

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GUSTAVO CORREA DE CASTRO

**ESTRUTURA CONCEITUAL PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS *LEAN* EM
AMBIENTES *ENGINEER-TO-ORDER*: DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE
UM *FRAMEWORK***

PATO BRANCO

2025

GUSTAVO CORREA DE CASTRO

**ESTRUTURA CONCEITUAL PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS *LEAN* EM
AMBIENTES *ENGINEER-TO-ORDER*: DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE
UM *FRAMEWORK***

**Conceptual Framework for Implementing Lean Practices in Engineer-to-Order
Environments: Development and Evaluation of a Framework**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Engenharia de
Produção e Sistemas da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Prof Dr. Marcelo Gonçalves Trentin.

PATO BRANCO

2025



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco**



GUSTAVO CORREA DE CASTRO

**ESTRUTURA CONCEITUAL PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS LEAN EM AMBIENTES ENGINEER-
TO-ORDER: DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM FRAMEWORK**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Engenharia De Produção E Sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Gestão Dos Sistemas Produtivos.

Data de aprovação: 26 de Novembro de 2024

Dr. Marcelo Goncalves Trentin, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Dalmarino Setti, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Sergio Luiz Braga Franca, Doutorado - Universidade Federal Fluminense (Uff)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 28/11/2024.

Dedico este trabalho à minha família, pelos
momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin, pela sabedoria, paciência e dedicação com que me guiou ao longo desta trajetória de estudo. Suas orientações e seu incentivo constante foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também à Secretaria do Curso, pela colaboração eficiente e sempre disponível, que facilitou meu caminho em diversas etapas deste processo. Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná no Campus Pato Branco, expresse minha gratidão pelos conhecimentos valiosos que me foram transmitidos, e que certamente contribuirão para meu crescimento profissional e acadêmico. Aos colegas de programa, meu agradecimento pela troca de experiências e pelo apoio mútuo que tornaram essa jornada mais rica.

Não poderia deixar de registrar meu reconhecimento profundo à minha família. O apoio incondicional, o carinho e a compreensão foram essenciais para que eu pudesse superar os desafios e perseverar nesta caminhada. A vocês, minha eterna gratidão.

Por fim, meu sincero agradecimento a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa, seja com palavras de encorajamento, conselhos, ou apoio nas horas em que mais precisei. A colaboração de cada um de vocês foi indispensável para que este trabalho se tornasse realidade.

RESUMO

Esta pesquisa apresenta o desenvolvimento de um *Framework* conceitual para a implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação com processos *engineer-to-order* (ETO), essas empresas enfrentam problemas como: longos prazos de entrega, pressão por redução de custos e a necessidade de coordenação de múltiplas atividades produtivas. O foco nesta pesquisa está na fabricação, pois foi a fase onde a maioria dos desperdícios e ineficiências operacionais se manifesta de maneira mais evidente. Em ambientes de fabricação ETO, onde os produtos são altamente personalizados e os processos são não repetitivos, os desperdícios ocorrem frequentemente devido à falta de sincronicidade nas fases de Engenharia, fabricação e instalação do produto. A identificação e categorização dos desperdícios são cruciais para a implementação bem-sucedida das práticas *lean*. Assim, o objetivo geral desta dissertação foi elaborar um *framework* conceitual para a implementação de práticas *lean* adaptado às particularidades de fabricação do ambiente ETO. A pesquisa foi embasada por uma revisão sistemática da literatura, focando nos conceitos de *Lean Manufacturing* e suas aplicações em ambientes de fabricação ETO. A metodologia desta pesquisa envolveu inicialmente uma revisão sistemática da literatura em bases de dados como *Science Direct* e *Web of Science*, abrangendo o período de 2012 a 2024, além de buscas adicionais através do *Google Acadêmico*. Posteriormente, a metodologia foi estruturada com base em uma hierarquia de: Fases, Etapas e Passos (representados por FTs). Para análise, foram conduzidos estudos de caso em duas empresas ETO, utilizando questionários aplicados a Especialistas para avaliar a importância e os benefícios das FTs nas diferentes Fases do *framework*. A análise dos dados incluiu a distribuição percentual das respostas e uma comparação entre as Empresas, considerando suas particularidades culturais e operacionais. A análise dos dados coletados permitiu a construção iterativa do *framework* proposto. Esta pesquisa reforça a importância de adaptar princípios *lean* às especificidades de fabricação em empresas com processos ETO, considerando suas particularidades e limitações. Por fim, esta pesquisa contribuiu para o avanço do conhecimento sobre a aplicação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO, oferecendo um *framework* conceitual que pode ser utilizado como guia para empresas que buscam melhorar sua eficiência e competitividade na fabricação de seus produtos.

Palavras-chave: Engineer-to-Order, ETO, Lean, Ferramentas Lean, Perdas, Implementação, Práticas Lean.

ABSTRACT

This research presents the development of a conceptual framework for the implementation of lean practices in manufacturing environments with engineer-to-order (ETO) processes, where these companies face problems such as: long delivery times, pressure to reduce costs and the need to coordinate multiple production activities. The focus of this research is on manufacturing, since it is the phase where most waste and operational inefficiencies manifest themselves most clearly. In ETO manufacturing environments, where products are highly customized and processes are non-repetitive, waste often occurs due to the lack of synchronicity in the engineering, manufacturing and installation phases of the product. The identification and categorization of waste are crucial for the successful implementation of lean practices. Thus, the general objective of this dissertation was to develop a conceptual framework for the implementation of lean practices adapted to the manufacturing particularities of the ETO environment. The research was based on a systematic review of the literature, focusing on the concepts of Lean Manufacturing and their applications in ETO manufacturing environments. The methodology of this research initially involved a systematic review of the literature in databases such as Science Direct and Web of Science, covering the period from 2012 to 2024, in addition to additional searches through Google Scholar. Subsequently, the methodology was structured based on a hierarchy of: Phases, Stages and steps (represented by FTs). For analysis, case studies were conducted in two ETO companies, using questionnaires applied to Experts to assess the importance and benefits of FTs in the different Phases of the framework. Data analysis included the percentage distribution of responses and a comparison between companies, considering their cultural and operational particularities. The analysis of the collected data allowed the iterative construction of the proposed framework. This research reinforces the importance of adapting lean principles to the manufacturing specificities in companies with ETO processes, considering their particularities and limitations. Finally, this research contributed to the advancement of knowledge about the application of lean practices in ETO manufacturing environments, offering a conceptual framework that can be used as a guide for companies seeking to improve their efficiency and competitiveness in the manufacture of their products.

Keywords: Engineer-to-Order; ETO; Lean; Lean tools; Wastes, Implementation, Lean Practices.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – <i>Framework</i> do estudo de Seth.	39
Figura 2 – Modelo de Mojarro: planejamento com hipóteses.	41
Figura 3 – Mudanças de Engenharia por ano em comparação com projetos concluídos.	44
Figura 4 – Metodologia da pesquisa de construção do <i>Framework</i> proposto.	47
Figura 5 – Processo inicial da metodologia da pesquisa de construção do <i>Framework</i> proposto.....	49
Figura 6 – Estágios da revisão sistemática de literatura.	50
Figura 7 – Critérios de inclusão da pesquisa.	52
Figura 8 – Critérios de exclusão da pesquisa.....	53
Figura 9 – Diagrama da estratégia de procedimento para o <i>Framework</i>	54
Figura 10 – Fases para construção do <i>Framework</i> conceitual proposto.....	55
Figura 11 – Diagrama de fluxo metodológico para atender o segundo “P” de participação.	57
Figura 12 – Diagrama de fluxo metodológico da estratégia de gestão de projeto.	58
Figura 13 – Diagrama de fluxo metodológico de pesquisas futuras e melhorias.	60
Figura 14 – Diagrama de fluxo metodológico para atender o quarto “P”: ponto de entrada.	61
Figura 15 – Processo de exclusão dos trabalhos.	63
Figura 16 – Sequência descrita adotada para organizar o conteúdo resultante da aplicação do questionário.	77
Figura 17 – Porcentagem entre as Fases de acordo com os correspondentes da Empresa A para questão de “importância”.	84
Figura 18 – Porcentagem entre as Fases de acordo com os correspondentes da Empresa B para questão de “importância”.	85
Figura 19 – Porcentagem entre as Fases de acordo com os correspondentes da Empresa A para questão de “benefício”.	87
Figura 20 – Porcentagem entre as Fases de acordo com os correspondentes da Empresa B para questão de “benefício”.	88
Figura 21 – <i>Framework</i> preliminar para análise dos Especialistas.	92
Figura 22 – <i>Framework</i> preliminar de acordo do Especialista 1.	95
Figura 23 – <i>Framework</i> preliminar de acordo do Especialista 2.	98
Figura 24 – <i>Framework</i> para implementação de práticas <i>lean</i> em ambientes de fabricação ETO.	100
Figura 25 – Representação da hierarquia de Fases, Etapas e FTs para a implementação de práticas <i>lean</i> em ambientes de fabricação ETO.	104
Figura 26 – Ponto de entrada para implementação do <i>Framework</i>	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características desejáveis da abordagem por processos.....	34
Quadro 2 – Escala de valores <i>likert</i> desenvolvido pelos autores.....	42
Quadro 3 – Palavras-chave usadas como busca nas bases.	52
Quadro 4 – Portfólio bibliográfico.	63
Quadro 5 – Etapas para construção do <i>Framework</i> conceitual proposto.....	71
Quadro 6 – FTs para construção do <i>Framework</i> conceitual proposto para Fase 1.	71
Quadro 7 – FTs para construção do <i>Framework</i> conceitual proposto para Fase 2.	73
Quadro 8 – FTs para construção do <i>Framework</i> conceitual proposto para Fase 3.	74
Quadro 9 – FTs para construção do <i>Framework</i> conceitual proposto para Fase 4.	75
Quadro 10 – Necessidades de programas de treinamento identificadas como uma oportunidade de melhoria.	81
Quadro 11 – Importância do apoio da alta administração como uma oportunidade de melhoria.	82
Quadro 12 – Criação de um plano de ação estruturado como uma oportunidade de melhoria.	83
Quadro 13 – <i>Ranking</i> médio para questão de “importância” relacionados a concordância dos correspondentes.....	83
Quadro 14 – <i>Ranking</i> médio para questão de “benefício” relacionados a concordância dos correspondentes.....	86
Quadro 15 – FTs menos valorizadas pelos correspondentes.	89
Quadro 16 – Implicações práticas ao <i>design</i> conceitual.	91
Quadro 17 – Análise do Especialista 1.....	94
Quadro 18 – Recomendações do Especialista 2.	96
Quadro 19 - Análise do Especialista 2.....	97
Quadro 20 – Integração das avaliações dos Especialistas 1 e 2.	99
Quadro 21 – Nova sequência numérica das Etapas e FTs do <i>Framework</i> proposto.....	101
Quadro 22 – Descrições das FTs para otimizar aplicação do <i>Framework</i> proposto.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ETO	<i>Engineer-to-order</i> (“Engenharia sob demanda”)
TPS	<i>Toyota-Production-System</i> (“Sistema <i>Toyota</i> de produção”)
JIT	<i>Just-in-time</i> (“Na hora certa”)
VSM	<i>Value Stream Mapping</i> (“Mapeamento de fluxo de valor”)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (“Projeto auxiliado por computador”)
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> (“Planejamento de recursos empresariais”)
PCP	Planejamento e Controle da Produção
DT	<i>Digital Twins</i> (“Gêmeos digitais”)
VM	<i>Visual Management</i> (“Gestão visual”)
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (“Eficiência global dos equipamentos”)
CPS	<i>Cyber-Physical Systems</i> (“Sistemas ciberfísicos”)
BDA	<i>Big Data Analytics</i> (“Análise de <i>Big Data</i> ”)
IA	<i>Artificial Intelligence</i> (“Inteligência artificial”)
CMg	<i>Cloud Manufacturing</i> (“Manufatura em nuvem”)
BC	<i>Blockchain</i> (“Cadeia de blocos”)
IoT	<i>Internet of Things</i> (“Internet das coisas”)
OKP	<i>One-of-a-Kind Production</i> (“Produção de itens único”)
LCM	<i>Lean Construction Management</i> (“Gestão <i>lean</i> da construção”)
CONWIP	<i>Constant Work in Process</i> (“Trabalho em processo constante”)
QRM	<i>Quick Response Manufacturing</i> (“Manufatura de resposta rápida”)
CGH	Centrais Geradoras Hidrelétricas
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
MTS	<i>Make-To-Stock</i> (“Fabricação para estoque”)
KPI	<i>Key Performance Indicator</i> (“Indicador chave de desempenho”)
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Dies</i> (“Troca rápida de ferramentas”)
PDF	<i>Portable Document Format</i> (“Formato portátil de documento”)
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i> (“Corpo de conhecimento em gerenciamento de projetos”)
RM	<i>Ranking</i> Médio
ESG	<i>Environmental, Social, and Governance</i> (ambiental, social e governança)
PMEs	Pequenas e Médias Empresas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Considerações Iniciais.....	13
1.2	Problemática do Estudo	15
1.3	Objetivos	16
1.3.1	Objetivo geral	16
1.3.2	Objetivos específicos.....	17
1.4	Justificativa.....	17
1.5	Delimitação de Pesquisa	18
1.6	Classificação da Pesquisa.....	19
1.7	Organização da Dissertação	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1	<i>Engineer-to-Order (ETO)</i>.....	21
2.2	<i>Lean Manufacturing</i>	24
2.3	<i>Lean Manufacturing e Engineer-to-Order</i>.....	27
2.4	<i>Desperdícios em Engineer-to-Order</i>	31
2.5	Abordagens Para Construção de Estruturas Conceituais.....	33
2.5.1	Abordagem por processos	34
<u>2.5.1.1</u>	<u>Procedimento</u>	<u>34</u>
<u>2.5.1.2</u>	<u>Participação.....</u>	<u>35</u>
<u>2.5.1.3</u>	<u>Gestão do Projeto.....</u>	<u>35</u>
<u>2.5.1.4</u>	<u>Ponto de Entrada.....</u>	<u>36</u>
<u>2.5.1.5</u>	<u>O uso da abordagem por processos</u>	<u>36</u>
2.5.2	<i>Framework</i> de Bertolini.....	37
2.5.3	<i>Framework</i> de Seth	38
2.6	Aplicações Práticas de Modelos ETO e <i>Lean</i> na Literatura.....	40
2.6.1	<i>Framework</i> de Schulze	40
2.6.2	Modelo de Mojarro.....	41
2.6.3	<i>Framework</i> de Varl	42
2.7	Análise Estatística.....	44
2.8	Síntese de Seção	45
3	METODOLOGIA	47
3.1	Revisão Sistemática da Literatura	49
3.1.1	Critérios para seleção dos estudos	51

