sistemas. A opinião geral dos profissionais é que alguns modelos poderão ser adaptados ao tipo de sistema produtivo adotado, mas a o conceito principal e estrutura das matrizes pode e deve ser mantido, bem em linha com o exposto por Dudek (2013), que afirma que a aplicação do CD e dos passos do pilar de Logística podem elevar os níveis de excelência de qualquer empresa, desde que sejam implementadas com rigor e eficácia em todos os níveis das organizações.

As principais melhorias apontadas estão atreladas a coleta de dados, que são extremamente complexas e manuais quanto às diretrizes logísticas. Assim, as empresas devem ampliar a conexão com sistemas de TI a fim de tornar a coleta de dados mais rápida e direcionada na identificação das perdas. Sem um sistema suportando essa geração de dados, o CD pode tornar-se uma ferramenta inútil por gerar dados incoerentes, principalmente quando se trata de empresas com grande escala de produção.

Outro ponto levantado pela maioria dos entrevistados é a dificuldade de levantamento da causa e efeito das perdas, que está estritamente ligado às perdas causais e resultantes. Na pesquisa detectou-se que não há um padrão entre essas perdas, e que dificilmente isso será possível em função dos diferentes modelos produtivos das empresas. Os achados indicam que

essa relação ainda é muito intuitiva nas empresas, ou seja, ela depende da habilidade dos especialistas e do time multifuncional em expor as possíveis causas de suas perdas, sem possuir um critério estritamente definido para apontamento das perdas causais dos processos. Isso significa que uma certa empresa pode possuir inúmeras perdas causais, enquanto outras podem ter um número bem reduzido, especificamente devido a falta de padrão no preenchimento das perdas causais. Além disso, outra dificuldade levantada atrelada a esse ponto é que quando têm-se um projeto mapeado na matriz D, a totalidade das causas de perdas impactadas é realizada de maneira manual por conta dessa subjetividade das perdas.

Outro ponto de melhoria sugerido pelos entrevistados em sua maioria é implementar uma visão geral de redução de custos das matrizes ao longo dos anos, além de, a cada atualização das matrizes, melhorar o nível de profundidade das análises (detalhamento). Todos os entrevistados apontaram a importância de uma visão multifuncional do CD de Logística, com uma visão de redução de custos a médio e longo prazo, que é chamado de CD de 5 anos. Nessa ideia há uma análise das perdas residuais de anos anteriores, e planeja-se as perdas ao longo dos próximos cinco anos, olhando a diferença de volume, mix e outras variáveis que podem sofrer alteração ao longo desse tempo. Com isso, as empresas conseguem trabalhar de forma mais preventiva e proativa nos projetos. Esse ponto está em linha com o proposto por Martins (2018), que argumenta que a falta de sistematização de atualização das matrizes do CD é outra deficiência da metodologia que pode ser trabalhada, já que isso dificulta avaliar a evolução dos custos sob a ótica dos benefícios alcançados ao longo dos anos anteriores ao ano de análise, o que poderia contribuir com a composição de um plano de melhoramento de resultados. Dessa maneira seria possível compreender a tendência comportamental da organização e sua capacidade evolutiva em relação aos trabalhos empreendidos para redução de perdas.

Além dos pontos destacados nesse tópico, umas das principais alterações sugeridas de melhoria é o apontamento da origem das perdas causais em função das cinco variáveis logísticas para facilitar o preenchimento dos pesos de cada correlação dessas perdas nos processos na matriz B. Outro ponto importante ainda nessa matriz e apontada como uma limitação é a identificação do tipo de perdas em causal, resultante ou ambas, pois segundo a maioria dos entrevistados há uma perda que pode ser causal e resultante ao mesmo tempo, dependendo da característica e análise detalhada da perda através de projetos.

Já na matriz C, não foi identificadas grandes propostas de melhorias, pois o foco da matriz C é quantificar as perdas oriundas da matriz A e principalmente da matriz B, organizando

e agrupando os dados conforme a origem das perdas. Assim, não há grandes melhorias possíveis na estrutura da matriz de acordo com todos os entrevistados.

O principal ponto recomendado pela maioria dos entrevistados para melhoria na matriz D é a elaboração de escalas para a análise ICF. Os valores recomendados pelos profissionais ouvidos são valores de 1 a 5 para as variáveis de impacto, custo e facilidade de implementação dos projetos, valores de R\$ 0 a R\$ 150 mil para as variáveis de impacto e custo e de “Sem complexidade” até “Alta complexidade” para a escala de facilidade de implementação dos projetos. Naturalmente esses valores podem se alterar conforme o modelo produtivo das empresas. Isso, segundo o Coordenador de Logística há 6 anos da empresa 4, facilita muito o preenchimento desta matriz. Além disso, é importante fazer uma relação com o pilar que pode ajudar na redução da perda baseado na causa raiz, e se possível estimar um custo de implementação o mais real possível para cada projeto, gerando assim valores confiáveis para as matrizes E e F. Além disso, sugere-se segundo a análise da documentação de WCM do pilar de Logística e do CD Logístico das empresas 1, 4 e 6, a apresentação dos valores da matriz D em gráficos, com as perdas provenientes da matriz C por processos e por causas e seus respectivos números de redução de custos através de projetos gerenciados pela matriz D.

As principais limitações das matrizes do CD Logístico expostas pela maioria dos entrevistados estão atreladas a existência de apenas vinte e uma perdas na Matriz A. Conforme demonstrado anteriormente, algumas empresas fizeram melhorias nessa matriz adicionando perdas que melhor se aderem a seu respectivo sistema produtivo. Quanto a matriz B, segundo todos os entrevistados, a principal limitação é a difícil correlação entre perdas causais e resultantes, que resultam em resultados que não refletem a realidade das perdas na matriz C. Já na matriz C não foram citadas limitações, pois ela é um produto da matriz B, quantificando a relação entre as perdas citadas nessa matriz. Por fim, na matriz D a principal limitação que foi citada pela maioria dos entrevistados é a sua forma de análise, que é muito complexa para acompanhamento dos projetos. Por isso, esses são feitos em planilhas paralelas que alimentam essa matriz apenas para apresentações com a Diretoria das empresas.

Após finalizar a análise dos dados, essas informações serão agora utilizadas no próximo capítulo desse estudo para a construção das propostas de melhorias para a elaboração do CD de Logística nas empresas.

5. PROPOSTA DE MELHORIA PARA AS MATRIZES DO CD

Considerando que é muito difícil estabelecer um único padrão a ser seguido para elaboração das matrizes do CD, porque isso é diretamente proporcional ao tipo e estratégia produtiva adotada pelas empresas, antes de iniciar a apresentação das melhorias propostas na estrutura das matrizes faz-se necessário estabelecer alguns padrões a serem seguidos no levantamento de informações para preenchimento das matrizes.

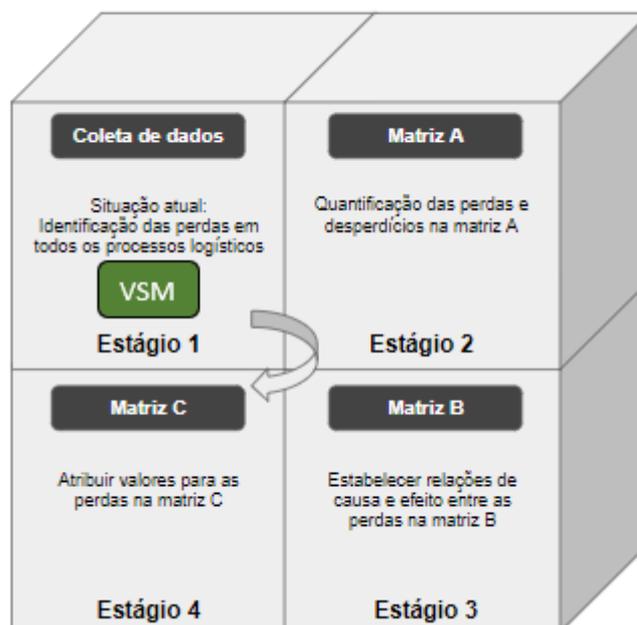
Conforme visto na análise dos dados, essas informações são primordiais para o sucesso na elaboração do CD nas organizações. De acordo com o que descreve o Fiat Group (2007), o CD é dividido em sete passos, e nesse trabalho o objetivo é propor ações até o passo 5 que aborda a matriz D, considerando que as matrizes E e F não são cobertas por essa proposta.

Iniciando pelo primeiro passo que é a definição do perímetro de custo logístico com seus respectivos processos e mapa de fluxo, sugere-se que antes de iniciar a matriz A seja utilizada a ferramenta VSM (*Value Stream Mapping*) no estágio 1 para levantamento dos processos e variáveis de custo, conforme demonstra a Figura 24. Essa proposta está em linha com o trabalho de Braglia et al. (2019b), que sugerem a utilização da ferramenta de VSM para mapeamento de processos e variáveis nos CD de fábrica e meio ambiente nas organizações.

Além disso, isso permitiria facilitar e padronizar a inserção de dados confiáveis nas matrizes do CD, um ponto muito crítico destacado por Yamashina (2007) e Guglielmino (2018) para o sucesso da implementação dessa ferramenta nas empresas.

O uso do VSM foi bastante destacado pelos entrevistados na análise de dados dessa pesquisa. Todos os profissionais ouvidos reconheceram sua importância para a elaboração do CD, mas relataram que não existe um caminho estruturado para seu uso e, por isso, acabam não utilizando essa ferramenta em sua totalidade no levantamento de processos. A proposta então é que esse estágio 1 realize a identificação das perdas em todos os processos logísticos antes de iniciar a matriz A, eliminando com isso a falta de utilização da ferramenta que é primordial para um levantamento coerente e preciso dos dados para as matrizes.

Figura 24 - Estágios para implementação do CD de Logística



Fonte: elaboração própria.

Assim, na primeira etapa dessa coleta de dados seriam identificadas as categorias de perdas em todos os processos logísticos e os custos de transformação para todos seus subprocessos. Durante essa etapa, os dados são analisados detalhadamente em parceria com o departamento financeiro. Em cada processo, devem ser coletados os dados nas cinco variáveis existentes (mão de obra, área, estoque, equipamentos e transporte).

Posterior a essa ação e ainda na fase de análise de dados, depois de realizado o VSM é necessária uma correta detecção dos tipos de custos logísticos para construção da matriz A conforme a definição dos custos logísticos padrão, otimizado e ideal de Yamashina (2007b). O Quadro 9 demonstra a definição desses custos e as possíveis formas de realizar sua clara detecção no intuito de tentar cobrir uma limitação atual que têm-se na elaboração do CD, que é a falta de clareza desses custos logísticos padrão, otimizado e ideal. Conforme afirmam Custódio e Toledo Filho (2009), as empresas não têm eficácia na medição e na classificação adequada dos seus custos logísticos, e isso também foi verificado nas empresas estudadas. As definições que constam no Quadro 9 são oriundas da análise de dados dessa pesquisa. Nesse ponto todos os entrevistados destacaram que as operações logísticas são difíceis de serem mensuradas, e por conta disso, estabelecer métricas de custos para as análises logísticas se torna imprescindível para facilitar o preenchimento da matriz A. As ações propostas para detecção correta das perdas buscam definir um padrão com base na literatura existente e na análise de

dados da pesquisa para preencher essa lacuna existente no CD de Logística atualmente. Com essa proposta, torna-se possível delegar as análises das perdas mais complexas (tipo C) para ferramentas avançadas de análise e especialistas em Logística.