3.2	Estratégia Procedimento (i)	53
3.3	Estratégia Participação (ii)	56
3.4	Estratégia Gestão de Projeto (iii)	58
3.5	Pesquisas futuras e melhorias	60
3.6	Estratégia Ponto de Entrada (iv)	61
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	62
4.1	Seleção dos estudos	62
4.2	Procedimento (i)	71
4.3	Participação (ii)	77
4.3.1	Principais descobertas	77
4.3.2	Identificação de problemas	79
4.3.3	Oportunidades de melhoria	81
4.4	Gestão de Projeto (iii)	83
4.4.1	Análise	83
4.4.2	<i>Design</i> conceitual	90
4.4.3	Análises dos Especialistas	92
<u>4.4.3.1</u>	<u>Análises dos Especialista 1</u>	<u>92</u>
<u>4.4.3.2</u>	<u>Análises dos Especialista 2</u>	<u>95</u>
<u>4.4.3.3</u>	<u>Integração das Análises dos Especialistas</u>	<u>98</u>
4.4.4	Análises Finais	100
4.5	Pesquisas Futuras e Melhorias	104
4.6	Ponto de Entrada (iv)	106
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
	REFERÊNCIAS	113
	APÊNDICE A - Questionário de pesquisa	118
	APÊNDICE B - Relatório de pesquisa	121

1 INTRODUÇÃO

Os desafios enfrentados por ambientes de fabricação *engineer-to-order* (ETO) incluem alta personalização, prazos curtos e dificuldades na sincronização de operações entre setores como engenharia, produção e montagem dos itens fabricados. Essas dificuldades tornam essenciais a implementação de práticas *lean* adaptadas, visando não apenas aumentar a eficiência e reduzir desperdícios, mas também promover maior integração entre os processos, minimizar erros operacionais e melhorar o controle do fluxo de materiais. Além disso, destaca-se a importância do apoio da alta administração e da capacitação contínua dos colaboradores, fatores críticos para viabilizar a transformação cultural necessária e garantir o sucesso das iniciativas *lean*.

1.1 Considerações Iniciais

As empresas com processos *engineer-to-order* (ETO) projetam, produzem e entregam produtos para atender aos requisitos exclusivos dos clientes. Os produtos ETO são tipicamente bens de capital de alto valor; devido à sua singularidade e complexidade, eles são entregues como projetos envolvendo alto grau de personalização por meio de um projeto de Engenharia (JÜNGE *et al.*, 2023). ETO é uma estratégia de manufatura em que as atividades de projeto, Engenharia e produção não começam até que o pedido seja confirmado pelo cliente. As principais características da fabricação de ETO são baixos volumes, alto grau de customização e ambiente baseado em projeto (KJERSEM *et al.*, 2015).

As empresas ETO geralmente gerenciam vários projetos ao mesmo tempo, tornando essa tarefa ainda mais complicada (DALLASEGA; RAUCH; MATT, 2015). Isso geralmente resulta em um ambiente, no qual há trabalho de Engenharia complexo, trabalho de *design* inovador e novos processos de cadeia de suprimentos a serem estabelecidos, possivelmente levando a cenários únicos ou inéditos (CANNAS; GOSLING, 2021). As empresas ETO têm requisitos diferentes de outras indústrias, projetar e fabricar produtos complexos para especificações exatas do cliente frequentemente envolve longos prazos de entrega e conteúdo de Engenharia pesado (RAUCH; DALLASEGA; MATT, 2015).

O alto grau de customização, *lead-times*, pressão de custos e dificuldade no planejamento e controle das operações levam a uma grande quantidade de atividades

que não agregam valor, resultando em ineficiência e baixa produtividade (SCHULZE; DALLASEGA, 2020).

Em um projeto ETO, o cliente está envolvido em fases de decisão desde a concepção do projeto, e tem a possibilidade de decidir a maioria das características do produto enquanto o projeto está em andamento (KJERSEM *et al.*, 2015). Além disso, os ambientes de produção de ETO precisam ser flexíveis em termos de volume, isso devido ao alto grau de incerteza na demanda (BATAGLIN; VIANA; FORMOSO, 2022).

Para alcançar um aumento na competitividade, as empresas ETO podem optar por diferentes estratégias, uma das quais é o *lean*, bem como as ferramentas que a compõem (MOJARRO-MAGAÑA *et al.*, 2018). Existem três tipos de atividades que usam o *lean*: atividades que agregam valor, atividades que não agregam valor e atividades que não agregam valor, porém são necessárias (SOJKA; LEPSIK, 2022). Engenheiros aplicam metodologias *lean* para acelerar o tempo de entrega entre outras técnicas. Práticas *lean*, como *just-in-time* e Gestão Visual, mostram como certas áreas melhoram os impactos potenciais do desempenho do negócio, bem como da cadeia de suprimentos em geral (RAMIREZ-PEÑA *et al.*, 2020).

Processos de baixo volume e alta variedade como ETO, não exibem consumo em massa nem continuidade de demanda, para as quais as práticas *lean* foram desenvolvidas. Os princípios *lean* devem ser reexaminados no contexto de processos de baixo volume e alta variedade (POWELL *et al.*, 2014). A implementação *lean* em ETO implica na identificação e eliminação de desperdícios na fabricação, o que é mais complexo que na fabricação repetitiva (BIRKIE; TRUCCO, 2016).

A cultura *lean manufacturing* foi concebida e desenvolvida tendo como base o *Toyota-Production-System* (TPS), destacando-se neste processo os engenheiros japoneses Taiichi Ohno e Shigeo Shingo (CHIERA *et al.*, 2021). A produção *Lean* pode ser descrita como uma filosofia e um conjunto de ferramentas e técnicas que visam identificar e eliminar todos os desperdícios nas operações de fabricação (POWELL *et al.*, 2014). O *lean* fornece uma base para a excelência operacional ao padronizar processos e criar uma cultura de melhoria contínua por meio do monitoramento, manutenção proativa de equipamentos e capacitação de funcionários (OLÁH *et al.*, 2022).

A metodologia *lean* foi inicialmente desenvolvida e aplicada na indústria automotiva e progressivamente substituído ou se integrado aos métodos tradicionais

de gestão da produção. A análise de desperdícios, ou atividades que não agregam valor, é um componente crucial, a fim de melhorar continuamente os desempenhos (SCHULZE; DALLASEGA, 2020). No entanto, alguns estudos mostram que existem alguns conceitos *lean* que podem ser amplamente aplicados na maioria dos ambientes industriais, como “eliminação de desperdícios” e “entregas *just-in-time*” (MATT, 2014). O advento do *lean* como estratégia não apenas aumenta o nível de competitividade, mas também transforma com sucesso as operações de fabricação para serem mais dinâmicas. Resultando em aumento da produtividade, melhor desempenho das operações de fabricação e desempenho financeiro (TEKNOLOGI *et al.*, 2015).

Mesmo que os princípios *lean* se apliquem, os métodos e ferramentas de implementação devem ser adaptados aos ambientes de fabricação ETO, métodos alternativos precisam ser adotados. Assim, é possível superar as principais restrições e desenvolver todo o potencial do *lean* em ambientes de manufatura não repetitivos (BRAGLIA *et al.*, 2019).

Atualmente, as empresas de ETO são cada vez mais solicitadas a reduzir *lead-times* e custos, ao mesmo tempo em que fornecem altos níveis de customização e flexibilidade (CANNAS *et al.*, 2018). Por outro lado, enfrentam informações incompletas, falta de conhecimento, natureza estocástica dos recursos, dificuldades de abastecimento, entre outros desafios (KOZJEK *et al.*, 2018).

1.2 Problemática do Estudo

O atual paradigma oferta-mercado exige produtos customizados os quais só podem ser realizados por meio de complexos ambientes de manufatura como ETO. Assim, a tendência para esses tipos de ambientes de fabricação é alta. O desafio, assim como a necessidade, é como alcançar um ambiente de produção eficiente e competitivo (SETH; SETH; DHARIWAL, 2017).

Empresas que operam sob processos ETO frequentemente enfrentam problemas rotineiros de desperdícios devido à natureza personalizada e altamente variada dos seus produtos. Um dos principais desperdícios está relacionado ao tempo e recursos gastos em modificações e ajustes constantes no projeto, já que cada encomenda requer um novo *design* específico. Isso pode levar a atrasos na produção e aumento dos custos operacionais (BRANDALISE *et al.*, 2021), (BRADY *et al.*, 2018), (BERTOLINI *et al.*, 2022), (ALFNES *et al.*, 2021).

Implementar práticas *lean*, como a integração de sistemas de informação e a padronização de processos onde possível, pode ajudar a mitigar esses desperdícios, promovendo uma maior colaboração entre equipes e um fluxo de trabalho mais alinhado com as demandas dos clientes (BERTOLINI *et al.*, 2022), (KOZJEK *et al.*, 2018), (VARL; DUHOVNIK; TAVČAR, 2020).