Quadro 9 - Definição das variáveis de custo do CD de Logística

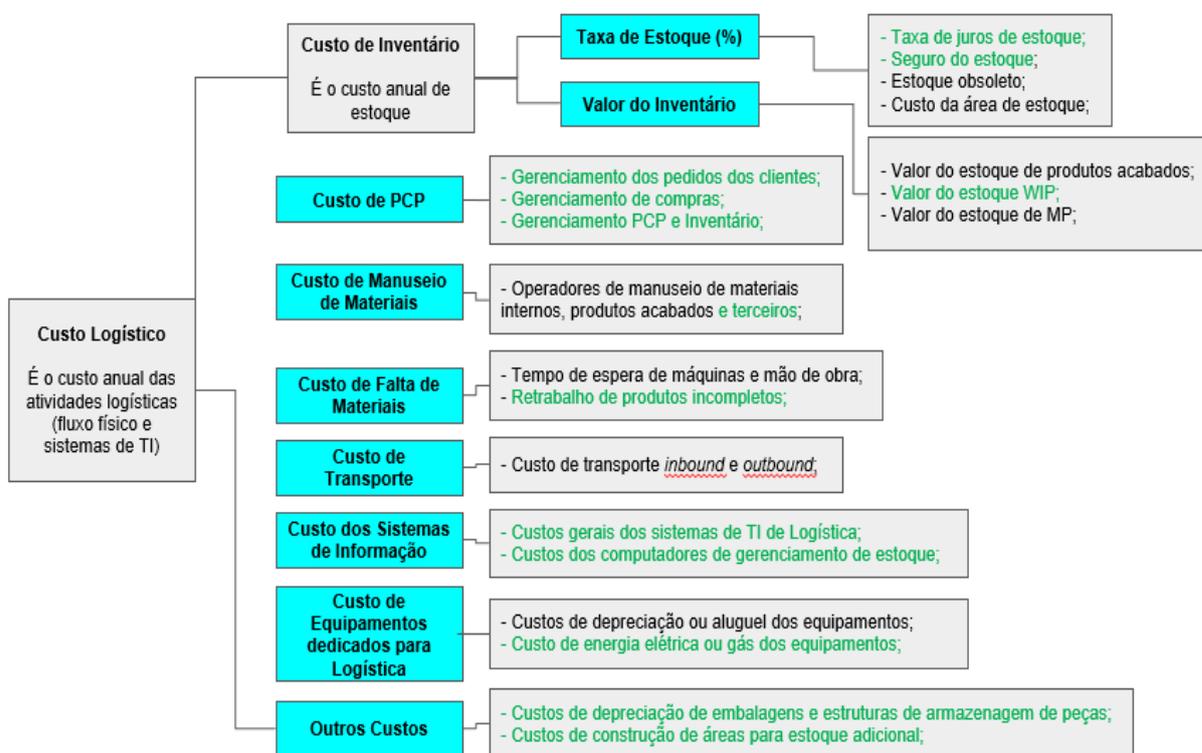
Classificação	Perda A	Perda B	Perda C
Nome	Custo padrão	Custo otimizado	Custo ideal
Definição	Perdas oriundas do custo atual <i>versus</i> o custo padrão proposto por engenharia	Perdas que podem ser eliminadas através de melhorias baseadas no processo atual	Perdas que podem ser eliminadas através de soluções inovadoras (conceito de excelência em Logística)
Deteção das perdas	Ferramentas simples de análise no chão de fábrica (perdas criadas pela diferença de padrão)	Perdas são detectadas através de princípios de melhoria em operações logísticas	Perdas identificadas em <i>benchmarking</i> de excelência produtiva e reengenharia
Padrão de perdas detectadas	de 10 a 20% do custo total logístico	de 20 a 40% do custo total logístico	de 40 a 60% do custo total logístico
Atribuição da perda	Operacional	Gestão da Logística	Especialistas em Logística

Fonte: elaboração própria

Ainda sobre o levantamento de dados para elaboração das matrizes, conforme destacado na análise de dados dessa pesquisa, todas as empresas trabalham com as mesmas cinco variáveis logísticas propostas por Yamashina (2007b), que são mão de obra, transporte, área, estoque e equipamentos. Entretanto, as empresas 1, 3 e 5 detalham melhor cada uma dessas variáveis conforme sua estratégia produtiva, o que permite acrescentar custos importantes que não eram considerados anteriormente no CD. A partir dessa descoberta da pesquisa, recomenda-se que todas as empresas detalhem suas variáveis logísticas de acordo com sua estratégia produtiva. Por exemplo, na variável de mão de obra, constata-se que as organizações podem e devem se atentar a custos de departamentos como PCP, inventário e compras, além das pessoas que são responsáveis pela movimentação de materiais propriamente dita.

A próxima atividade proposta se relaciona com os custos considerados para o CD de Logística. Conforme se verificou na coleta de dados das empresas 5 e 6, um custo relevante no contexto dos processos logísticos é o custo com sistemas de TI. Além disso, os dados das empresas 2 e 3 demonstraram que os custos de depreciação em estruturas de armazenagem de peças e embalagens metálicas, custos de construção de áreas para estoque adicional, entre outros, também podem ser importantes para o CD de Logística. Naturalmente todos esses custos podem sofrer variações conforme o sistema produtivo adotado, mas de maneira geral, as variáveis de custo identificadas no presente estudo e que podem contribuir para um CD de Logística consistente se encontram resumidas na Figura 25. As variáveis de custo escritas em verde são inéditas para o CD, e muito importantes na composição de custos segundo os entrevistados. As variáveis em preto já eram consideradas anteriormente em algumas empresas, mas de diferentes formas de acordo com o contexto financeiro e premissas adotadas de cada empresa.

Figura 25 - Variáveis de custo utilizadas para o CD de Logística

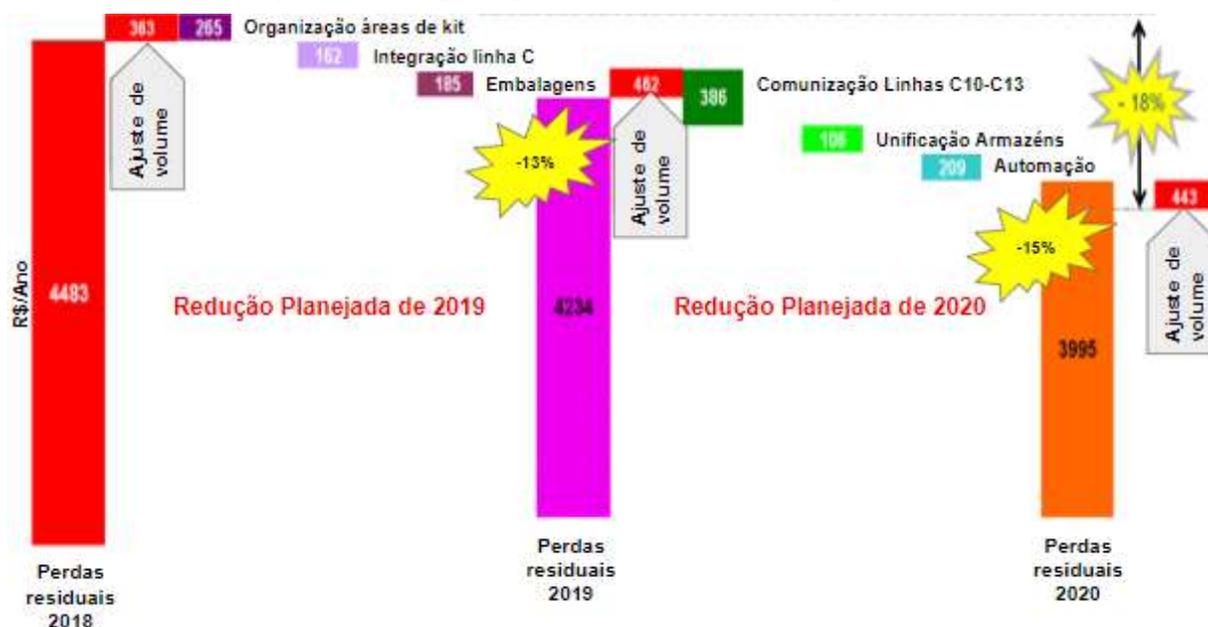


Fonte: elaboração própria

Outro fator importante a ser observado para suplantar uma das limitações do CD exposta pelos entrevistados é a falta de análise de perdas logísticas residuais de um ano para outro. A ação proposta nesse sentido é uma análise residual das perdas dos anos anteriores,

levando em consideração todos os fatores que podem gerar variações nos custos logísticos do CD numa análise de cinco anos (visão multifuncional). Com isso, as empresas conseguem trabalhar de forma mais preventiva e proativa nos projetos. Essa definição está em linha com o trabalho de Martins (2018), que expõe que existe uma falta de sistematização de atualização das matrizes do CD que dificulta avaliar a evolução dos custos sob a ótica dos benefícios alcançados ao longo dos anos anteriores ao ano de análise (visão de cinco anos para o autor). Assim, essa nova atividade pode vir a contribuir com a composição de um plano de melhoramento de resultados. A Figura 26 demonstra uma análise dessa variação de custos de um ano para outro em função de não termos dados de cinco anos consecutivos das empresas estudadas.

Figura 26 - Exemplo de gráfico de análise residual de perdas do CD



Fonte: elaboração própria

Na Figura 26 se nota que as perdas residuais foram ajustadas para o próximo ano de acordo com a nova estrutura da fábrica, com acréscimo ou decréscimo de volume de produção, e algumas alterações fabris realizadas que contribuiriam para a redução das perdas e não foram contempladas no CD de Logística.

Após definidas as ações a serem seguidas no levantamento de informações para preenchimento das matrizes é possível entrar nas propostas de melhoramento das matrizes propriamente ditas, e as primeiras melhorias estão relacionadas à matriz A. Conforme

demonstrado na análise de dados, todas as empresas estudadas utilizam o modelo padrão proposto por Yamashina (1999), porém algumas melhorias podem ser aplicadas.

A primeira delas é a criação de mais uma perda derivada da macro perda de gerenciamento de estoque. A proposta então é separar a variável da perda de estoque propriamente dita para a variável oriunda do gerenciamento de estoque pois, conforme relatado pelos entrevistados, a perda de estoque origina outras perdas dentro das variáveis logísticas. Assim, a matriz A ficaria com vinte e duas perdas. Esse ponto geraria uma melhoria significativa no modelo proposto da matriz A de Yamashina (1999) representada na figura 16 desse estudo, onde a matriz A era formada por vinte e uma perdas logísticas. Essa melhoria, na visão da maioria dos entrevistados, trata as perdas oriundas da macro perda de estoque, que na versão original da matriz A se confundia com as perdas originadas pelo gerenciamento do estoque, gerando com isso projetos sem a devida análise quanto a origem das perdas.

Outra melhoria que pode ser aplicada é a inserção de sub-perdas na matriz A, facilitando a compreensão das perdas e como elas estão relacionadas. Essa proposta visa preencher a lacuna afirmada por Ballou (2001), da qual uma das principais razões de existir dificuldade na adoção de um método integrado para apuração de custos logísticos em muitas empresas é a falta de informação apropriada sobre tais custos. Essas sub-perdas são as principais melhorias levantadas no presente estudo para facilitar a informação sobre perdas nas empresas, mas como ponto de atenção, diferentes modelos produtivos podem afetar a inclusão ou a exclusão de sub-perdas nessa matriz pelas organizações.

Por fim, outra melhoria proposta na matriz A é a utilização de uma abordagem qualitativa nessa matriz, pois isso pode tornar a visualização dos processos mais custosos mais eficiente e facilitar a correlação das perdas causais e resultantes, que é uma das principais dificuldades das empresas estudada na pesquisa para a adoção do CD (RAMOS, 2016; GUGLIELMINO, 2018; PIATT, 2014; SILVA et al., 2013). Como se observou na análise dos dados, as empresas 1, 3, 4 e 6 têm obtido bons resultados a partir da utilização da matriz A dessa forma. Propõe-se ainda como forma de melhoria que sejam adotadas nomenclaturas semelhantes à da empresa 1, ou seja, usando as siglas R (relevante), M (média) e L (leve), conforme exemplo na Figura 26. Naturalmente essa abordagem qualitativa pode ser feita de outras formas, como utilizando números de 1 a 3. A ideia, assim, é que essa classificação qualitativa da matriz A seja realizada da maneira mais conveniente para as empresas.

As Figuras 27, 28 e 29 demonstram os modelos propostos para a matriz A, separando essa matriz conforme as três macro perdas de estoque, manuseio de materiais e transporte.

Figura 27 - Novo formato da Matriz A quanto a variável estoque

Macro categoria	Sub-categoria	Perda	Sub-perda	Ferramentas	Processo 1	Processo 2	Processo...
5.1 GERENCIAMENTO DE ESTOQUE	Perda por Estoque	Perda por excesso de estoque	5.1.1 - Perda por scrap	1) VSM 2) ABC do Estoque 3) Análise de Budget 4) Classificação de Clientes 5) Classificação de Materiais 6) Análise de Embalagens 7) Supermercado 8) Classificação de Fornecedores	R	L	M
			5.1.2 - Perda de obsoletos		L	R	L
			5.1.3 - Perda por acuracidade		M	L	R
	Perda de mão de obra (perdas relacionadas ao gerenciamento de estoque)	Perda por excesso de mão de obra	5.1.4 - Hora extra		L	R	L
			5.1.5 - Excesso de mão de obra		R	R	M
			5.1.6 - Repacking		R	L	L
	Perda por ineficiência de mão de obra	Mão de obra mínima necessária	5.1.7 - Falta de chamada de materiais		M	R	R
			5.1.8 - NVAA - Espera		L	L	L
			5.1.9 - Retrabalho		M	L	R
	Perda de área (perdas relacionadas ao gerenciamento de estoque)	Perda por excesso de área	5.1.10 - Perda por mão de obra mínima necessária		R	M	L
			5.1.11 - Perda por Armazem Externo	L	M	R	
			5.1.12 - Área para material direto (excesso)	M	L	L	
			5.1.13 - Área para produto acabado (excesso)	R	R	R	
			5.1.14 - Área para WIP (excesso)	R	M	M	
			5.1.15 - Área para materiais diversos (excesso)	M	L	L	
			5.1.16 - Área para material direto (estoque segurança)	R	M	R	
		Perda por ineficiência de área	Área mínima necessária	5.1.17 - Área para produto acabado (estoque segurança)	L	L	R
				5.1.18 - Área para WIP (estoque segurança)	M	R	M
				5.1.19 - Área para materiais diversos (estoque segurança)	L	M	L
		Perda de estoque de segurança	Estoque mínimo	5.1.20 - Área para material direto (estoque ideal)	M	R	L
				5.1.21 - Área para produto acabado (estoque ideal)	L	L	M
				5.1.22 - Área para WIP (estoque ideal)	L	M	L
				5.1.23 - Área para materiais diversos (estoque ideal)	M	M	M
	5.1 ESTOQUE	Perda por Estoque	Perda de excesso de estoque	5.1.24 - Estoque de Material Direto	L	L	R
5.1.25 - Estoque de materiais diversos				M	L	R	
5.1.26 - Estoque de produtos acabados				L	M	L	
Perda de estoque de segurança			Estoque mínimo	5.1.27 - WIP	L	M	M
				5.1.28 - Estoque de Material Direto	M	R	M
				5.1.29 - Estoque de materiais diversos	L	R	L
Perda de excesso de estoque		Estoque mínimo	5.1.30 - Estoque de produtos acabados	M	L	M	
			5.1.31 - WIP	R	M	L	
			5.1.32 - Estoque de Material Direto	L	R	L	
			5.1.33 - Estoque de materiais diversos	L	R	M	
			5.1.34 - Estoque de produtos acabados	M	L	R	
			5.1.35 - WIP	L	M	R	

Fonte: elaboração própria

Figura 28 - Novo formato da Matriz A quanto a variável mão de obra

5.2 MANUSEIO DE MATERIAIS	Perda de mão de obra (perdas relacionadas a transferência de materiais entre processos)	Perda por excesso de mão de obra	5.2.1 - Hora extra	1) VSM 2) 3S + 5T 3) Classificação de Materiais 4) Análise de Layout 5) Conceito de Golden Zone 6) Gráfico de Spagueti 7) Análise de embalagens 8) Supermercados 9) Nivelamento de produção 10) Mínimo manuseio de	R	M	L	
			5.2.2 - Excesso de mão de obra		L	M	M	
			5.2.3 - Manuseio de materiais		M	L	M	
		Perda por ineficiência de mão de obra	Mão de obra mínima necessária		5.2.4 - Transporte interno de materiais	R	R	M
					5.2.5 - NVAA - Espera	M	L	M
					5.2.6 - Retrabalho	M	R	R
	Perda de área (área relacionada a transferência de material)	Perda por excesso de área	5.2.7 - Manuseio de materiais		L	L	R	
			5.2.8 - Transporte interno de materiais		M	M	R	
			5.2.9 - Perda por excesso de área		L	L	R	
	Perda de equipamentos (perdas relacionadas a transferência de materiais entre processos)	Perda por ineficiência de área	Área mínima necessária		5.2.10 - Perda por ineficiência de área	R	R	L
				5.2.11 - Área mínima necessária	M	M	M	
				5.2.12 - Perda por inutilização	L	R	L	
		Perda por excesso de equipamentos	Equipamento mínimo necessário	5.2.13 - Perda devida ao excesso de estoque	R	L	R	
				5.2.14 - Perda por capacidade do equipamento	R	M	L	
5.2.15 - Perda devida ao estoque de segurança				M	R	R		
Perda por ineficiência de equipamentos	Equipamento mínimo necessário	5.2.16 - Perda devida a utilização ideal de equipamento	L	R	L			
		5.2.17 - Perda devida ao estoque mínimo	M	M	M			

Fonte: elaboração própria

Figura 29 - Novo formato da Matriz A quanto a variável transporte

5.3 TRANSPORTE	Perda de transporte	Perda por excesso de transporte	5.3.1 - Perda por transporte aéreo	1) Análise de Budget 2) Análise do custo do frete 3) Análise do mapa de 4) Mapa das rotas de 5) Análise de saturação de 6) Definição do custo de frete 7) Network design 8) Milk run 9) Janela de entregas	R	R	L	
			5.3.2 - Perda por transporte especial		R	R	M	
			5.3.3 - Perda por transporte extra		L	L	R	
		Perda por ineficiência de transporte	Transporte mínimo necessário		5.3.4 - Perda por custo de transporte	L	M	M
					5.3.5 - Perda por transporte ineficiente	M	L	L
					5.3.6 - Falta de milk run	L	M	R
		Perda por saturação do transporte	Transporte mínimo necessário		5.3.7 - Perda por saturação do transporte	L	R	M
					5.3.8 - Perda por negociação de transporte	M	R	M
					5.3.9 - Transporte mínimo necessário	L	R	M

Fonte: elaboração própria

Quanto a matriz B, detectou-se na pesquisa que a correlação entre as perdas causais e resultantes nessa matriz nas empresas estudadas é muito manual, acarretando possíveis erros na matriz C, ponto também destacado pelos autores Giovando, Crovini e Venturini (2017) e Hoeg e Knutsen (2016) em seus trabalhos. Para minimizar essa falha, a sugestão para correlação entre as perdas causais e resultantes é a criação de uma pré-matriz B, verificando se há ou não relação entre as variáveis. Depois de estabelecida essa relação, ficaria mais fácil e eficiente evidenciar através de pesos estatísticos (porcentagem) a correlação entre as perdas causais e resultantes. Dessa maneira, seria possível que essa correlação seja realizada de forma mais quantitativa que qualitativa, gerando com isso menores erros nos gráficos das causas das perdas na matriz C. A Figura 30 demonstra um pequeno exemplo dessa correlação entre as perdas na pré-matriz B, uma vez que essa matriz possui inúmeras colunas e linhas, dificultando demonstrar sua totalidade no presente estudo.

Figura 30 - Exemplo do novo formato da Pré-Matriz B para correlação de perdas

Perdas Logísticas	Perda por Estoque									
	Perda por excesso de estoque	Perda por mão de obra								
	Perda por excesso de estoque	Perda por excesso de mão de obra	Perda por ineficiência de mão de obra	Mão de obra mínima necessária			Mão de obra mínima necessária			
Causas	5.1.1 - Perda por scrap	5.1.2 - Perda de obsoletos	5.1.3 - Perda por acuracidade	5.1.4 - Hora extra	5.1.5 - Excesso de mão de obra	5.1.6 - Repacking	5.1.7 - Falta de chamada de materiais	5.1.8 - N/A/A - Espera	5.1.9 - Retrabalho	5.1.10 - Perda por mão de obra mínima necessária
Absenteísmo										
Embalagem Inadequada										
Equipamento Inadequado										
Manutenção de Equipamentos										
Parâmetros de MRP Inadequados										
Alterações na programação de produção										
Erros de Engenharia (BOM)										
Performance do Fornecedor										

Fonte: elaboração própria

Outra limitação da matriz B é o levantamento das perdas causais (causas) pelas empresas. Segundo Abisourour et al. (2019), distinguir as perdas corretamente permite focar os esforços em suas fontes. Reforçando a importância da identificação dessas perdas, Faria, Vieira e Peretti (2012) ressaltam que a identificação de todas as possíveis perdas causais e suas

correlações com as perdas encontradas na planta é muito importante para a eficácia da implantação de custo. Essa pesquisa identificou, conforme demonstrado no Quadro 8, algumas causas relevantes para a construção da matriz B, reduzindo uma de suas limitações levantadas nas fontes bibliográficas. Essas causas foram levantadas durante as entrevistas na maioria das empresas estudadas, e sugere-se então como melhoria incluir essas causas na matriz B. O intuito é facilitar a distinção correta das perdas, minimizando o levantamento falho de todas possíveis perdas causais logísticas encontradas nos diferentes sistemas produtivos das empresas.

A proposta de inclusão dessas perdas na matriz B facilita a construção dessa matriz e ajuda no levantamento de causas que são comuns para quase todas as empresas de acordo com os dados da pesquisa. Segundo a maioria dos entrevistados, essas causas originam quase 90% de todas as causas de perdas das empresas em geral. A ressalva feita é no caso da aplicação dessa matriz em um setor muito específico, como o setor de serviços por exemplo, que poderia ter algumas causas diferentes das levantadas desse estudo. A proposta de melhoria é, portanto, uma sugestão que deve sempre ser validada no contexto de cada empresa que está utilizando a matriz B. A Figura 31 demonstra um exemplo da matriz B com essas causas.