ETO tem a necessidade de se tornar mais eficiente, a metodologia e práticas *lean* são mais voltadas para produção seriada e/ ou em massa, desta forma existem desafios quando se aborda ambientes de fabricação ETO. Desta forma existe a necessidade de ferramentas que possam direcionar e permitir a implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO. Em síntese o problema de pesquisa é: como as práticas *lean* podem ser adaptadas para atender às necessidades de ambientes de fabricação personalizados e variados como o ETO?

Após o entendimento do problema, o processo avança para a revisão da literatura e desta forma questões de pesquisa foram formuladas, como:

- i. Quais são os desafios e importância da implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO?
- ii. Quais ferramentas, benefícios e metodologias podem ser desenvolvidos para facilitar a implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO?

Essas questões de pesquisa abordam os principais desafios e áreas de melhoria identificados no contexto de ambientes de manufatura ETO, oferecendo um ponto de partida para estudos aprofundados e desenvolvimento de soluções práticas.

1.3 Objetivos

Nesta seção são apresentados o objetivo geral e os específicos que compõem o trabalho. Tais objetivos foram guias para atingir o levantamento teórico, a fundamentação metodológica, obter resultados e conclusões.

1.3.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral elaborar um *Framework* de práticas *lean* aplicáveis a ambientes de fabricação *engineer-to-order* (ETO), buscando auxiliar a sua implementação nas empresas que utilizam esta estratégia de produção.

1.3.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- (i) Revisar na literatura sobre métodos e técnicas utilizadas para mitigar desperdícios em outros contextos e avaliar sua aplicabilidade em ambientes de fabricação ETO;
- (ii) Identificar os desafios enfrentados na implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO;
- (iii) Identificar práticas e metodologias *lean* existentes que podem ser aplicadas ou adaptadas para ambientes de fabricação ETO;
- (iv) Estruturar os desafios identificados, benefícios e facilitar a implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO.

1.4 Justificativa

Na atualidade, empresas ETO enfrentam os desafios e problemas de ambientes de negócios dinâmicos e imprevisíveis, forte influência da globalização, previsão de demanda imprecisa. Demandas exigem o desenvolvimento rápido de novos produtos complexos, solicitações de alterações durante o processo de desenvolvimento, prazos de entrega limitados com data de entrega precisa, e outras (KOZJEK *et al.*, 2018).

A falta de transparência do processo de produção gera problemas como a má comunicação, má coordenação e má orientação entre procedimentos de fabricação. Essas falhas resultam em tomada de decisão ineficaz, condições de trabalho inseguras, insatisfação e estresse do trabalhador e altos níveis de desperdício (BRADY *et al.*, 2018).

De acordo com (VIANA; TOMMELEIN; FORMOSO, 2017), o nível de complexidade nos ambientes ETO é geralmente alto:

- (i) Existe muita incerteza porque é necessário definir datas de entrega nas fases iniciais do projeto, quando o produto ainda não está completamente concluído;
- (ii) Como é o caso de qualquer outro projeto de construção, conflitos imprevistos podem surgir entre comércios no local durante a instalação do produto no local do cliente;

- (iii) A cadeia de suprimentos tende a ser complexa, envolvendo várias empresas ou unidades de negócios;
- (iv) Alguns recursos, como fábricas, equipamentos de montagem e equipes, devem ser compartilhados entre diferentes projetos de construção.

Como tal, as empresas de ETO não podem prever com precisão a demanda, solicitar materiais e produzir com antecedência ou aplicar efetivamente métodos de produção em lote (POWELL *et al.*, 2014).

Assim, há uma necessidade de fechar essa lacuna de sincronização entre Engenharia, fabricação e instalação do produto, permitindo uma gestão eficiente e sustentável da cadeia de suprimentos com estoque baixo e entrega JIT de materiais e informações (DALLASEGA; RAUCH, 2017).

Curiosamente, apesar de ferramentas de gestão tradicionalmente *lean* terem sido desenvolvidas e aplicadas à produção em massa, evidências encontradas na literatura e empíricas, sustentam que elas também podem ser aplicadas com sucesso em empresas de ETO (CANNAS *et al.*, 2018).

Estudos encontrados na literatura têm como objetivo otimizar os processos de produção em ambiente ETO usando principalmente métodos *lean*. A análise de desperdícios, ou atividades que não agregam valor, são componentes cruciais do *lean*, a fim de melhorar continuamente o desempenho e aumentar o valor do cliente. No geral, a literatura sobre métodos *lean* na indústria de ETO é limitada em comparação com sistemas de produção em série ou em volume. Além disso, falta uma visão geral dos métodos adequados para reduzir as perdas tradicionais no ambiente ETO (SCHULZE; DALLASEGA, 2020).

Este trabalho de pesquisa aborda práticas *lean* aplicáveis a empresas com processos ETO, onde normalmente predomina observações e experiências empíricas. Desta forma, contribui-se para o desenvolvimento de metodologias e práticas que possam resolver problemas comumente apresentados em processos ETO. A pesquisa pode servir como orientação a essas empresas, apresentando o *Framework*, variáveis abordadas e resultados.

1.5 Delimitação de Pesquisa

Para a realização desta pesquisa, foi importante destacar algumas delimitações. A primeira delimitação refere-se às buscas realizadas em duas bases

científicas. A escolha dessas bases foi motivada pelo número de publicações relacionadas ao tema da pesquisa.

A segunda delimitação refere-se ao *Framework* conceitual proposto nesta pesquisa abranger a práticas *lean* em empresas com processos *engineer-to-order*, sem focar em um determinado porte de organização. O *Framework* proposto foi derivado de outros *frameworks* e modelos encontrados na literatura, identificados por meio de uma revisão sistemática. O uso de abordagens de aplicação de práticas *lean* em ETO é realizada para identificação de características em relação ao processo de aplicação de práticas *lean* em ETO.

A pesquisa está centrada na criação de um *Framework* conceitual que aborde os principais desafios e oportunidades de melhoria dentro deste contexto ETO. Isso implica que o estudo se concentrará em desenvolver diretrizes e recomendações baseadas em análises teóricas e análise de Especialistas, avaliando como o *Framework* pode ser aplicado de forma eficaz.

O foco nesta pesquisa está na fabricação, ao invés de englobar também as áreas de Engenharia e instalação do produto. Primeiramente, a fabricação é a fase onde a maioria dos desperdícios e ineficiências operacionais se manifesta de maneira mais evidente. Além disso, a literatura existente sobre *lean* já oferece um corpo significativo de conhecimentos e ferramentas aplicáveis diretamente à fabricação, o que permite uma adaptação mais interativa e eficaz às necessidades das empresas ETO.

Em virtude da complexidade ao estudo e do tempo necessário para sua conclusão, não foi possível acompanhar a implementação efetiva do *Framework*. Nesse sentido, o escopo da pesquisa fica restrito ao levantamento, apresentação e orientação relacionados à implementação de práticas *lean* em empresas que adotam processos ETO.

1.6 Classificação da Pesquisa

A pesquisa realizada nesta dissertação é classificada segundo sua finalidade como aplicada, pois, é voltada a gerar informações e compreensões que possam ser imediatamente úteis e aplicáveis em contextos práticos e específicos. Quanto a seus propósitos, a pesquisa é classificada como exploratória, pois têm como propósito proporcionar uma maior familiaridade com o problema, visando torná-lo mais explícito ou construir hipóteses (GIL, 2017).

A abordagem da pesquisa pode ser classificada quanto à forma quantitativa, uma vez que a exploração do conjunto de opiniões, percepções e experiência profissionais foram medidas por uma abordagem estatística através do *ranking* médio (DAMASCENO; SEDANO, 2024).

No que diz respeito aos procedimentos de pesquisa o estágio inicial consistirá na pesquisa bibliográfica, a qual servirá como fundamento para embasar o *Framework* conceitual. Além disso, para garantir a eficácia da estrutura, foram empregados métodos adicionais de avaliação. Como a elaboração e aplicação de um questionário, o que permitiu gerar o relatório de pesquisa que foi direcionado a Especialistas que possuem experiência em processos ETO.

1.7 Organização da Dissertação

O trabalho está distribuído em 5 capítulos. No Capítulo 1 é apresentada a introdução, objetivos geral e específicos, justificativa, delimitação do tema e classificação da pesquisa e organização da dissertação.

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, onde são expressos os conteúdos obtidos na literatura, dando embasamento a pesquisa. São abordados conceitos de *engineer-to-order*, produção de produto único, *lean manufacturing*, *lean* e tecnologias digitais, e abordagens para construção de *Framework*.

No Capítulo 3 é apresentada a metodologia da pesquisa adotada na pesquisa e procedimentos seguidos e a metodologia para o *Framework* conceitual de implementação de práticas *lean*.

O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos e as discussões pertinentes ao tema. Traz a coleta de dados realizada através de um questionário aos correspondentes que trabalham em empresas com processos ETO. Por fim no capítulo, os resultados da avaliação de Especialistas ao *Framework* conceitual são expostos e analisados.

Por último no Capítulo 5, são apresentadas as principais conclusões da pesquisa: como os objetivos foram alcançados, principais conclusões dos resultados obtidos pelos correspondentes das Empresas A e B, assim como dos Especialistas, as limitações da pesquisa e por fim, sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo aborda os fundamentos teóricos necessários para o desenvolvimento do *framework* proposto, com foco em: processos *engineer-to-order* (ETO), práticas *lean* e abordagens de construção de *framework* conceituais. São apresentados princípios *lean*, destacando conceitos como valor, fluxo contínuo e melhoria contínua. Em seguida, é feita uma revisão sobre as características e desafios específicos de empresas ETO, como a alta variabilidade de produtos e a necessidade de coordenação entre diferentes áreas nos ambientes de fabricação ETO. Na sequência é abordado as abordagens de construção de *framework* conceituais, estas abordagens foram de acordo com a revisão sistemática de literatura, permitindo assim a aplicabilidade em ambientes de fabricação ETO.

2.1 *Engineer-to-Order* (ETO)

Em termos das características do processo de produtos do tipo de ambiente *engineer-to-order* (ETO), os produtos são itens específicos para o cliente. Os pedidos são compostos por elementos altamente personalizados, produzidos em baixos volumes (muitas vezes únicos), e os processos são tipicamente não repetitivos, mas intensivos em mão-de-obra. Muitas vezes exige mão-de-obra altamente qualificada (POWELL *et al.*, 2014).

Os projetos ETO geralmente começam com um estágio de *design* em que os projetos devem ser projetados e na sequência desenvolvidos. Em um terceiro estágio o de realização, os elementos de Engenharia devem ser construídos, montados e colocados em operação (RAUCH; DALLASEGA; MATT, 2015).

Uma característica ETO é que quase todo projeto requer um novo desenvolvimento, isso leva a um grande esforço de coordenação entre diferentes setores (DALLASEGA; RAUCH; FROSOLINI, 2018). O pedido do cliente é feito na fase de projeto, mas frequentemente também deseja um prazo de entrega curto, exigindo assim algum grau de sobreposição entre as etapas do projeto (VIANA; TOMMELEIN; FORMOSO, 2017).

Como as empresas de ETO projetam e constroem produtos de acordo com as especificações do cliente, uma quantidade significativa de tempo e custo é gasto no estágio de Engenharia e *design* do projeto (RAUCH; DALLASEGA; MATT, 2015). Estudos empíricos revelam que as organizações gastam mais de 50% das atividades

de projeto de Engenharia em atividades que não agregam valor, enquanto os 50% restantes são divididos entre atividades que agregam valor e atividades que não agregam valor, mas necessárias (JÜNGE *et al.*, 2023).

Às vezes, itens dos projetos são produzidos e entregues com atraso, causando ineficiência no projeto entregue ao cliente. No pior dos casos, isso pode levar a interrupções na construção (devido à falta de material), o que pode ser considerado uma das principais causas de explosões de custos. Pelo contrário, um bom planejamento e uma medição eficaz do progresso da construção são, notoriamente, as pré-condições para produzir e entregar componentes ETO a tempo (DALLASEGA; RAUCH; FROSOLINI, 2018).

A incerteza de um projeto ETO é definida principalmente pela quantidade de informações necessárias para executar uma tarefa em comparação com as informações já disponíveis na organização do projeto. Existem três fatores de incerteza específicos para a fabricação de ETO: (i) a incerteza das especificações do produto onde a mudança ocorre o tempo todo, especialmente no início do projeto; (ii) *mix* e volume da demanda futura (a empresa não sabe quando o cliente irá fazer um novo pedido e que afetem a previsão de pessoas e materiais); (iii) Incerteza do processo em que as partes do produto não são conhecidas e são difíceis de estimar em termos de máquinas, quantidade de materiais e recursos (KJERSEM *et al.*, 2015).

O estudo de Alfnes *et al.* (2021) enfatizara a complexa interação entre produção e Engenharia, sugere que a sobreposição de atividades de projeto pode dificultar muito a coordenação de Engenharia e produção, especialmente onde as mudanças do cliente são comuns. Além disso, carece de meios para visualizar como as incertezas estão inter-relacionadas. Uma abordagem de sistemas flexíveis, explorando ferramentas de visualização, pode ser uma técnica de suporte para mapear e visualizar incertezas em um ambiente ETO.

O alto grau de personalização, a complexidade da estrutura do produto e a sobreposição das atividades de fabricação e *design* são razões para uma complexidade muito alta da cadeia de suprimentos interna de ETO. Nas operações de ETO, o cliente está exposto ao *lead-time* total do produto, que inclui o projeto conceitual e detalhado, aquisição, fabricação, montagem, teste e comissionamento (STRANDHAGEN *et al.*, 2018).

Em ETO o departamento de Engenharia está intimamente ligado ao departamento de produção, sendo responsável por gerar ordens utilizadas para

compras e desenvolver os documentos necessários para a produção e montagem do produto. Assim, os sistemas de projeto auxiliado por computador (CAD) usados pelo departamento de Engenharia devem ser integrados ao sistema de planejamento de recursos empresariais (ERP) usado para compras. Hoje, problemas de integração têm implicações negativas na aquisição de material, dando tanto excesso quanto falta de material em diferentes casos (STRANDHAGEN *et al.*, 2018).

Como as empresas ETO operam em um contexto complexo e incerto, gerenciá-las é um grande desafio (CANNAS *et al.*, 2018). Diversas estratégias e conceitos foram introduzidos no ambiente ETO, visando a redução do *lead-time* das operações de manufatura. Além disso, vários esforços foram feitos para aplicar o pensamento *lean* no ambiente ETO, a fim de reduzir o desperdício e os prazos de entrega (STRANDHAGEN *et al.*, 2018).

Um processo de planejamento e controle da produção (PCP) bem gerenciado pode ajudar as empresas a serem flexíveis para satisfazer os clientes, mantendo alto nível de eficiência. Modelos de processos de PCP em ETO têm sido apresentados na literatura. A integração de planejamento e execução é fundamental para que os fabricantes de ETO sejam eficazes. Uma abordagem de planejamento integrado, visando o desenvolvimento de três planos, a saber, projeto, produção e plano de montagem (CANNAS *et al.*, 2018).

Para lidar com a complexidade do planejamento no ambiente ETO, o processo de planejamento precisa ser dividido em partes mais gerenciáveis usando um modelo de planejamento e controle hierárquico baseado em três níveis de decisão gerencial: estratégico, tático e operacional (CARVALHO; SCAVARDA; OLIVEIRA, 2017). Assim, os métodos usados para planejamento de produção e controle de produção em massa não são adequados para ETO (ZHOU *et al.*, 2016).

Produtos "*one-of-a-kind*" (produto único) são normalmente produzidos através do processo ETO, pois este oferece a capacidade de desenvolver e construir produtos que são únicos para cada cliente. Este alinhamento garante que o produto final atenda exatamente às especificações e expectativas do cliente, algo que não seria possível com métodos de produção em massa ou de estoque. Tais produtos são normalmente encontrados na indústria pesada, como moldes e matrizes, estaleiros de fabricação e equipamentos industriais de grande porte (MUELLER *et al.*, 2022)

Quando se trata de produtos "*one-of-a-kind*", a abordagem ETO é frequentemente a metodologia de produção utilizada. Isso porque, para criar um

produto único e personalizado, é necessário começar com um design específico que atende às necessidades do cliente, e esse design é desenvolvido após a encomenda. O processo ETO permite uma flexibilidade extrema, adaptando cada fase do projeto e fabricação aos requisitos únicos de cada pedido (ALFNES *et al.*, 2023).

Uma análise realizada pelos autores (MATHEW *et al.*, 2023) em relação às abordagens *lean* no contexto do ambiente de produção de produtos "*one-of-a-kind*" destaca a viabilidade da introdução dos princípios *lean* nesse cenário. Os princípios *lean*, conhecidos por sua eficácia na otimização de processos e redução de desperdícios, apresentam-se como uma valiosa ferramenta para aprimorar a eficiência e a produtividade. Além disso, o *lean* promove uma melhor comunicação e colaboração entre equipes multidisciplinares, o que é crucial em projetos ETO onde a complexidade e a customização são altas. Melhores processos de comunicação garantem que as especificações do cliente sejam claramente entendidas e executadas corretamente, melhorando a qualidade e a satisfação do cliente. Por fim os autores apresentam que, a implementação de práticas *lean* pode aumentar a flexibilidade e a capacidade de resposta das empresas. Isso é vital para produtos únicos, pois permite ajustes rápidos às mudanças nas necessidades dos clientes ou nas especificações do projeto. A agilidade proporcionada pelo *lean* ajuda as empresas a manterem-se competitivas, oferecendo produtos personalizados de alta qualidade dentro de prazos e orçamentos mais restritos.

2.2 Lean Manufacturing

Dentre as estratégias para atingir as expectativas dos clientes e aumentar a competitividade no mercado moderno, a *lean manufacturing* se destaca por proporcionar maior flexibilidade, qualidade e capacidade de resposta a um sistema produtivo. O *lean* provou ser uma estratégia eficaz de gestão de operações, que ajuda as empresas a adaptar sua cadeia de valor à demanda do mercado por meio da melhoria contínua (LISTA *et al.*, 2021).

Lean foi desenvolvido e aplicado em indústrias que operavam inicialmente na forma de produção tipo *push* baseadas em baixo *mix* e alto volume repetitivo, por exemplo, produção para estoque (MTS) e montagem sob encomenda, gerando custo e prazo de entrega redução, juntamente com melhorias de qualidade (CHIERA *et al.*, 2021).

Lean é um método que teve origem no *Toyota-Production-System* (TPS). O sistema *lean* é frequentemente representado como uma casa com dois pilares principais: JIT e *jidoka*. Muitas ferramentas e métodos de *lean* auxiliam no suporte a estrutura da casa. Os objetivos do sistema *lean* estão no telhado da casa - melhor qualidade, custos mais baixos, menor prazo de entrega, melhor segurança e moral elevado (SOJKA; LEPSIK, 2022).

Conforme aceito no TPS, e também no *lean*, qualquer processo de fabricação está sujeito a sete tipos de desperdício: superprodução, estoque, transporte, tempos de espera, movimentos, superprocessamento e defeitos (CHIERA *et al.*, 2021).

O *lean* tem sido entendido de várias maneiras ao longo do tempo, primeiro como uma nova e melhor maneira de fazer coisas, depois como uma maneira de projetar e fazer coisas e, mais recentemente, como uma filosofia de gerenciamento fundamental definida pelo ideal perseguido. O ideal *lean* pode ser assim expresso: fornecer aos clientes (internos e externos) exatamente o que eles precisam para realizar seus propósitos, sem desperdício; onde definimos desperdício como qualquer coisa que incorra em um custo de qualquer natureza, cuja eliminação não reduz o valor entregue (POWELL *et al.*, 2014).

As ferramentas *lean* bem conhecidas incluem: análise de gargalos, o sistema *kanban*, o processo JIT, *kaizen* (melhoria contínua), mapeamento do fluxo de valor (VSM), *lean six sigma*, troca rápida de ferramentas (SMED), 5S, estoque zero, padronização de trabalho e desenvolvimento de produto *lean* (CHIERA *et al.*, 2021).

Com a revolução da Indústria 4.0, as fábricas estão se digitalizando em ritmo acelerado, com mais dispositivos IoT (internet das coisas), *software* e interconexão com o ambiente externo (fornecedores, clientes). As tecnologias da Indústria 4.0 se desenvolvem rapidamente e incluem gêmeos digitais (DT)/sistemas ciberfísicos (CPS), análise de *big data* (BDA)/inteligência artificial (IA), *cloud manufacturing* (CMg), e *blockchain* (BC) (LUO; THEVENIN; DOLGUI, 2023).

As tecnologias digitais e o seu papel crescente nas práticas operacionais são um fenômeno. As empresas sempre utilizaram novas tecnologias para avançar os seus processos (CIFONE *et al.*, 2021). A poderosa combinação de princípios *lean* e tecnologias digitais aceleram a identificação e a mitigação de resíduos mais rapidamente do que os métodos *lean* tradicionais. As novas soluções digitais *lean* incorporam sensores e equipamentos digitais, gerando soluções inovadoras que

ampliam o alcance das ferramentas *lean* tradicionais (TRAN; RUPPERT; ABONYI, 2021).

De acordo com um estudo Ayoubi; Tabaa; El Kharrim, (2023), o termo “*digital lean*” refere-se a uma ideia relativamente nova que combina os princípios *lean* com as possibilidades das tecnologias digitais. A implementação do digital *lean* pode conferir inúmeros benefícios às empresas, como maior visibilidade, maior eficiência, melhor tomada de decisões e melhoria contínua orientada por dados. Os autores afirmam que o monitoramento e a análise dos processos de fabricação em tempo real permitem o diagnóstico imediato e a resolução de quaisquer problemas que possam surgir. A automação de operações que incluem movimentos repetidos reduz a probabilidade de erros humanos e aumenta a produtividade geral. Além disso, as tecnologias digitais facilitam muito a colaboração e a comunicação entre departamentos e equipes, o que melhora a eficiência com que os problemas são resolvidos e as decisões são tomadas.

No mesmo trabalho os autores afirmam que a implementação da inteligência artificial (IA) numa variedade de atividades de gestão está a causar uma mudança radical na forma como as empresas funcionam e tomam decisões. A IA evoluiu para um instrumento poderoso que pode ser utilizado na gestão de cadeias de abastecimento, na tomada de decisões e na otimização de recursos, permitindo assim que as organizações melhorem os seus níveis de eficiência e produção.

A introdução da *cloud manufacturing* (CMfg) permite a colaboração em larga escala de operações de manufatura para a fabricação de produtos complexos. O modelo de fabricação em nuvem é baseado em vários conceitos de fabricação anteriores para permitir uma organização eficiente de cadeias de fornecimento distribuídas na esteira da globalização. Algumas características do CMfg são o uso de computação em nuvem, tecnologias de internet das coisas (IOT) e uma arquitetura orientada a serviços. Dentro do modelo CMfg, uma ampla variedade de recursos de manufatura é encapsulada como serviços em uma plataforma em nuvem (ČUSTOVIĆ; CAO; HALL, 2023).

Um dos objetivos do CMfg é de fornecer compartilhamento de recursos e um modo de fabricação sob demanda para melhorar a eficiência operacional e o uso de recursos de fabricação. (LIM; XIONG; WANG, 2022). CMfg atraiu grande atenção na última década, pois permite integrar recursos de manufatura e fornecer serviços de manufatura sob demanda para vários usuários. O ambiente CMfg é muito complexo,

pois envolve multitarefas, multisserviços e múltiplos *stakeholders* (XIONG *et al.*, 2023).