Figura 31 - Exemplo da matriz B com as causas levantadas na pesquisa

Perdas Logísticas	Perda por Estoque									
	Perda por excesso de estoque			Perda por excesso de mão de obra		Perda por ineficiência de mão de obra				Mão de obra mínima necessária
	5.1.1 - Perda por scrap	5.1.2 - Perda de obsoletos	5.1.3 - Perda por acuracidade	5.1.4 - Hora extra	5.1.5 - Excesso de mão de obra	5.1.6 - Repacking	5.1.7 - Falta de chamada de materiais	5.1.8 - NVAA - Espera	5.1.9 - Retrabalho	5.1.10 - Perda por mão de obra min. Nec.
Absenteísmo				R\$ 1.500,00	R\$ 1.800,00					
Embalagem Inadequada						R\$ 7.800,00		R\$ 3.200,00		
Equipamento Inadequado	R\$ 500,00			R\$ 3.500,00						
Manutenção de Equipamentos	R\$ 2.500,00									
Parâmetros de MRP Inadequados		R\$ 5.500,00							R\$ 4.100,00	
Alterações na programação de produção		R\$ 5.600,00								
Erros de Engenharia (BOM)		R\$ 5.000,00								
Performance do Fornecedor			R\$ 2.700,00							
Layout de Fábrica							R\$ 7.200,00			
Atraso no trânsito	R\$ 8.200,00			R\$ 1.200,00						
Excesso de estoque						R\$ 3.700,00				
Falta de 3S e 5T	R\$ 1.200,00	R\$ 2.700,00								
Falta de um sistema de chamada de materiais										R\$ 4.400,00
Falta de mínimo manuseio de material										
Excesso de produção	R\$ 1.200,00	R\$ 2.700,00								
Nivelamento	R\$ 1.100,00	R\$ 7.700,00								
Distância do fornecedor/consumidor	R\$ 800,00	R\$ 600,00								
Fraqueza de processos				R\$ 1.200,00	R\$ 2.700,00					
Perda de negociação										R\$ 8.800,00
Perda da projeção de produção	R\$ 1.900,00									
Acuracidade de estoque	R\$ 1.200,00	R\$ 2.700,00								
Estratégia de compras	R\$ 6.200,00									

Fonte: elaboração própria.

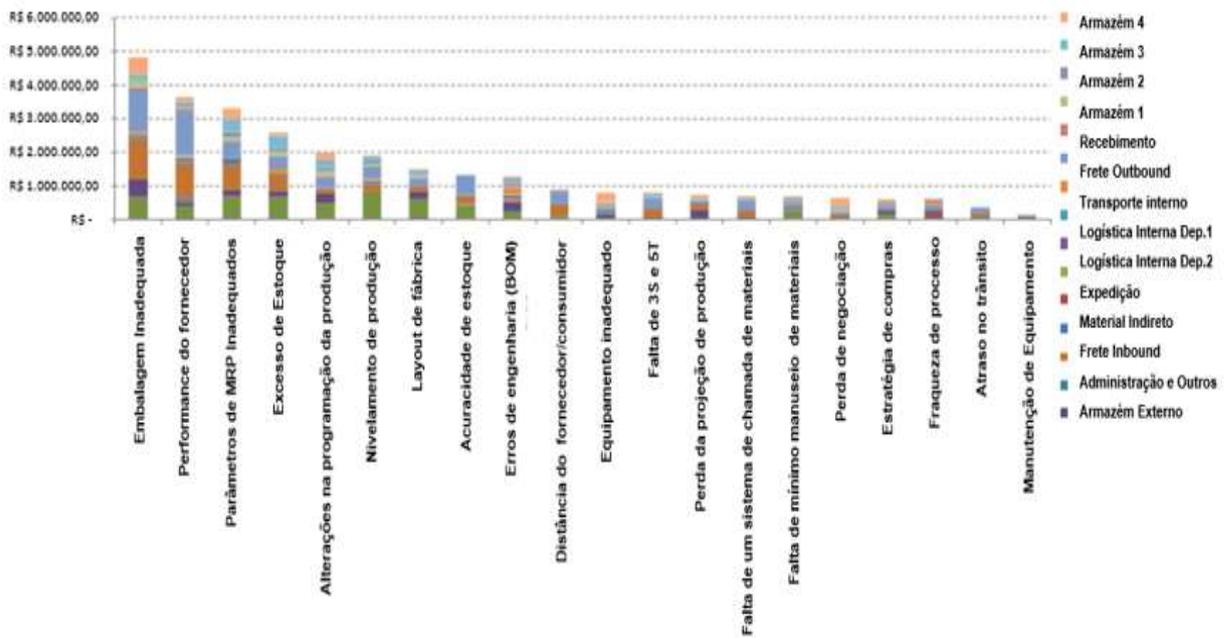
Em relação a matriz C, considerando que os resultados dessa matriz são provenientes da matriz B, a criação da pré-matriz B trata uma das preocupações de Gajdzik (2012), que assegura que o sucesso da matriz C está atrelado à reorganização dos dados da matriz B, agrupando as perdas resultantes por causas raiz e processos e, em seguida, na divisão dos valores por tipo de custo.

A proposta de melhoria para a matriz C que esse estudo propõe é a quantificação correta dos custos logísticos agrupados por processos e causa das perdas, especificamente através da criação de gráficos para demonstração e análise das perdas nas organizações conforme destacado por Faria, Vieira e Peretti (2012). Esses gráficos devem ser explorados com mais detalhes nos processos e perdas mais custosas.

A análise dos dados desse trabalho identificou que uma representação correta das perdas através de gráficos facilitaria a proposta de projetos na matriz D. De acordo com os dados obtidos, as formas mais comuns de demonstração das perdas são por processos, para avaliar as áreas das empresas com maiores custos, e por causas, para definir quais as perdas causais que mais impactam em custos. Assim, há a necessidade de detalhar melhor as perdas causais e processo mais custosos para ser possível compreender a causa raiz das perdas e trabalhar nos projetos de redução. A matriz C propicia esse detalhamento, bastando que as empresas demonstrem e trabalhem com as perdas da melhor maneira possível. Portanto, os gráficos possibilitam uma visualização mais rápida e assertiva do que realmente é importante, possibilitando inclusive identificar oportunidades de reduções de custos que podem ser trabalhadas em outras frentes que não somente através de projetos.

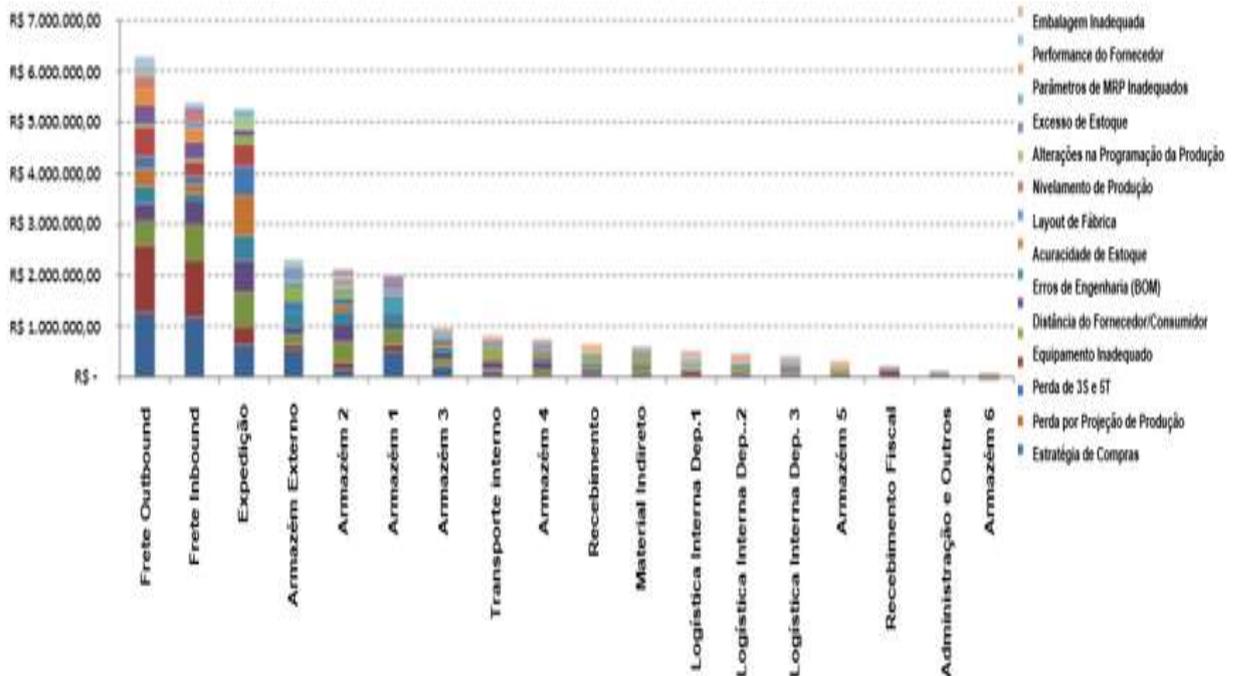
As figuras 32 e 33 representam dois exemplos de gráficos para apresentar as perdas. Conforme destacado na seção anterior, o detalhamento dessas perdas varia conforme a priorização desejada das empresas.

Figura 32 - Exemplo de gráfico das perdas causais logísticas



Fonte: elaboração própria

Figura 33 - Exemplo de gráfico dos processos logísticos



Fonte: elaboração própria

Por fim, na Matriz D a primeira proposta de melhoria é a criação de escalas para a análise ICF. A criação dessas escalas, segundo a maioria dos entrevistados, facilitaria muito o preenchimento dessa matriz porque ela fornece o preenchimento da matriz D e a elaboração de escalas para a análise ICF, a partir de valores de 1 a 5. A proposta de funcionamento dessas escalas pode ser visualizada na Figura 34. Ressalta-se que os valores das escalas foram obtidos na coleta de dados, com base nas experiências dos entrevistados com o CD nas empresas estudadas. Novamente esses valores podem ser adaptados a empresas com sistemas produtivos diferentes dos modelos analisados nesse estudo, mas o importante é ter uma escala para tornar a matriz mais efetiva em seu preenchimento e compreensão.

Figura 34 - Escalas para análise ICF na matriz D

Impacto	Escala (R\$)	Custo	Escala (R\$)	Facilidade	Escala (R\$)
5	> R\$150.000,00	1	> R\$150.000,00	1	Alta Complexidade
4	R\$100.000,00 - R\$149.999,99	2	R\$100.000,00 - R\$149.999,99	2	Complexo
3	R\$50.000,00 - R\$99.999,99	3	R\$50.000,00 - R\$99.999,99	3	Média Complexidade
2	R\$25.000,00 - R\$49.999,99	4	R\$25.000,00 - R\$49.999,99	4	Baixa Complexidade
1	0 - R\$24.999,99	5	0 - R\$24.999,99	5	Sem Complexidade

Fonte: elaboração própria

Além dessa melhoria, sugere-se a inclusão dos métodos utilizados para os projetos (projetos sistêmicos ou focados) e de ferramentas utilizadas para execução dos projetos, que nesse presente estudo estão focados em projetos de Logística mas que podem ser expandidos aos projetos de outros pilares. Essa melhoria aborda e pode vir a facilitar o ponto afirmado por Ramos (2016) em seu estudo, que menciona que fica a critério das empresas adotar ou não o uso de ferramentas e métodos já bem estabelecidos. Através dessa proposta de melhoria, o uso das ferramentas e métodos adequados para gerenciamento dos projetos é otimizado e melhor estruturado.