O trabalho desenvolvido pelos autores Tedaldi, Miragliotta (2022), mostra como uma empresa ETO deve considerar o CMfg como uma opção estratégica para a sua competitividade. Neste trabalho foi apresentado um estudo de caso no qual uma empresa realizou com sucesso uma plataforma CMfg para processamento de chapas e tubos metálicos. Isto foi possível porque este player desenhou a plataforma em estreito contato com o fornecedor das máquinas (ou seja, o fornecedor de tecnologia), aproveitando as competências da empresa fabricante da máquina.

Os autores declaram que fizeram contribuições ao tema de estudo de três maneiras distintas. Em primeiro lugar, fornece informações em primeira mão sobre um caso de uma plataforma de CMfg “em funcionamento” que envolve capacidades mais complexas no que diz respeito às capacidades de Manufatura Aditiva, e sugere que o CMfg realmente tem potencial para se espalhar em outras indústrias de manufatura discreta, como a indústria de usinagem CNC de peças de metal/madeira. Em segundo lugar, este trabalho mostra que um fabricante de máquinas ETO possui capacidades distintas que correspondem de forma interessante a alguns dos desafios de implementação do CMfg. Em terceiro, o trabalho observa que as empresas complexas de fabricação de máquinas ETO poderiam desempenhar um papel fundamental no cenário CMfg, se desenvolverem ainda mais as suas competências e capacidades internas para enfrentar os desafios empresariais, e não apenas os tecnológicos.

2.3 Lean Manufacturing e Engineer-to-Order

Da produção em massa à personalização em massa, o crescente grau de customização da produção concentrou os esforços e estratégias gerenciais nas margens financeiras de venda, e não pelo volume de produção. Isso resulta em perda de eficiência, o que é inaceitável em mercados globais altamente competitivos. Este é um fator que contribui para o crescente interesse em métodos e ferramentas *lean* em organizações *engineer-to-order* (ETO) (CHIERA *et al.*, 2021). Aparecendo pela primeira vez na década de 80, o contexto ETO é caracterizado pelo *design* e produção de produtos altamente personalizados (únicos ou em pequenos lotes), muitas vezes com uma estrutura muito complexa (NEUMANN *et al.*, 2022).

Abordagens convencionais são limitadas na mitigação de perdas devido à sua implementação desafiadora no ambiente ETO (SCHULZE; DALLASEGA, 2020). Meio

século após o nascimento do conceito *lean*, apesar de todas as mutações de contexto, o *lean* continua sendo indicado devido a suas aplicações (CHIERA *et al.*, 2021). Várias são as ferramentas efetivamente utilizadas para eliminar desperdícios na organização: *kaizen*, *just-in-time* (JIT), mapeamento de fluxo de valor (VSM), *kanban*, 5s e outros (CANNAS *et al.*, 2018).

Em ambiente ETO, uma “perda” é frequentemente representada pela quantidade de tempo que é perdido em atividades que não agregam valor. A lacuna entre o tempo produtivo real, no qual uma tarefa é processada em condições ótimas de operação, e o tempo de trabalho planejado é, portanto, consequência de múltiplas ineficiências. Devido a paradas planejadas e não planejadas, apenas uma parte do tempo é efetivamente utilizado para atividades de agregação de valor (BERTOLINI *et al.*, 2022).

Nos últimos anos houve grandes esforços para implementar e melhorar a eficiência da produção por meio de métodos e ferramentas *lean*. Empresas com processos ETO, têm grandes dificuldades em interligar entre si as áreas de Engenharia, fabricação e instalação dos produtos nos seus clientes (RAUCH; DALLASEGA; MATT, 2015). Este fato exige das empresas de ETO uma estreita coordenação e sincronização entre seus processos (MATT; DALLASEGA; RAUCH, 2014).

Embora os princípios *lean* possam ser aplicados em qualquer indústria, em um ambiente ETO, os métodos e ferramentas de implementação devem ser adaptados e métodos alternativos adotados (BRAGLIA; GABBRIELLI; MARRAZZINI, 2019).

O trabalho de Brady *et al.* (2018), apresentou um modelo de planejamento e controle da construção que utiliza um conjunto de ferramentas visuais que tem contribuído para aumentar a transparência do processo e melhorar o desempenho de diferentes tipos de projetos ETO. Vários benefícios foram identificados em diferentes tarefas de planejamento e controle, como melhor gerenciamento de compromissos (por meio de cartões de planejamento), identificação efetiva de restrições antes que elas ocorram e planos de ação de melhoria sólida para problemas ocorridos.

Estudo feito por Dallasega e Rauch (2017), apresenta que alinhar a fabricação com o local de montagem pode evitar atividades que não agregam valor. Além disso, por meio do JIT, um maior grau de capacidade e utilização de recursos pode ser alcançado. Uma necessidade reduzida de espaço de armazenamento também tem

um efeito positivo no consumo de energia para instalações de produção e armazenamento.

Este estudo de Kjersem *et al.* (2015), apresenta que a introdução do *takt time* para cada estágio de montagem melhorou ainda mais a previsibilidade dos *lead-times*, melhorando o controle sobre o número de unidades na linha de montagem. Neste mesmo estudo, os resultados mostraram um melhor fluxo de materiais e um melhor planejamento da linha de montagem.

O CONWIP (*constant work in process*) foi proposto como uma alternativa ao *kanban* para uma ampla variedade de produtos (GÓMEZ PAREDES *et al.*, 2022). CONWIP gera um ciclo de controle tal que o sistema de produção é equilibrado através de abordagens “*pull*”, onde busca evitar sobrecarregar o sistema de produção (VINCI-CARLAVAN; ALEJANDRO ROSSIT, 2022). O estudo de Dallasega, Rauch e Matt (2015), apresenta que manter os níveis de WIP (*work in process*) baixos, sincronizar prazos de entrega dos projetos de Engenharia, Fabricação e Instalação em projetos de ETO, evita operações que não agregam valor. No entanto, priorizar a lista de pendências lidando com a alta variabilidade dos processos de construção e considerando um ambiente de vários projetos é uma das questões críticas para o uso de um sistema CONWIP.

Com base em estudos de Powell (2018), esta pesquisa mostrou como a sinalização do *kanban* pode ser utilizada para visualizar e materializar o fluxo de trabalho em ambientes tanto de alto volume como de baixo volume de produtos. O quadro *kanban* pode ser usado para acelerar o rendimento em ambientes de fabricação ETO, introduzindo um mecanismo puxado eficaz com base na capacidade de recursos disponíveis. Neste trabalho teve dois estudos de caso, o primeiro experimentou uma redução média de *lead-time* de 50% após a implementação de uma solução *kanban* para montagem, teste e calibração de sensores. O segundo também obteve uma redução de tempo de entrega de mais de 50% após a implementação de sua solução *kanban* para inspeção, diagnóstico e reparo de sistemas de câmeras.

Segundo Wang *et al.* (2021), o objetivo principal da maioria das ferramentas *lean* não reduz o *lead-time*, enquanto a filosofia *quick-response-manufacturing* (QRM) enfatiza diretamente a redução do *lead-time*. QRM é uma estratégia de toda a empresa que busca aumentar o rendimento reduzindo os tempos de entrega em todas as operações, cobrindo todos os aspectos de fabricação, design, planejamento e

controle e gerenciamento de suprimentos. Dos paradigmas de manufatura, o QRM parece ser mais adequado para empresas que estão envolvidas em produtos *engineer-to-order* (ETO).

O mapeamento do fluxo de valor (VSM) é uma ferramenta de mapeamento *lean* usada para identificar desperdícios e oportunidades de melhoria nos processos. Tradicionalmente, o VSM tem sido utilizado no processo de produção física no chão de fábrica em ambientes de produção altamente repetitivos. Mais recentemente, tem sido estudada a aplicabilidade e adaptação do VSM para ambientes de produção menos repetitivos, como ETO (STRANDHAGEN *et al.*, 2018).

O VSM é uma ferramenta *lean* comumente usada, é uma ferramenta abrangente de análise e visualização, utilizada para ilustrar os principais processos e suas operações, juntamente com *lead-times* e fluxos de informação. Provavelmente, o VSM é a ferramenta *lean* que mais atenção recebeu, tanto em termos de evolução quanto de adaptação, para sua utilização em ambientes ETO (BRAGLIA *et al.*, 2019).

Tradicionalmente, o VSM tem sido utilizado no processo de produção física no chão de fábrica em ambientes de produção altamente repetitivos. Mais recentemente, tem sido estudada a aplicabilidade e adaptação do VSM para ambientes de produção menos repetitivos, como o ambiente ETO. No entanto, a maioria dos casos de aplicação do VSM no ambiente ETO concentra-se principalmente nos processos físicos, não abrangendo os importantes processos não físicos encontrados na fabricação de ETO, como vendas, Engenharia e gerenciamento de projetos (STRANDHAGEN *et al.*, 2018).

Aumentar a transparência do processo é uma das principais preocupações de uma estratégia de gestão chamada gestão visual VM (BRADY *et al.*, 2018). De fato, a visualização pode contribuir para a gestão do fluxo de informações, auxiliando na comunicação entre as partes interessadas e aumentando a acessibilidade à informação, o que pode auxiliar na tomada de decisão rápida (BRANDALISE *et al.*, 2021). O principal objetivo por trás da visualização adequada é comunicar efetivamente as informações usando recursos visuais. Esses visuais podem ser sinais, etiquetas, que basicamente são exibidos em todo o canteiro de obras, transmitindo determinadas mensagens e informações necessárias para prevenir acidentes de segurança. VM, que está trocando dados usando ferramentas visuais, tem um *background* histórico (ABDELKHALEK *et al.*, 2019).

Os autores Luo, Thevenin, Dolgui (2023), enfoca no impacto da Indústria 4.0 nas abordagens e *software* de planejamento de produção. As tecnologias de ponta que podem impactar na produção com uso de software de planejamento são internet das coisas, fabricação em nuvem, *blockchain* e análise de *big data*. Os autores discutem as futuras direções de pesquisa e aplicação no planejamento da produção. Concluem que a Indústria 4.0 levará à construção de modelos baseados em dados para *software* de planejamento de produção. Essas ferramentas incluirão modelos construídos com precisão a partir de dados, levarão em conta a incerteza e atuarão parcialmente a decisão de forma autônoma.

2.4 Desperdícios em Engineer-to-Order

Em projetos *lean*, a análise das perdas é fundamental para qualquer implementação no mundo real, uma vez que aumenta o desempenho dos recursos disponíveis. Porém, as ferramentas *lean* são muito específicas e limitadas para quantificar as perdas em ambientes de produção de ETO, ou excessivamente simplificadas para orientar a seleção e priorização de ações de melhoria que visam reduzir ou eliminar as causas das perdas (BERTOLINI *et al.*, 2022).

Geralmente, os produtos ETO são altamente customizados, possuem estruturas complexas com componentes padronizados e customizados e possuem restrições rígidas de tempo e orçamento para atender aos requisitos dos clientes. Essa complexidade leva a desperdícios nas fases de Engenharia, aquisição, fabricação, montagem e instalação de um projeto (SCHULZE; DALLASEGA, 2020).

Um ponto crítico para a implementação de ferramentas *lean* em empresas ETO, diz respeito à tarefa de categorização rigorosa e sistemática dos desperdícios (perdas). A abordagem *lean* categoriza os desperdícios e, portanto, permite a sua identificação rigorosa e sistemática dentro de um determinado processo produtivo. A maior parte das perdas nas empresas ETO ocorrem na fase de projeto, ao mesmo tempo, programar recursos em termos de material, equipamento e força de trabalho no momento certo afeta drasticamente a produtividade (BRAGLIA; DALLASEGA; MARRAZZINI, 2022).