O intuito dessa proposta, que veio da sugestão da maioria dos entrevistados, é avaliar a aderência das ferramentas e métodos existentes na condução dos projetos conduzidos a partir da matriz D. A partir disso, torna-se possível propor o uso de novas ferramentas ou a avaliação do uso das ferramentas logísticas nesses projetos, identificando se elas estão sendo usadas corretamente. A Figura 35 exemplifica uma parte da matriz D de Logística com algumas das ferramentas e métodos encontrados na presente pesquisa, significando que elas são as mais

usuais nas empresas estudadas e podem ser adaptadas para outros sistemas produtivos. Todavia ressalta-se que, especificamente em relação às ferramentas, outras podem ser utilizadas. Já quanto aos métodos utilizados para os projetos, as empresas que utilizam WCM se limitam a dois principais tipos de projetos: os sistêmicos, que são projetos baseados nos sete passos do Pilar de Logística e devem criteriosamente seguir essas passos para execução dos projetos, e os focados, que são projetos que trabalham com melhorias em um determinado processo ou problema encontrado, sem a utilização dos sete passos. Esses projetos buscam reduzir uma perda específica.

Figura 35 - Exemplo de matriz D com as melhorias propostas

MATRIZ D																												
PERDAS						PILAR	MÉTODOS	FERRAMENTAS LOG				KPI	RECURSOS		ANALISE ICF													
#:	Perda principal	Categoria da perda	Tipo da perda	Descrição do problema e causa raiz	Áreas de trabalho	Processo	Valorização das perdas	Planta	Pilar Líder	Projeto sistêmico	Projeto focado	Design de Armazem	Desig do Layout	Sistemas de chamadas de materiais	JIT e Fluxo contínuo	Design de rotas internas	Nivelamento de produção	Metas	Comentários	número de pessoas envolvidas	horas totais de treinamento	Comentários	Impacto (1 a 5)	Custo (1 a 5)	Facilidade (1 a 5)	Pontuação ICF		

Fonte: elaboração própria

Embora não se tenha a pretensão que as melhorias apresentadas nas matrizes nesse capítulo sejam definitivas, entende-se que elas servem como um bom ponto de partida para as discussões sobre como melhorar a utilização do CD de Logística pelas empresas. Isso porque elas vêm de uma pesquisa com organizações que têm utilizado de forma frequente o WCM, e que conhecem bem as possibilidades de maximizar suas vantagens e minimizar suas dificuldades. O Quadro 10 apresenta um resumo das melhorias propostas nas matrizes apresentadas nesse capítulo.

Quadro 10 - Resumo das melhorias e ações propostas nas matrizes do CD

Matriz	Proposta de Melhoria
Matriz A	Criação de mais uma perda derivada da macro perda de gerenciamento de estoque
	Inserção de sub-perdas e ferramentas de análise de problemas na matriz
	Análise qualitativa da matriz com nomenclaturas
Matriz B	Criação de uma pré-matriz B para verificação da relação entre as variáveis
	Levantamento das principais causas de perdas logísticas nas empresas estudadas
Matriz C	Quantificação gráfica correta das perdas logísticas por processos e causas
Matriz D	Criação de escalas numéricas para análise ICF
	Inclusão dos métodos e ferramentas utilizadas nos projetos logísticos

Fonte: elaboração própria

6. CONCLUSÃO

Observa-se que cada vez mais as empresas buscam altos níveis de excelência para reduzir seus custos, uma vez que os preços geralmente são ditados pelo mercado, cabendo às organizações maximizarem seus lucros. Para atender a esses desafios, a manufatura é tida como principal fator de garantia da competitividade (GARCIA, 2015).

Entre as melhores práticas para redução de custos, é possível citar o WCM que, segundo Yamashina (2007a), é utilizado pelas empresas que reúnem os melhores processos e técnicas de manufatura do mundo. Para atingir esse estágio, essas empresas necessitam de um controle eficaz de custos e gerenciamento de projetos, e o CD, segundo Perassolli e Regattieri (2019), vem sendo usado com sucesso nos mais diversos setores e empresas para a eliminação de perdas na fábrica e na logística, gerando um crescimento consistente.

Porém, o CD conta com várias limitações e possibilidades de melhorias. Martins (2018), por exemplo, cita a análise subjetiva das perdas na Matriz A e a individualização das causas de origem das perdas na Matriz B, causando cálculos equivocados na Matriz C. Isso, segundo Faria, Vieira e Peretti (2012), é relacionado a uma distinção incorreta das perdas nas matrizes. Esse ponto é reforçado por Abisourour et al. (2019), que apontam a dificuldade de estimar perdas devido à abordagem padrão do controle orçamentário e ao sistema contábil atual, que não permite uma avaliação apropriada das perdas. Além disso, Braglia et al. (2019a) reforçam que o CD possui a limitação de não poder ser aplicado em empresas com contextos de ETO, já que essas organizações contam com atividades produtivas complexas e difíceis de serem mensuradas. Já Gusmão e Silva (2016) apontam que o CD leva em consideração somente questões de redução de custos, e não avalia o envolvimento dos funcionários, as características da empresa que facilitam ou dificultam a aplicação de uma determinada ferramenta ou método e as habilidades requeridas para utilização de uma ferramenta específica. Além dos pontos citados, diversos autores concordam que para melhorar a eficácia do CD e eliminar as perdas corretamente, é necessário que as empresas aprimorem a coleta de dados, visto que ela não se mostra efetiva (KODALI; SANGWAN; SUNNAPWAR, 2004, NACHIAPPAN; ANANTHARAMAN, 2006, BRAGLIA et al, 2019b, ABISOUROUR et al., 2019).

Nesse contexto, esse trabalho teve como principal objetivo propor melhorias nas matrizes de desdobramentos de custos logísticos utilizadas por empresas que trabalham com a metodologia WCM. Entende-se que esse propósito foi alcançado uma vez que foi possível identificar várias melhorias nas matrizes do CD de Logística.

Quanto aos resultados obtidos, o primeiro ponto a se destacar se relaciona com a análise das ferramentas de *Lean Manufacturing* nas empresas estudadas. A pesquisa identificou um uso comum dessas ferramentas entre as empresas, o que comprova que a origem do WCM se deu em função dos estudos de Manufatura Enxuta e que a principal diferença entre os dois conceitos é a utilização do desdobramento de custos (CD) para priorizar a redução das perdas no WCM.

Entrando nas variáveis logísticas utilizadas para elaboração do CD, constatou-se que todas as empresas trabalham com cinco variáveis de custo: mão de obra, área, equipamentos, estoque e transporte. De todo modo o trabalho identificou uma possibilidade de melhoria nesse ponto, especificamente na forma de detalhar essas variáveis, que podem ser melhor estruturadas com dados que não eram considerados anteriormente na análise do CD.

Outro ponto de destaque é que, apesar da importância da inserção de dados confiáveis no CD, as empresas analisadas ainda trabalham em sua maioria sem o auxílio de soluções de TI para mapeamento de seus custos. Isso dificulta a inserção de dados confiáveis no sistema, pois esses dados estão suscetíveis a erros humanos. De todo modo, o trabalho sugere padrões a serem seguidos no levantamento de informações para preenchimento das matrizes que podem auxiliar a minimizar os erros.

Passando efetivamente para as melhorias propostas nas matrizes, na matriz A foram propostas alterações importantes como a utilização de uma abordagem qualitativa para facilitar o entendimento e a identificação das principais perdas logísticas, a inserção de sub-perdas e a alteração na proposta para vinte e duas perdas logísticas, gerando assim um melhor gerenciamento de custos da macro perda de estoque.

Já a matriz B foi apontada como uma das matrizes mais complexas na elaboração do CD, e a principal melhoria sugerida nesse estudo é a criação de uma sistemática de correlação entre causa e efeito para permitir uma análise mais quantitativa dessa relação. Para isso, foi criada uma pré-matriz B que permite identificar todas as relações entre causas e efeitos através do preenchimento de quadrantes, gerando uma análise mais confiável e quantitativa.

A matriz C, por ser derivada da matriz B, não necessitava de grandes alterações. A principal proposta de melhoria feita está relacionada a forma de apresentação dos resultados, que sugeriu-se que seja feita de forma gráfica para que as empresas possam avaliar reduções de custos de outras frentes além da geração de projetos.

Por fim, na matriz D, a proposta de melhoria é a elaboração de escalas para a análise ICF, a partir de valores de 1 a 5 para as variáveis de impacto, custo e facilidade de implementação dos projetos e com grandezas financeiras e de complexidade de referência

definidas a partir dos dados coletados. O grande desafio dessa matriz é o de ser utilizada em sua totalidade, pois identificou-se que uma parcela muito pequena das empresas estudadas a utilizam como única forma de gerenciamento de projetos. Resta as empresas adaptar essa matriz a sua realidade de modo a torná-la menos complexa e de fácil uso no chão de fábrica.

Desse modo, entende-se que o trabalho demonstrou que o CD pode ser aplicado a qualquer empresa, e pode elevar muito os níveis de excelência e gestão de custos logísticos desde que seja implementado com eficácia e adequado às necessidades de cada organização. Assim, as empresas precisam entender qual a melhor forma de aplicar essa ferramenta com precisão de acordo com suas particularidades para atingir o máximo de retorno que ela pode proporcionar. Portanto, esse trabalho buscar exemplificar algumas propostas de melhorias nas matrizes do CD, mas é importante salientar que há outras formas e caminhos que podem ser seguidos pelas empresas na busca pela excelência produtiva.

Este trabalho pôde contribuir com a literatura existente e com as organizações de duas maneiras. Na primeira, divulgando um método de gestão de custos logísticos que é pouco conhecido e utilizado, visto que ele ainda é muito restrito a multinacionais e empresas de grande porte que atuam com a metodologia WCM. Nesse sentido, o estudo demonstrou os contextos de gestão de custos logísticos de grandes empresas com eficientes sistemas de melhoria e fabricação de produtos. Já a segunda contribuição para a academia e para a gestão empresarial está atrelada a melhorias propostas que podem facilitar a implementação dessas ferramentas nos mais diferentes tipos de sistemas produtivos.

Limitações da Pesquisa

Entende-se que a presente pesquisa possui algumas limitações, sendo possível destacar o fato de se tratar de um estudo em grandes empresas que trabalham com WCM e que tiveram a implementação da metodologia originada de um mesmo consultor que foi o criador desse sistema. Outro ponto está relacionado a pesquisa não ter sido conduzida em empresas com ambientes ETO, que possuem um complexo processo produtivo e não possuem métricas de produção bem delineadas.

Pesquisas Futuras

É possível identificar pontos que podem ser explorados em pesquisas futuras, como a análise completa das matrizes do CD, contemplando as matrizes de A à F para verificar suas

possíveis melhorias e limitações. Além disso, pode-se avaliar a implementação do CD em empresas de pequeno porte e com sistemas produtivos diferentes, voltadas a prestação de serviços, ou com diferentes modelos de produção, como usinas de cana de açúcar, petroquímicas, hidroelétricas, entre outras.