Em ambientes ETO também existem desperdícios causados pelo cliente, os quais compreendem mudanças frequentes no projeto, especificações ou falta de aprovações. Desperdícios causados pelo departamento de Engenharia compreendem os tipos de desperdícios causados pela má organização, planejamento e execução de

tarefas de Engenharia complexas e fragmentadas durante a fase de projeto. Desperdícios causados pelo departamento de gerenciamento de projetos envolvem as ineficiências causadas por uma fraca coordenação geral do projeto, levando, por exemplo, à indisponibilidade de materiais e equipamentos, bem como a uma difícil acessibilidade no local. Desperdícios causados pelo departamento de fabricação envolvem os tipos de desperdícios que são causados durante a fase de produção (SCHULZE; DALLASEGA, 2020).

O primeiro passo crítico para a redução contínua de perdas no ambiente ETO é fornecer indicadores estruturados que medem o uso eficaz e eficiente dos recursos de produção em todos os processos de fabricação. Atualmente, o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) representa uma métrica *lean* de “melhores práticas”. O OEE visa avaliar a eficiência com que as máquinas são utilizadas no processo produtivo, identificando as perdas de produção que são decompostas em perdas de disponibilidade, desempenho e qualidade (BRAGLIA; GABBRIELLI; MARRAZZINI, 2019).

A variabilidade é uma das principais causas de desperdício, como defeitos de qualidade, longos tempos de configuração e paradas frequentes da máquina. Suas corrupções na produção resultam em enormes desperdícios, portanto a variabilidade deve ser removida ou controlada pelo *Kaizen* para eliminar desperdícios (ZHOU *et al.*, 2016).

A utilização dos recursos gráficos do VSM poderia ser uma boa base para identificar atividades de agregação de valor em ambientes ETO na redução de desperdícios. Na forma VSM, surgiu quando um novo conjunto de ferramentas, símbolos gráficos e conceitos foram adicionados ao mapeamento de processos com um plano específico para melhorar a visualização, destacando desperdícios e segregação de valor. Isso facilitou a realização do *lean* através de uma série de etapas, expondo desperdícios (SETH; SETH; DHARIWAL, 2017).

O estudo desenvolvido por Vaagen, Ballard (2021) apresenta que o custo médio e o atraso no tempo das alterações frequentes nos projetos de ETO e de construção são elevados e, com restrições de custos cada vez maiores, o aumento da produtividade é fundamental para a competitividade futura. Implementações *lean* bem-sucedidas em sistemas de produção baseados em projetos levaram a grandes reduções no desperdício e no tempo de lançamento no mercado. A principal contribuição é o sistema operacional proposto pelos autores, juntamente com o

processo para avaliar a utilidade pretendida, ou seja, aumentar a capacidade de lidar com mudanças tardias de forma rápida e econômica. Isto permite a avaliação quantitativa do valor da flexibilidade planeada em projetos *lean*, antes de a decisão ser tomada, e ilustra este valor para capturar oportunidades de mudanças orientadas para o cliente.

O trabalho de Strandhagen *et al.* (2018) apresenta que as características do ambiente ETO criam alta complexidade nesses processos, resultando em quantidades consideráveis de desperdícios. O potencial de redução do *lead-time* é, portanto, elevado também nestes processos, e não apenas nos processos de produção e montagem. Com base na manufatura *lean*, este artigo busca operacionalizar os princípios *lean* nas operações de ETO. Através de um estudo de caso aprofundado de uma empresa ETO, este artigo investiga os desafios, problemas e oportunidades de melhoria nos processos de negócios de uma empresa ETO, aplicando uma abordagem adaptada de VSM. O estudo serviu para identificar as principais fontes de desperdício que afetam negativamente o lead time nas operações de ETO. O artigo apresenta ainda diretrizes específicas que operacionalizam os princípios *lean*, a fim de reduzir o desperdício e melhorar o lead time nas operações de ETO.

2.5 Abordagens Para Construção de Estruturas Conceituais

Este tópico apresenta, com base na análise sobre o portfólio de artigos resultante da busca sistemática, a identificação de algumas abordagens sobre o tema de pesquisa. A investigação realizada sobre estes documentos verificou o entendimento de um conjunto de autores sobre como se desencadeia o processo de construção de estruturas conceituais, bem como se as suas descrições sobre as particularidades das atividades envolvidas na identificação de oportunidades.

Neste contexto, a pesquisa busca explorar métodos e técnicas que visam responder de maneira abrangente e aprofundada às complexidades envolvidas no processo de construção de estruturas conceituais.

Para estas abordagens foi realizada a identificação de suas características em relação ao processo construção de estruturas conceituais, principalmente sobre os aspectos que detalham como o processo é executado.

2.5.1 Abordagem por processos

A abordagem por processos (*Process Approach ou Cambridge Approach*) é estimulada pelo desenvolvimento da abordagem prescritiva, que operacionaliza um conjunto de conceitos, por meio de um processo estruturado, e com instrumentos de coleta de dados e critérios de avaliação (KING; DE LIMA; DA COSTA, 2014).

No que se refere à instrumentalização de conceitos, a metodologia cria uma sequência de fases, sendo cada fase composta por etapas e passos (CAUCHICK *et al.*, 2012). Conforme Platts (1994), a abordagem por processos é de pesquisa aplicada para o desenvolvimento, teste e refinamento de processos de operacionalização de *frameworks* conceituais. Constitui-se de uma metodologia prática voltada à melhoria da atuação gerencial nas organizações, caracterizada pela aplicação de estratégias conhecidas como quatro Ps: (i) procedimento (expor os passos lógicos do processo); (ii) participação (garantir o envolvimento dos atores-chave); (iii) gestão do projeto (garantir que o processo contará com os recursos necessários e que terá andamento de acordo com um plano definido); (iv) ponto de entrada (forma de apresentar o processo e obter comprometimento). No Quadro 1 é apresentado de forma geral a as características desejáveis na abordagem por processos deve conter.

Quadro 1 – Características desejáveis da abordagem por processos.

Procedimento	Participação	Gestão do Projeto	Ponto de Entrada
Bem definido. Estágios de: - Busca de informações; - Análise de informações; - Identificação de oportunidades para mudanças e melhorias. Ferramentas e técnicas simples e facilmente entendidas.	Atividades individuais e em Grupo. Busca-se obter: - Entusiasmo; - Compreensão; - Comprometimento.	Prover de recursos adequados. Identificar: - Grupo coordenador; - Grupo de apoio; - Grupo de operação.	Definir claramente as expectativas. Estabelecer comprometimento dos Grupos, coordenador e dos demais membros do Grupo.

Fonte: Adaptado de (CAUCHICK *et al.*, 2012)

2.5.1.1 Procedimento

De acordo com Cauchick *et al.* (2012), o procedimento é essencial para o processo, pois estabelece os passos a serem seguidos.

A exigência de um relatório escrito para cada parte do procedimento visa assegurar que os dados e as premissas possam ser revisados no futuro. Mesmo podendo ser um processo pontual, é importante considerar que muitas vezes, espera-se que um processo “estratégico” se torne parte das atividades de gestão, tornando-se um processo contínuo.

2.5.1.2 Participação

De acordo com Cauchick *et al.* (2012), o uso de grupos de trabalho, especialmente grupos multifuncionais, traz os seguintes benefícios:

- A. Proporciona um fórum onde a conceitos errados e erros na coleta de dados podem ser identificados em estágios iniciais;
- B. Oferece informações (entradas) de diferentes funções dentro da empresa e fornece conhecimentos específicos que podem auxiliar todo o grupo;
- C. Permite uma variedade de opiniões para serem apresentadas e discutidas de forma relativamente rápida, e provê uma maneira de alcançar consenso a cada estágio, antes de avançar para os estágios seguintes;
- D. Garante o envolvimento das pessoas da empresa durante o processo, fazendo com que se sintam “donas” dos resultados obtidos.

2.5.1.3 Gestão do Projeto

Na gestão do projeto, prover recursos adequados é essencial para garantir que cada atividade seja realizada de maneira eficiente e integrada, conforme o plano estabelecido e alinhada aos objetivos da pesquisa. Segundo Cauchick *et al.* (2012), essa abordagem e não apenas assegura que os recursos estejam disponíveis, mas também promove a execução do projeto e seus resultados.

São constituídos vários grupos para operacionalizar e supervisionar o progresso do processo. O Grupo Coordenador tem a responsabilidade de garantir que o processo tenha os recursos necessários para avançar e receber a devida atenção da empresa. Deve assegurar o reconhecimento da importância do processo dentro da organização e promover a participação interfuncional.

O Grupo de Apoio fornece a expertise no processo. Envolve as seguintes tarefas e responsabilidades: Monitorar o progresso do processo em suas diferentes

etapas, organizar reuniões e encontros relacionados ao processo, garantir o registro adequado do processo e orientar e encaminhar ações entre os encontros;

O Grupo de Operação é composto pelas pessoas que executam o trabalho prático do processo, incluindo a coleta e análise de dados, bem como a consideração e análise de possíveis mudanças.

2.5.1.4 Ponto de Entrada

O ponto de entrada do processo é o mecanismo de "introdução" do processo dentro da empresa. Ele tem como objetivo estabelecer uma compreensão comum dentro da organização sobre o propósito do processo e os resultados esperados. É essencial que o ponto de entrada defina claramente a razão pela qual o processo está sendo implementado e o que se espera alcançar com ele. Isso garante que todos os membros da empresa tenham uma compreensão compartilhada sobre o objetivo do processo e possam trabalhar em direção a resultados consistentes (CAUCHICK *et al.*, 2012).

2.5.1.5 O uso da abordagem por processos

De acordo com Cauchick *et al.* (2012), a partir de um *Framework* que se queira implementar, desenvolve-se um processo, constituído por fases e etapas. É importante que o processo criado observe as características desejáveis dos processos.

As fases constituem etapas do processo criado. Cada etapa, por sua vez, é instrumentalizada por passos, e a cada passo corresponde a uma folha de tarefa (FT). As FTs são quadros ou tabelas que, na realidade, correspondem a instrumentos para a coleta e síntese dos dados.

As discussões para o preenchimento das folhas de tarefa são feitas em grupos e são conduzidas por facilitadores, com um papel de coordenação e não técnico/especialista.

As folhas de tarefa são apresentadas aos participantes antes dos encontros dos grupos, de forma a permitir uma reflexão quando do seu preenchimento.

2.5.2 *Framework* de Bertolini

Para o *Framework* de Bertolini *et al.* (2022), foi utilizada uma abordagem de construção de pesquisa aplicada, seguindo diversas etapas metodológicas divididas em quatro estágios principais: análise, *design* conceitual, prova de conceito e pesquisas futuras. Este *Framework* foi especificamente desenvolvido para ambientes de produção ETO, proporcionando uma solução robusta e adaptada às particularidades desse tipo de produção.

No estágio inicial de análise, a metodologia se concentra em compreender profundamente o ambiente de produção ETO da empresa. As atividades incluem:

- Coleta de Dados Primários: Realização de entrevistas detalhadas com gerentes de projeto, empregadores de logística e manufatura, e pessoal do escritório de Engenharia para coletar informações sobre os processos atuais e identificar pontos críticos.
- Mapeamento de Processos: Elaboração de um mapeamento detalhado dos processos de produção para visualizar o fluxo de trabalho e identificar áreas onde ocorrem perdas.

Com base nos *insights* obtidos na fase de análise, a sequência é desenvolver o *design* conceitual do *Framework*: desenvolvendo ferramentas e metodologias específicas para identificar, medir e mitigar perdas em processos ETO.