Recomenda-se também avaliar o uso do CD em empresas que se originaram em outros contextos de melhoria contínua e que não utilizam o WCM, para que possam identificar novas formas de enxergar os desperdícios e perdas fabris e sua respectiva inserção nas matrizes. Essas empresas possivelmente não vão possuir os vícios das ferramentas e pilares oriundos do WCM. Outra sugestão é incentivar a realização de mais estudos referentes ao CD, uma vez que a literatura nessa área ainda é escassa. Conforme demonstrado nesse trabalho, o CD tem sido aplicado sob diferentes linhas e enfoques. Sugere-se então estudos na linha dessa dissertação, que foca nas consequências positivas e negativas do uso do CD nas organizações.

Impactos para a Organização

Em relação aos impactos para as organizações estudadas, foi possível verificar que as melhorias sugeridas na presente pesquisa foram implementadas em sua maioria em todas as empresas. Além disso, esse estudo possibilitou a revisão e a padronização das matrizes nessas organizações, fazendo com que o CD seja adaptado e melhorado conforme as necessidades de cada sistema produtivo.

Impactos para a Sociedade

Tratando sobre os impactos para a sociedade, esse estudo fornece uma ferramenta de gestão de custos e priorização de projetos para outras empresas, que podem aplicar essas matrizes em diferentes sistemas produtivos e em diferentes áreas. Independentemente de seu porte ou da maturidade dos processos, a ferramenta consegue demonstrar, tanto para pequenas e médias empresas que não possuem processos estruturados quanto para grandes corporações com processos mais complexos, uma visão geral de seus custos logísticos. Assim, a proposta pode ser adaptada à realidade produtiva e pode determinar que qualquer empresa busque a melhoria contínua de seus processos através da redução de perdas logísticas.

Impactos para o Pesquisador

Por fim, considera-se que o estudo foi de grande valia para que o pesquisador pudesse expandir seus conhecimentos sobre a ferramenta, gerando uma visão geral das melhores práticas utilizadas pelas empresas estudadas. Além disso, a pesquisa gerou grande impacto ao demonstrar que essa ferramenta pode ser aplicada em qualquer modelo produtivo, possibilitando ao pesquisador a chance de elaborar novos estudos e transformar esse conhecimento em desenvolvimento de sua carreira profissional.

REFERÊNCIAS

ABISOUROUR, J.; HACHKAR, M.; MOUNIR, B.; FARCHI, A. Methodology for integrated management system improvement: combining costs deployment and value stream mapping, **International Journal of Production Research**, 2019.

ALONSO, L.; RUBIO, E. M.; DE AGUSTINA, B.; DOMINGO, R. Latest clean manufacturing trends applied to a world class manufacturing management for improving logistics and environmental performance. **Procedia Manufacturing**, 13, 1151-1158, 2017.

ALVES, A. C. **Projeto dinâmico de sistemas de produção orientados ao produto**. 373 p. Tese (Doutorado em Engenharia e Produção de Sistemas), Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Portugal, 2007.

ARSOVSKI, S.; DOKIC, I.; DOKIC-PESIC, S. Quality in world class manufacturing, **International Journal for Quality Research**, vol. 5, no. 4, pp. 309-316, 2011.

ARSOVSKI, S.; DOKIC, I.; DOKIC-PESIC, S. Quality in world class manufacturing. **6th International Quality Conference**, Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, 2012.

ATAN, Z.; AHMADI, T.; STEGEHUIS, C.; KOK, T.; ADAN, I. Assembly to order systems: a review. **European Journal of Production Research**, v.261, n.3, p.866-879, 2017.

ATKINSON, P. Lean is a cultural issue. **Management Services**, v. 54, n. 2, p. 35-41, 2010.

AVERINA, O.I.; KOLESNIK, N.F.; MAKAROVA, L.M. The Integration of the Accounting System for Implementing World Class Manufacturing (WCM) Principles. **European Research Studies**, Volume XIX, Special Issue 3, Part A, pp. 53-69, 2016.

AZADEH, A.; ELAHI, S.; FARAHANI, M. H.; NASIRIAN, B. A Genetic Algorithm-Taguchi Based Approach to Inventory Routing Problem of a Single Perishable Product with Transshipment. **Computers & Industrial Engineering** 104: 124–133, 2017.

AZEVEDO, B.M; ERDMANN, R. H.; TRIERWEILLER, A.C.; BENTO, V. F.; Análise do sistema de produção e dos fatores de competitividade em uma empresa do setor de mineração do sul do Brasil; **Rev. Adm. UFSM**, Santa Maria, v. 9, número 2, p. 228-247; 2016.

BALLOU, R. H. **Logística empresarial**: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 2001.

BARBOSA, M. F. N.; CÂNDIDO, G. A. Práticas ambientais e suas relações com a competitividade e a sustentabilidade: um estudo de caso em empresa agroindustrial. **Latin American Journal of Business Management**; 4(2), 58-80, 2013.

BARTH, K. B.; FORMOSO, C. T.; STERZI, M. P. Performance Measurement in Lean Production Systems: An Exploration on Requirements and Taxonomies In: **Proc. 27th Annual Conference of the International**. Dublin, Ireland, pp. 629-640, 2019.

BAUERMAN, N.; PINHEIRO E.; LORENZET, J. Aplicação da manutenção produtiva total (MTP) em equipamentos de associações de catadores no município de Chapecó/SC. **Tecnologia e Produção**. UNOCHAPECÓ, 2019.

BEEEMSTERBOER, B., LAND, M.; TEUNTER, R. Production planning: an explorative study. **European Journal of Production Research**, v.248, n.2, p.453-461, 2016.

BESTA, P.; JANOVSKA, K.; PROSICKY P.; HULA L.; Hourly Stability Analysis as the Key Parameter of Lean Manufacturing and Logistics, **International Scientific Journal about Logistics**, Vol.2, Issue: 4 Pages: 13-16, 2015.

BEVILACQUA, M., CIARAPICA, F.E.; DE SANCTIS, I. Lean Practices Implementation and Their Relationships with Operational Responsiveness and Company Performance: An Italian Study. **International Journal of Production Research** 55 (3): 769–794, 2017.

BHASIN, S. Measuring the leanness of an organization. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 2, n. 1, p. 55-74, 2011.

BHASIN, S. P. BURCHER. Lean viewed as a philosophy. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.17, n. 1/2, p. 56-73, 2006.

BLACK J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

BORGES, R. C.; ABREU, S. C. A.; VAZ, J. M. Estudo do SMED por meio da Metodologia World Class Manufacturing – WCM. **In: XVII Seminários em Administração**. 2014.

BORGES, R. C.; OLIVEIRA, E. H.; OLIVEIRA, A. S. Estudo da Implantação do Pilar Controle da Qualidade da Metodologia World Class Manufacturing (WCM) em uma Empresa do Setor Automotivo no Sul de Minas Gerais. **In: SIMPOI Anais**, 2013.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B.; BOWERSOX, J. C. **Gestão Logística da Cadeia de Suprimentos**. Porto Alegre: AMGH, 2014.

BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; GALLO, M.; MARRAZZINI, L. Lean manufacturing tool in engineer-to-order environment: Project cost deployment. **International Journal of Production Research**, Vol. 57, No. 6, 1825–1839, 2019a.

BRAGLIA, M.; CASTELLANO, D., GABBRIELLI, R.; MARRAZZINI, L. Energy Cost Deployment (ECD): A novel lean approach to tackling energy losses. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 246, 2019b.

BRANDÃO, A.S.; SANTANA, L.C. A otimização do processo de produção com a aplicabilidade da filosofia Just in time na empresa Solaris Equipamentos. **Cairu em Revista**, Ano 06, nº 09, p. 19-39, 2017.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento por diretrizes**. 5. ed. Minas Gerais: Falconi Editora, 2013

CARVALHO, M.F.H.; FERNANDES, C.A.O.; FERREIRA, P.A.V.; TAKAHASHI, M.T.; Assembly Production Planning By Network Flow Approach; **In: Symposium on Information Control in Manufacturing**, 1998.

CAUCHICK MIGUEL, P. A.; SOUSA, R. O método do Estudo de caso na Engenharia de Produção. In CAUCHICK MIGUEL, P. A. (Org.) **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012, cap.6, p.130-148.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHAKRAVORTY, S. S. An implementation model for lean programmes. **European Journal of Industrial Engineering**, v. 4, n. 2, p. 228-248, 2010.

CHAKRAVORTY, S. S. Prioritizing Improvement Projects: Benefit & Effort (B&E) Analysis. **Quality Management Journal**. 19 (1): 24 – 33, 2012.

CHAPLE, A.P.; NARKEDHE, B.E. Value Stream Mapping in a Discrete Manufacturing: A Case Study. **International Journal Supply Chain Management**, 6(1), 55-67, 2017

CHASE, R. B.; JACOBS, R. F.; AQUILANO, N. T.; **Administração da produção para a vantagem competitiva**. 10ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CHIARINI, A.; VAGNONI, E. World-class manufacturing by Fiat: Comparison with Toyota production system from a strategic management, management accounting, operations management and performance measurement dimension. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 2, p. 590-606, 2015.

CORTEZ, P. R. L.; BACHOUR, M. C.; PEREIRA, M. C.; DIAS, A. V. C.; BAGNO, R. B.; Análise das relações entre o processo de inovação na engenharia de produto e as ferramentas do WCM: estudo de caso em uma empresa do setor automobilístico. **In: XXX ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. São Paulo, 2010.

COSTA, J. C. **Gestão de estoques de materiais de baixíssimo giro considerando processos críticos para a organização**. 2009. 117 p. Dissertação em Logística (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

CROOM, S. **Topic issues and methodological concerns for operations management research**. Eden Doctoral Seminar on Research Methodology in Operations Management. Bruxelas, 2005.

CURY, A. **Organização e métodos: uma visão holística**. 7ª ed. rev. – São Paulo: Atlas, 2000.

CUSTÓDIO, M.A.; TOLEDO FILHO, J.R. A relevância da gestão de custos no contexto da logística empresarial: aspectos qualitativos. 2009. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_12/copiar.php?arquivo=Custodio_MA_A%20relevancia%20da%20ge.pdf>. Acesso em: 04 de jun. de 2018.

DE SANCTIS, I.; MERÉ, J.O.; CIARAPICA, F.E. Resilience for Lean Organizational Network. **International Journal of Production Research**, 2018.

DUARTE, E.M.; RAMALHO, F. A.; AUTRAN, M. M. M.; PAIVA, E. B., ARAÚJO, M. B.S.; **Estratégias Metodológicas adotadas nas pesquisas de indicação científica premiadas na UFPB**. Florianópolis, v. 14, n. 27, p.170-190, 2009.

DUDEK, M. The model for the calculation of the dispersed iron ore resource purchase cost in the World Class Manufacturing (WCM) logistics pillar context, University of Science and Technology, Krakow, Faculty of Management, Poland, **METALURGIJA** 53, 4, 567-570, 2014.

DUDEK, M. Organizing of Logistic Pillar in WCM Systems. **Cappathian Logistic Conference**, Cracow, Poland, Congress Proceedings, 391 – 396, 2013.

EISENHARDT, K.M. Building theories from case study research. **Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532–550, 1989.

EMBRACO. **Cost Deployment**. WCM Central Team, Joinville, Vol.1, 2011.

ERDMANN, R. H. **Administração da Produção: planejamento, programação e controle**. Florianópolis: Papa-livro, 2007.

FARIA, A. N., VIEIRA, V. S., PERETTI, C. Redução de custos sob a ótica da manufatura enxuta em empresa de autopeças. **Revista Gestão Industrial**, 8 (2), 186-208, 2012.