O estágio de prova de conceito a aplicação prática do *Framework* em um ambiente real de produção ETO para testar sua eficácia:

- Implementação: Aplicação do *Framework* em uma empresa específica, como a empresa italiana do setor siderúrgico mencionada no estudo.
- Monitoramento e Avaliação: Monitoramento contínuo do processo para avaliar a capacidade do *Framework* em identificar e quantificar perdas.
- *Feedback* e Ajustes: Coleta de *feedback* dos usuários do *Framework* e ajustes baseados em suas observações para melhorar a eficácia e a usabilidade do *Framework*.

Após a verificação inicial do *Framework*, o estágio final envolve a reflexão sobre os resultados obtidos e a exploração de futuras pesquisas e melhorias:

- Adaptação e Expansão: Consideração de adaptações necessárias para aplicar o *Framework* em diferentes cenários ETO e em outras indústrias.

- Futuras Linhas de Pesquisa: Identificação de áreas para futuras pesquisas, como novas metodologias para a mitigação de perdas e a adaptação do *Framework* para diferentes contextos de produção.

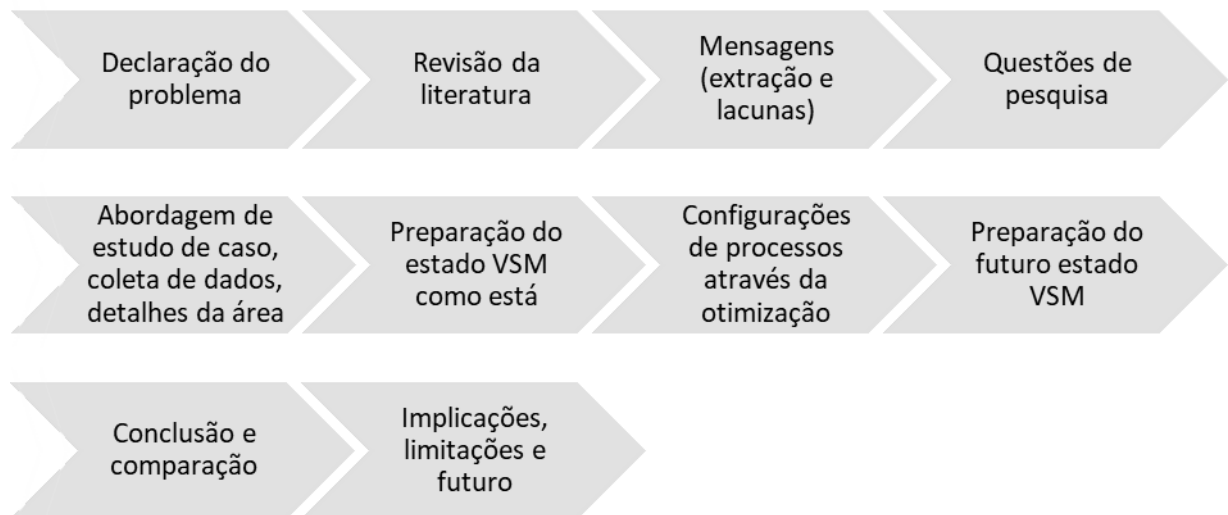
O *Framework* desenvolvido por Bertolini *et al.* foi testado em uma empresa italiana do setor siderúrgico com o objetivo de avaliar sua capacidade de identificar e reduzir perdas em projetos ETO. Através de uma abordagem iterativa, foram planejadas melhorias contínuas, destacando os pontos fortes e limitações do *Framework*, com o intuito de adaptá-lo a outros cenários e ampliar seu impacto positivo.

2.5.3 *Framework* de Seth

O *Framework* dos autores Seth, Seth, Dhariwal (2017), começa com o reconhecimento da definição do problema para o estudo. É seguido por uma revisão sistemática da literatura para compreender as mensagens da investigação, a experiência dos acadêmicos e as áreas lacunares. É seguido por questões de pesquisa levantadas para o estudo. Com base na natureza da investigação, o método de estudo de caso é utilizado como abordagem para facilitar a coleta de dados e outros detalhes necessários.

Um ponto importante do *Framework* é a etapa de preparação de 'Como está' ou mapa do fluxo de valor do *status* existente para entender todo o processo, fluxo, desperdícios, dificuldades e fontes de retrabalho. A Figura 1 apresenta o *Framework* desenvolvido pelos autores.

Figura 1 – Framework do estudo de Seth.



Fonte: Adaptado de Seth; Seth; Dhariwal (2017)

Os autores aplicaram a abordagem *gemba-walk* de Tyagi *et al.*, (2015), que defende a visão de que, para compreender completamente um problema, é necessário visitar o local de trabalho real e observar o impacto do que está acontecendo, o que influencia vários fluxos de trabalho e fluxos de valor. Junto com as caminhadas pelo *gemba-walk*, a equipe também fez uso de técnicas de questionamento sistemático de 5whys (perguntar por que cinco vezes para a causa raiz) e 5W2H (Por que, o quê, onde, quando, quem, como, quantos/quanto). A técnica de questionamento facilita o exame crítico onde cada atividade é submetida a uma série sistemática e progressiva de perguntas para identificar as fontes de desperdícios e facilita melhorias.

Os autores investigam a aplicação do mapeamento de fluxo de valor (VSM) para melhorias *lean* e redução do tempo de ciclo em ambientes de produção complexos, focando em uma empresa fabricante de transformadores industriais pesados. A pesquisa é motivada pela necessidade de demonstrar como o VSM pode ser aplicado de forma eficaz em ambientes de produção complexos, como em ETO e produção de alto *mix* e baixo volume.

A conclusão do estudo destaca que a aplicação do VSM, juntamente com técnicas de otimização, pode trazer benefícios significativos mesmo em ambientes de produção complexos. A comparação entre os estados atual e futuro do VSM mostrou melhorias claras em termos de redução de tempo de ciclo e eliminação de desperdícios.

As implicações do estudo sugerem que o VSM pode ser adaptado para ambientes de produção complexos com ajustes apropriados. No entanto, os autores reconhecem limitações, incluindo a necessidade de dados detalhados e a complexidade das interações de processos em ambientes ETO. Por fim os autores afirmam que estudos futuros devem explorar mais a fundo essas adaptações e verificar as descobertas em outros contextos industriais.

2.6 Aplicações Práticas de Modelos ETO e *Lean* na Literatura

2.6.1 *Framework* de Schulze

Os autores Schulze; Dallasega, (2020) apresentam um *framework* que pode ser utilizado para desenvolver uma ferramenta de avaliação *lean* e Indústria 4.0 para empresas ETO, auxiliando a implementação desses conceitos para mitigar as categorias de perdas apresentadas.

Em Primeiro, os autores diferenciam categorias de perdas tradicionais em ETO. Em seguida, são propostos os métodos *lean* identificados, seguidos dos conceitos e tecnologias identificados da Indústria 4.0 que podem ser aplicados para aliviar as perdas detalhadas.

Devido as características do sistema de produção ETO, os autores propõem uma classificação em seis categorias principais: perdas causadas por interferências entre equipes de trabalho, perdas causadas pelo cliente, perdas causadas pelo departamento de Engenharia, perdas causadas pelo departamento de gerenciamento de projetos, perdas causadas pelo departamento de fabricação e também perdas causadas pela montagem. Os autores, ao revisarem a literatura, identificaram vários métodos *lean*, além de conceitos e tecnologias da Indústria 4.0, que podem ser aplicados para mitigar essas perdas específicas do sistema ETO.

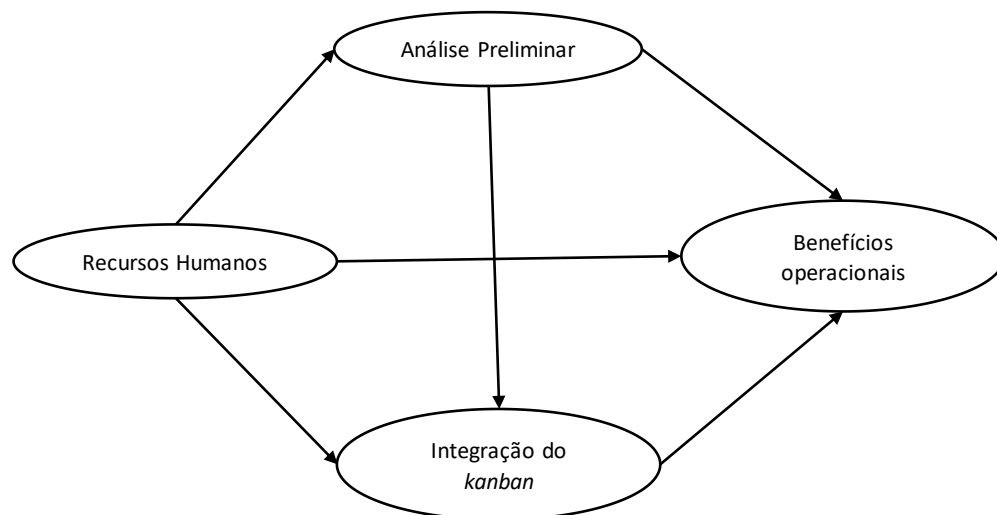
Os autores apresentam relatórios que foram apresentados aos especialistas da área. Durante as sessões de avaliação, os especialistas analisaram criticamente os dados coletados. Os relatórios continham gráficos, tabelas e análises estatísticas que facilitaram a visualização dos pontos fortes e fracos de cada componente do *framework*. Mudanças foram documentadas e justificadas para assegurar que cada alteração fosse suportada por evidências sólidas e consenso entre os especialistas.

2.6.2 Modelo de Mojarro

Os autores Mojarro-Magaña *et al.* (2018), apresentam um modelo referente às equações estruturais do impacto da fase de planejamento e dos benefícios adquiridos na implementação do sistema *kanban*. O modelo foi desenvolvido e validado através de três variáveis latentes, recursos humanos, análise preliminar e integração do *kanban* como apresentados na Figura 2. O modelo apresenta seis hipóteses para verificar as relações causais entre essas variáveis.

Dado que, nesta investigação, apenas é relatado o planejamento para a implementação do *kanban*, esta etapa é dividida em outras variáveis que o representam, como recursos humanos, análise preliminar e integração do *kanban*, bem como as atividades anteriores à implementação e design do sistema *kanban* e os benefícios operacionais obtidos.

Figura 2 – Modelo de Mojarro: planejamento com hipóteses.



Fonte: Adaptado de Mojarro Magaña *et al.* (2018)

Algoritmos de mínimos quadrados parciais são utilizados pelos autores para validar a hipótese, e os autores indicam que a análise preliminar é a base para o sucesso da implementação do *kanban* na etapa de planejamento, através da aplicação de atividades, como 5's, VSM, movimentação de materiais, fluxograma e recursos visuais com abordagem sustentável, de acordo com o fluxo eficiente de materiais e tempo mínimo de inatividade.

Os autores desenvolvem um questionário dividido em cinco seções. A primeira seção inclui os dados demográficos da empresa e os dados gerais do respondente. A próxima seção inclui itens correspondentes à etapa de planejamento;

depois, os itens associados à implementação; em seguida, a seção de controle com e, por fim, a seção com os benefícios obtidos. Contudo, nesta investigação foram analisados apenas os itens que compõem a etapa de planejamento, os quais foram identificados a partir de uma revisão de literatura.

O questionário desenvolvido pelos autores, é respondido através da escala *likert*, que inclui valores entre 1 e 5. Os valores da escala são apresentados no Quadro 2, e respondem às seguintes questões: “Qual a importância das seguintes atividades durante a implementação do sistema *kanban*?” E com relação aos benefícios, “Qual é o nível de benefício obtido após implementando o sistema *kanban*?”

Quadro 2 – Escala de valores *likert* desenvolvido pelos autores.