FELICE, F.; PETRILLO, A., Optimization of Manufacturing System through World Class Manufacturing, **IFAC PapersOnLine** 48-3, 741–746, 2015.

FELICE, F.; PETRILLO, A.; MONFREDA, S., Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry, **Chapter 1 - Operations Management**, 240 p., 2013.

FELICE, F.; PETRILLO, A.; SILVESTRI, A.; Multi-criteria risk analysis to improve safety in manufacturing systems. **International Journal of Production Research**; Vol. 50, No. 17, pp. 4806-4822, 2012.

FERREIRA, F. P. **Análise da implantação de sistema de manufatura enxuta em uma empresa de autopeças**. 2004. 178f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração – ECA, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.

FIAT GROUP. **Cost Deployment**. Cost Deployment Central Team, Betim, Vol.3, 2007.

FIAT GROUP. **Cost Deployment** – Book, 2010.

FLICK, U. **Introdução a metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes**. Porto Alegre: Penso, 2013.

FLORES, R. E.; FARACO, N. N. T.; BOND, D.; Proposta de metodologia para construção da ferramenta de análise de falhas no contexto do WCM (World Class Manufacturing). **In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, João Pessoa, Brasil, 2016.

FREITAS, I.S.; BARROS FILHO, L.C.; Diagnóstico da implantação da Metodologia de Gestão Estratégica World Class Manufacturing (WCM) nas indústrias de Pernambuco, **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, Volume 3, Número 1, 2016.

GAJDZIK, B. World Class Manufacturing in metallurgical enterprise. **Metalurgija**, v. 52, n. 1, p. 131-134, 2012.

GANGA, M. D. G. **Metodologia científica e trabalho de conclusão de curso (TCC)**. UFSCar, São Carlos, 2011.

GARCIA, S. **O WCM na redução de custos no setor logístico**, Instituto de Educação Tecnológica, Pós-graduação, 2015.

GARCIA, P.H. Uma reflexão sobre perdas e desperdícios. **Kaizen Institute**. 1º/8/2016. Disponível em: <<https://br.kaizen.com/blog/post/2016/08/01/uma-reflexao-sobre-perdas-e-desperdicios.html>>. Acesso em: 04 de jun. de 2018.

GARMDARE, H.S.; LOTFI, M.M.; HONARVAR, M. Integrated model for pricing, delivering time setting and scheduling in make to order environments. **Journal of Industrial Engineering International**, v.14, n.1, p.55-64, 2018.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª. ed. São Paulo: GEN/Atlas, 2017.

GIOVANDO, G.; CROVINI, C.; VENTURINI, S.; Cost Deployment Implementation: A Case Study. **10th Annual Conference of the EuroMed Academy of Business**, 2017

GODINHO, M. F.; FERNANDES, F. C. F. Manufatura Enxuta: Uma Revisão Que Classifica e Analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras; **Gestão e Produção**, v.11, n.1, p.1-19, 2004.

GODOY, L. P.; STEFANO, N. M.; BUENO, W. P.; GODOY, T. P.; WEGNER, R. S. O impacto do lean manufacturing como fator de melhoria no desempenho produtivo. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 13, nº 2, p. 69-88, 2018.

GONÇALVES, F.F; GUIMARÃES, I. A. D.; BAGNO, R.D.; Manufatura de classe mundial (WCM) como uma jornada de mudança organizacional: o caso de uma rede de fornecedores da indústria automobilística, **EMEPRO - X Encontro Mineiro de Engenharia de Produção**, 2014.

GONÇALVES, L.C.; NASCIMENTO, G. A.; DIAS, G. S.; PAIXÃO, G. S. Avaliação dos principais fatores que impactam à gestão e controle de estoque do segmento de produtos médicos. **Revista ENIAC Pesquisa**, V.8, n.2, 2019.

GRABENSTETTER, D.H.; USHER, J.M. Developing due dates in an engineer to order engineering environment. **International Journal of Production Research**, v.7543, n. march, p.1-13, 2018.

GRONOVICZ, M. A.; BITTENCOURT, M. I. P.; SILVA, S. B. G.; FREITAS, M. C. D.; BIZ, A.A; Lean Office: uma aplicação em escritórios de projetos. **Gestão e Conhecimento**, v.7, n.1, p. 48 – 74, 2013.

GUGLIELMINO, D. **Applicazione del pilastro tecnico WCM Logistics and Customer Service. Il caso CNH Industrial.** Tesi di Laurea Magistrale, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale, Politecnico di Torino, 2018.

GUSMÃO, A.P.H.; SILVA, W. Proposta de modelo para apoio a decisões no sistema WCM usando o método Fitradeoff, **Anais do XLVIII SBPO Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional Vitória**, 2016.

HAYES, R.H.; WHEELWRIGHT, S.C. **Restoring our competitive edge-competing through manufacturing.** USA: Jhon Wiley & Sons Inc., 1984.

HARRINGTON, J.; **Aperfeiçoando processos empresariais** (1a Ed.). Makron Books , São Paulo, 1993.

HINES, P.; HOLWE, M.; RICH, N. Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 24, n. 10, p. 994-1011, 2004.

HOEG, P.C.H.; KNUTSEN, D. H. **Selection of Improvement Projects.** Project Report. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 2015.

HOEG, P.C.H.; KNUTSEN, D.H. **Roadmap for Manufacturing Cost Deployment.** NTNU, Trondheim. Copycat, 2016.

HOWELL, V. W. Value stream mapping. Value stream mapping is useful visualization tool for improving manufacturing processes. **Engineering Project Portfolio Manager, Corning, Inc.**, v. 163, n. 8 p. 24-26, 2013.

JABBOUR, A. B. L. S.; TEIXEIRA, A. A.; FREITAS, W. R. S.; JABBOUR, C. J.C. Análise da relação entre manufatura enxuta e desempenho operacional de empresas do setor automotivo no Brasil. **Revista Administração**, v. 48, n. 1, p.843-856, 2013.

JACSON, R.H.F; JONES A.W.T.: “An Architecture for Decision Making in the Factory of the Future”, **Interfaces** 17, n.6, pp.15-28, 1987.

JASTI, N. K. V.; SHARMA, A. Lean manufacturing implementation using value stream mapping as a tool: a case study from auto components industry. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 1, p. 89-116, 2014.

JAZAYERI, M.; HOPPER, T., Management accounting within world class manufacturing. **Management Accounting Research** 10 (3), 263–302, 1999.

JONES, D. **Enxergando o todo, mapeando o fluxo de valor estendido.** SP - Brasil: Lean Institute Brasil, 2004.

KODALI, R. B.; SANGWAN, K. S.; SUNNAPWAR, V. K. Performance Value Analysis for the Justification of World-Class Manufacturing Systems. **Journal of Advanced Manufacturing Systems** 3 (1): 85–102, 2004.

LAKATOS, E. M., MARCONI, M. de A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. Editora Atlas, 8ª edição. 368p. 2017.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Lean Enterprise Institute**. 2014. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/>>. Acesso em: 04 de jun. de 2018.

LETH, S.; LERCHE, J.; NEVE, H. H.; WANDAHL, S. Lessons for Construction: Delivering Mega Project on Time Through Culture and Hoshin Kanri. **27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)**, Dublin, Ireland, p. 1011–1022, 2019

LIKER, J., K; MEIER, D. **O modelo Toyota: Manual de Aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LOPES, A. O.; SIEDENBERG, D.; PASQUALINI, F. **Gestão da produção**. Ijuí: Ed. Unijuí, 100 p., 2010.

MACHADO JÚNIOR, W.A.; RODRIGUES, M.J.S.; SOUZA, P.A.M.; NOGUEIRA, R.F.G. Controle de estoque: gestão de processos utilizando a ferramenta Kanban com o suporte da metodologia ágil Scrum. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 1, 2019.

MACHADO, M. M. Lean Manufacturing ou World Class Manufacturing? Você sabe a diferença? LinkedIn, 2018.

MARIZ, R. N.; PICCHI, F. A. Método para aplicação do trabalho padronizado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 7-27, 2013.

MARODIN, G.; ECKERT, C. P.; SAURIN, T.A. Avançando na implantação da logística lean: dificuldades e resultados avançados no caso de uma empresa montadora de veículos; **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v.12, n. 2, p. 455-479, 2012.

MARODIN, G. A.; SAURIN, T. A. Implementing lean production systems: research areas and opportunities for future studies. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 22, p. 6663-6680, 2013.

MARTINS, Consultoria e Treinamentos Metodológicos. WCM – World Class Manufacturing (Produção de Classe Mundial). 2011? Disponível em: <<http://www.leanwcm.com.br/wcm.html>>. Acesso em: 4 de jun. de 2018.

MARTINS, R. A.; SACOMANO, J. B.; Integração, Flexibilidade e Qualidade: os caminhos para um novo paradigma produtivo; **Gestão & Produção**, v. 1, n. 2, p. 153-170, 1994.

MARTINS, T. WCM – Desdobramento de Custos; LinkedIn, 2018.

MEIRELES, M. **Teorias da administração**: clássicas e modernas. São Paulo: Futura, 2003.

MIDOR, K. World Class Manufacturing – Characteristics and implementation in an automotive enterprise. **Scientific Journals**, 32(104), 42–47, 2012.

MIGUEL, P. A. C.; SOUSA, R. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MONDÊGO, J. L. **Custos Logísticos: Instrumento de Melhoria**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Rio de Janeiro: UFRJ/ COPPE, 88 p., 2017.

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

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

MURINO, T. A World class manufacturing implementation model Applied Mathematics in Electrical and Computer Engineering. **Applied Mathematics in Electrical and Computer Engineering Journal**, Italy, 2012.

MUSETTI, T. F.; ESCRIVÃO FILHO, E. Monitoramento do ambiente organizacional em pequenas empresas: estudo de casos nos setores metal-mecânico e base tecnológica da região central do estado de São Paulo. **GEPROS. Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 11, n. 2, p. 139-154, 2016.

NACHIAPPAN, R. M.; ANANTHARAMAN, N. Performance Measurement of World Class Manufacturing System: An Overview. **The ICFAI Journal of Operations Management**, 21 (6): 29–53, 2006

NETLAND, H.T. Manufacturing Cost Deployment: how to select the right projects. **Better Operations**, 2016

NETLAND, H. T.; ASPELUND, A. Company-specific production systems and competitive advantage. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 33, n. 11/12 p. 1511-153, 2013.

NEUMANN, C. **Gestão de sistemas de produção e operações: produtividade, lucratividade e competitividade**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2013.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OLIVEIRA, P.S.; SILVA, L.F.; SILVA, D.D.; TECILLA, M.C.; SILVA, R.C. World Class Manufacturing Operations Management: Scale Development and LHEMI Model Proposition, **International Journal of Innovation and Technology Management**, 2018

ORTIZ, C. A. **Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line**. New York: CRC Press, 2006.

PALUCHA, K. World Class Manufacturing model in production management. **Archives of Materials Science and Engineering**, v. 58, n. 2, p. 227-234, 2012.

PARDO, P. **Custos logísticos**. Centro Universitário de Maringá. Núcleo de Educação a Distância. Maringá, 2011.

PARRA FILHO, D.; SANTOS, J. A. **Metodologia Científica**. Cengage Learning, 2011.

PARREIRAS, P. A.; GUIMARÃES, E. H. R.; NEVES, J. T. R.; JEUNON, E. E. Inovação em processos e gestão da qualidade: análise da implantação da metodologia de WCM na Case New Holland, **IPTEC – Revista Inovação, Projetos e Tecnologias**, 2014.

PERASSOLLI, C. N.; REGATTIERI, C. R. Manufatura de Classe Mundial (WCM). **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 680-691, 30 jun. 2019.

PEREIRA, C.L.; RANGEL, L.M.S.; COSTA, J. F.; Aplicação do pilar segurança do World Class Manufacturing: estudo de caso em uma empresa do ramo automobilístico, **X EEPA, X Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial**, 2016.

PIATT, J. Cost Deployment: 7 Steps to Better Process Understanding and World Class Manufacturing, **Industry Week**; Cleveland, 2014.

PIRES, S.R.I. **Gestão da cadeia de suprimentos**: conceitos, estratégias, práticas e casos. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2016.

POHL, K.; BERGQVIST, J. **Bluetooth based andon system**: a case study at Nock Massiva Trähus, Bachelor's Thesis in the Bachelor's Programme Industrial management and production engineering, Chalmers University of Technology, 2019.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico / Cleber Cristiano Prodanov, Ernani Cesar de Freitas. – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAMOS, P.S. **World Class Manufacturing: Pilar Cost Deployment**. Como e o que implementar. Universidade de Aveiro. Departamento de gestão, economia, engenharia industrial e turismo, 2016.

REGATTIERI, R. A.; REGATTIERI, C. R. Identificação da Percepção dos Conceitos da Manufatura de Classe Mundial (WCM) para Implantação com Foco na Manufatura. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 1, p. 422-433, 2018.

RESENDE, P.T.V.; SOUSA, R.S.; CESAR, R.V.; QUINTÃO, A.; FONSECA, F.; FRANCESCHINI, L. Custos Logísticos no Brasil, Fundação Dom Cabral, Núcleo de Logística, **Supply Chain e Infraestrutura**, 2017.

RESTA, B.; DOTTI, S.; GAIARDELLI, P.; BOFFELLI, A., Lean Manufacturing and Sustainability: An Integrated View, in: Nääs I. et al. (Eds.), *Adv. Prod. Manag. Syst. Initiat. a Sustain. World*. **APMS 2016**. Springer, Iguassu, pp. 659–666, 2016.

RICHARDSON, R. J. et al. **Pesquisa Social**. 3ª ed. Revista e Ampliada. São Paulo: Atlas, 2012.

RINEHART J.; HUXLEY C.; ROBERTSON D. **Just Another Car Factory?** Lean Production and Its Discontents. IRL Press, 1997.

ROMAN, D. **Estudo sobre os fatores de competitividade organizacional e seu impacto nas condições operacionais**. 2011. 175 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-graduação em Administração, Centro Socioeconômico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

RUSSOMANO, V. H. **Planejamento e controle da produção**. 6^a. ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

SCHEIN, E. H. **Organizational culture and leadership**. San Francisco, CA: Jossey Bass, 2010.

SCHONBERGER, R.J. **World class manufacturing: the lessons of simplicity applied**, New York: Free Press, 205 p., 1986.

SHAH, R.; WARD, P. T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 4, p. 785-805, 2007.

SILVA, W.H.; BUENO, B.L.S. Aplicação de ferramentas para redução de gargalos em manutenção na linha de produção, **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 6, p. 7328-7341, 2019.

SILVA, L. C. S.; KOVALESKI, J. L.; GAIA, S.; GARCIA, M.; ANDRADE JÚNIOR, P. P.; Cost Deployment Tool for Technological Innovation of World Class Manufacturing. **Journal of Transportation Technologies**, n. 3, p. 17-23, 2013.

SIM, K. L.; ROGERS, J. W. Implementing lean production systems: barriers to change. **Management Research News**, v. 32, n. 1, p. 37-49, 2009.

SLACK, N.; JONES, A.B.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 8^a ed. São Paulo: Compacta, 2018.

STONE, K. B. Four decades of lean: a systematic literature review. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 2, p. 112-132, 2012.

TODOROVIC, P.M.; DUSAN, R.; GORDIC, M. J.; BABIC, B. M.; JEREMIC, M. D.; MACUZIC, I. D. An Implementation of Infrared Thermography in Maintenance Plans Within a World Class Manufacturing Strategy. **Thermal Science** 17 (4): 977–87, 2013.

TOMIOKA, A. M.; LEITE, J.S.; NEVES, J.M.S.; SILVA, M.L.P. Aplicação da Filosofia Lean na Indústria Brasileira: Uma Revisão da Literatura. II SENGI. **Simpósio de Engenharia, Gestão e Inovação**, 2019.

TRAINOTTI, M. S. **Aplicação da Metodologia 5S, visando a Melhoria do Processo Organizacional em uma Fundação de Direito Privado: um estudo de caso**. 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - Departamento de Engenharia de Fabricação. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 2008.

TUBINO, D. F.; **Manual de planejamento controle da produção**. 2ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

TUBINO, D. F. **Manufatura enxuta como estratégia de produção**: a chave para a produtividade industrial. São Paulo: Atlas, 2015.

TURRIONI, J.B.; MELLO, C.H.P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas. Itajubá: UNIFEI, 2012.

VALIM, H. **Organização, Sistemas e Métodos - OSM**. Rio de Janeiro: Unilasalle; 2009.

VAZ, C. R.; FAGUNDES, A. B.; OLIVEIRA, I. L.; SELIG, P. M. Conceitos e metodologias para um mundo sustentável: uma reflexão da PL, P+L e produção enxuta. **GEPROS. Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 6, n. 1, p. 83-99. 2011.

VENANZI, D.; HASEGAWA, H. L.; SILVA, O. R. Aplicações da manufatura enxuta: estudo de múltiplos casos. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 13, nº 1, p. 69-88, 2018.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operation e Production Management**, v.22, n.2, p. 195-219, 2002.

ZACARELLI, S. B. **Programação e Controle da Produção**. 8. ed. São Paulo: Pioneira, 1987.

WAN, H. D.; CHEN, F. F. A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 23, p. 6567-6584, 2008.

WERKEMA, M. C. C. **Lean Seis Sigma**: Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing. 1ª ed. Belo Horizonte: Werkema, 2006.

WIKNER, J.; RUDBERG, M. Integrating production and engineering perspectives on the customer order decoupling point. **International Journal of Operations & Production Management**, 25(7), 623–641, 2005

WIREMAN, T. **World class maintenance management**. New York City, NY: Industrial Press Inc., 1990.

WOMACK, J. 2013. **Caminhadas pelo Gemba**: Gemba Walks. São Paulo: Lean Institute Brasil.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking**: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. New York, USA: Simon & Schuster, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 7a. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WONG, M. The role of culture in implementing lean production system. **IFIP International Federation for Information Processing**. Boston: Springer, v. 246, n. 1, p. 413-422, 2007.

WONG, Y. C.; WONG, K. Y.; ALI, A. A study on lean manufacturing implementation in the Malaysian electrical and electronics industry. **European Journal of Scientific Research**, v. 38, n. 4, p. 521-535, 2009.

YAMASHINA, H. Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Volume 1, Issue 1, Pages 27-38, 1995.

YAMASHINA, H. **Logistics and Customer Service**, Apostila Técnica dos Pilares WCM, FIAT, 1998.

YAMASHINA H. Manufacturing Cost Deployment, **Journal of the Japan Society for Precision Engineering**, Vol. 65, n. 2, p.260-266, 1999.

YAMASHINA, H. **Guia dos Pilares Técnicos FIASA**. Belo Horizonte, 2006.

YAMASHINA, H. Challenge to world class manufacturing. **International Journal of Quality of Reliability Management**, Kyoto, 12(34), 30-31, 2007a.

YAMASHINA, H. **Logistics and Customer Service**. Kyoto University, Vol.1, P.211, Kyoto, 2007b.

YAMASHINA, H.; KUBO, T. Manufacturing cost deployment. **International Journal of Production Research**, 40(16), 4077-4091, 2002.

YAMASHINA, H. **WCM Introduction**. Whirlpool Corporation, 2016.

YAMASHINA, H. **Audit Criteria: World Class Manufacturing**. Kyoto University, 2018

YIDA, P. **9º Simpósio Sae Brasil de Manufatura de Classe Mundial**: em busca das melhores práticas. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/CaioSantiago3/introduo-ao-world-class-manufacturing>>. Acesso em 15 outubro, 2018.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

APÊNDICE A - Roteiro de entrevista

Informações Gerais

Função: _____

Tempo no Cargo: _____

Grau de Instrução: _____

Roteiro de entrevista para identificação de melhorias na matriz de desdobramentos de custos logísticos

- 1) Qual a classificação do sistema produtivo da sua empresa (MTS, MTO, ATO, ETO ou outra)? Como você acha que o sistema produtivo adotado pela empresa pode impactar nos resultados das matrizes do CD?
- 2) Quais as ferramentas do *Lean Manufacturing* que você utiliza e acha importante para implementação da ferramenta de CD nas empresas?
- 3) Quais as diferenças que você enxerga entre a metodologia WCM e o *Lean Manufacturing*?
- 4) Quais os pilares gerenciais e técnicos que estão implantados ou serão implantados na sua empresa? Além do CD de Fábrica e de Logística, você utiliza algum outro CD específico em algum pilar?
- 5) Como sua empresa trabalha com os sete passos do pilar de Logística? Quais são os impactos desses passos na elaboração do CD de Logística? Qual sua opinião sobre a sistemática proposta para avaliação desse pilar (pontuação)? Qual a pontuação de sua planta em Logística?
- 6) Na sua opinião, quais as principais diferenças entre as matrizes do CD de Fábrica e de Logística?

- 7) Quais as variáveis de custo do CD de Logística (Mão de obra, transporte, área, equipamentos e estoque) você utiliza? Por quais razões você acha que as variáveis utilizadas pela sua empresa são adequadas para a análise logística e complexidade da sua empresa? Quais outras variáveis você utiliza ou acha importante utilizar mesmo que não faça o uso delas?
- 8) Quais *softwares* ou *hardwares* a empresa utiliza para contribuir com a entrada dos dados nas matrizes? Em sua opinião, qual a importância do uso de ferramentas tecnológicas para os resultados das matrizes?
- 9) A matriz A de Logística é relacionada às 21 perdas logísticas conforme estrutura proposta por Yamashina. Você aplica esse modelo ou possui um modelo diferente? Qual sua opinião sobre a estrutura original da matriz proposta por Yamashina?
- 10) Considerando os custos logísticos padrão, otimizado e ideal para a construção da matriz A, qual a importância da utilização dessas definições? Quais melhorias poderiam ser aplicadas nesse ponto?
- 11) Como você relaciona as perdas causais e resultantes na matriz B? Acha essa maneira de correlação correta e adequada entre as perdas? Por qual razão?
- 12) De que forma em sua empresa os projetos da matriz C são utilizados para guiar os projetos de redução de custo da área?
- 13) Como a matriz D é utilizada na sua empresa? Existe algum controle paralelo a essa matriz? Em caso positivo, qual a razão e como ele funciona?
- 14) Sobre o levantamento dos processos e das variáveis de custo para elaboração das matrizes, como ele é realizado na sua empresa?
- 15) Você considera o conceito das matrizes A, B, C e D aplicável a qualquer empresa? Quais as melhorias ou adaptações você poderia sugerir nessas matrizes? Quais limitações você consegue visualizar nessas matrizes e como elas poderiam ser suplantadas?