Valor	1	2	3	4	5
Atividade	Sem importância. Nunca	Menos importante. Muito raramente	Regularmente	Importante com frequência	Muito importante. Sempre

Fonte: Adaptado de (Mojarro-Magaña et al., 2018)

Foram utilizadas estratégias diferentes para aplicação do questionário; uma delas foi enviar eletronicamente os dados obtidos. Também foram realizadas visitas presenciais às empresas para informá-las sobre o interesse da investigação, saindo fisicamente da pesquisa e coletando os resultados nos dias seguintes. Para os questionários que foram respondidos eletronicamente, foi utilizado o aplicativo *Google Drive Forms*, e os aplicados fisicamente foram capturados manualmente.

2.6.3 *Framework* de Varl

Os autores Varl, Duhovnik, Tavčar (2020), apresentam um estudo de caso e um *framework* resultante do processo LPD (*lean product development*) para um ambiente de produção único (OKP). Os autores enfatizam seis estratégias: envolvimento de fornecedores, Engenharia simultânea, equipes multifuncionais, integração de atividades, estrutura de equipe pesada e gestão estratégica de projetos.

O *Framework* demonstrado é o resultado de uma pesquisa intensiva de 5 anos que levou a uma extensa transformação de um ambiente de PD (*product development*) em um processo altamente eficiente de acordo com os princípios *lean*. Os autores dividiram os princípios do LPD em três níveis principais: processos e ferramentas, pessoas e conhecimento.

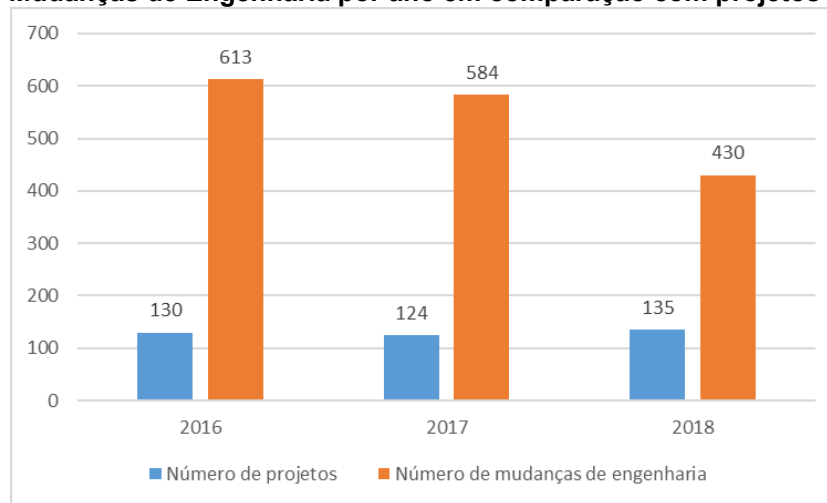
No nível de processos e ferramentas, o cliente é sempre o ponto de partida de qualquer processo. Embora haja sempre um certo grau de componentes que passam por um *design* completamente novo, a adaptação rápida e robusta de soluções de design pré-existentes continua a ser a parte principal do processo de PD. Esta é a razão pela qual o aspecto da padronização é tão importante. O desafio é reduzir a variação de itens, preservando ao mesmo tempo as características do produto.

No nível de pessoas um dos princípios importantes segue da metodologia *lean* que é nivelar o fluxo. Começa com a estabilização do processo a ser previsto e adequadamente planejado. Isso permite que o planejamento do produto reduza grandes oscilações na carga de trabalho. Outro aspecto importante é o desenvolvimento de uma hierarquia funcional da equipe de *design* por meio da formação adequada da equipe de projeto.

No nível de conhecimento, a aprendizagem organizacional é uma pré-condição obrigatória para um progresso incessante que apoia todos os outros princípios. A capacidade de uma empresa expandir e reter o conhecimento e as competências do seu pessoal pode transformar-se vantagem competitiva sustentável. A interação constante com os fornecedores, o enriquecimento do conhecimento de Engenharia e o investimento em recursos humanos parecem ser os aspectos mais importantes deste domínio.

A Figura 3 apresenta o número de projetos concluídos no departamento de projetos mecânicos para o segmento de produto estudado. A análise dos autores mostra claramente uma queda considerável nas mudanças necessariamente de Engenharia, que são consequência de um *design* de produto não ideal. Seus resultados estão em associação direta com a maior robustez do processo de desenvolvimento e *design*. A empresa da amostra passou por mudanças radicais durante a reforma apresentada neste estudo de caso.

Figura 3 – Mudanças de Engenharia por ano em comparação com projetos concluídos.



Fonte: Adaptado de Varl, Duhovnik, Tavčar (2020)

2.7 Análise Estatística

Nesta pesquisa, para uma melhor análise dos resultados, foi realizada uma abordagem quantitativa para estabelecer o *ranking* médio (RM) para o questionário que utilizou escala tipo *likert* de 5 pontos para mensurar o grau de concordância dos sujeitos que responderam o questionário. Optou-se por utilizar o cálculo por *ranking* médio (RM), pois consiste em uma técnica estatística que permite observar em qual nível de concordância se encontra a maior parte dos respondentes para cada afirmativa (DAMASCENO; SEDANO, 2024).

O RM foi calculado considerando-se a frequência das respostas, por meio da seguinte fórmula:

$$\text{RANKING MÉDIO (RM)} = \sum (FI.VI) / N$$

Onde:

FI = frequência observada de cada resposta para cada questão

VI = valor de cada resposta

N = número total de respostas

Quanto mais próximo de 5 o RM, maior é o grau de concordância entre os correspondentes (GIRARD *et al.*, 2022).

Devido à natureza amostral dos dados, foi utilizado o desvio padrão como métrica para avaliar a dispersão dos dados, pois leva em consideração a totalidade dos valores da variável em estudo (SILVA; FERNANDES; DE ALMEIDA, 2015). O símbolo para o desvio padrão em um conjunto de dados observados é s , e a fórmula para obter o desvio padrão é a seguinte.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (xn - \bar{x})^2}{N}}$$

Onde:

s = desvio padrão

xn = dados envolvidos

$\bar{x}$ = média aritmética dos dados

N = quantidade de dados

2.8 Síntese de Seção

O atual paradigma de oferta no mercado requer produtos altamente personalizados, que só podem ser produzidos por meio de sistemas de fabricação complexos, como o ETO. A alta customização, os longos prazos de entrega, a pressão de custos e os desafios no planejamento e controle das operações resultam em uma quantidade significativa de atividades que não agregam valor, levando a ineficiências e baixa produtividade.

Uma característica fundamental do ETO é que praticamente cada projeto exige um novo desenvolvimento, o que demanda um esforço substancial de coordenação entre diferentes departamentos. O cliente faz o pedido na fase de projeto, muitas vezes requerendo um prazo de entrega curto, o que, por sua vez, exige alguma sobreposição entre as etapas do projeto.

Uma das principais razões para a subestimação de orçamentos em processos ETO é a falta de disponibilidade de componentes no local de trabalho no tempo necessário. Para enfrentar a complexidade do planejamento no ambiente ETO, o processo de planejamento precisa ser dividido em partes mais gerenciáveis, utilizando um modelo de planejamento e controle hierárquico com três níveis de decisão gerencial: estratégico, tático e operacional.

A implantação dos sistemas *lean* podem contribuir para redução de desperdícios e melhoria de eficiência de empresas com processos ETO. Pois existem conceitos *lean* que podem ser amplamente aplicados na maioria dos ambientes industriais, como “eliminação de desperdícios” e “entregas *just-in-time*” por exemplo. A implementação *lean* como estratégia não só eleva o patamar de competitividade, mas também efetivamente revoluciona as operações de produção, tornando-as mais

dinâmicas. Isso se traduz em um incremento na produtividade, aprimorando tanto o desempenho operacional quanto o desempenho financeiro.

A construção de um *Framework* dedicado à implementação de práticas *lean* em empresas com processos ETO requer uma abordagem personalizada, adaptada às características específicas desse tipo de operação. Foi crucial considerar a natureza única de cada projeto, a urgência nos prazos e a complexidade na gestão de recursos.

A metodologia da pesquisa foi cuidadosamente estruturada para incorporar as características e abordagens discutidas nas seções 2.5, 2.6 e 2.7. Cada uma dessas seções oferece contribuições para a construção e avaliação do *Framework*, a seção 2.5, discute *frameworks* e a abordagem por processos (*Process Approach*) fornecendo uma base metodológica para a estruturação do *Framework*. As fases e etapas descritas, como busca e análise de informações, identificação de oportunidades para mudanças e melhorias, bem como a participação ativa dos principais *stakeholders*, são incorporadas na metodologia para garantir que o *Framework* seja desenvolvido de maneira sistemática e participativa.

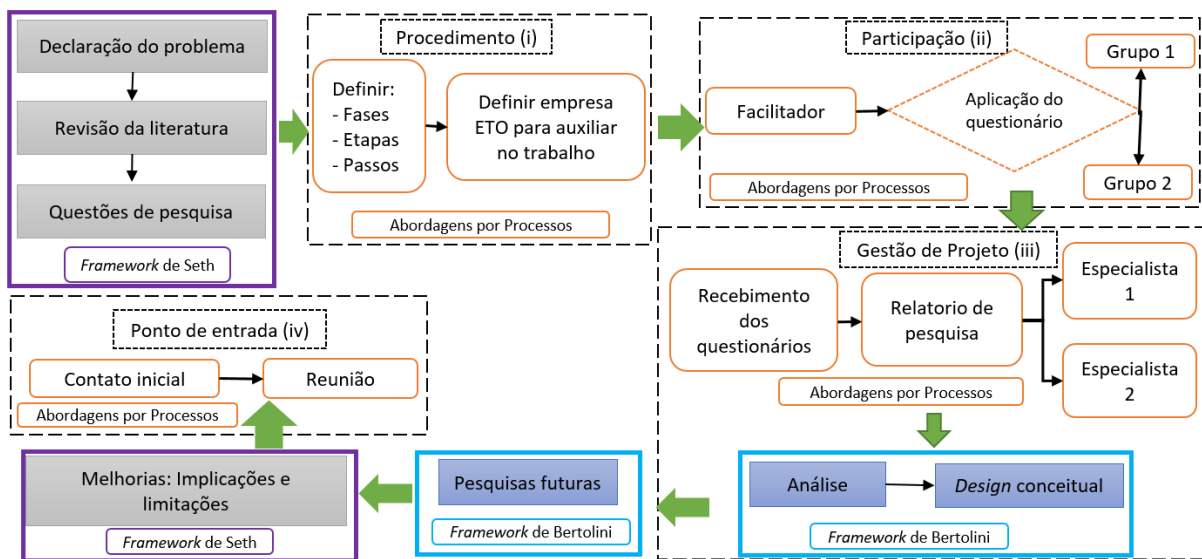
A seção 2.6 fornece uma análise de modelos e *frameworks* existentes e suas aplicações práticas forneceram compreensões sobre as melhores práticas e desafios enfrentados na implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO.

A análise estatística discutida na seção 2.7, foi útil para a dissertação, permitindo uma avaliação objetiva dos dados coletados pelos especialistas. A utilização do *ranking* médio possibilitou a classificação das FTs mais e menos valorizadas pelos correspondentes da pesquisa. O desvio padrão, por sua vez, foi essencial aos especialistas para identificar a dispersão dos dados em relação à média.

3 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa propõe a construção de um *Framework* para implementação de práticas *lean* para empresas que atuam com processos ETO. Neste capítulo, é exposta a organização geral da pesquisa, abrangendo os procedimentos adotados e detalhando todos os estágios executados. A Figura 4 apresenta uma visão geral da metodologia da pesquisa e como foi orientou a construção do *Framework* proposto.

Figura 4 – Metodologia da pesquisa de construção do *Framework* proposto.



Fonte: Autor (2024)

A metodologia foi conduzida tomando-se por base as abordagens apresentadas nas seções 2.5, 2.6 e 2.7 e na análise do portfólio bibliográfico resultante da revisão sistemática de literatura. O escopo deste capítulo se estende a uma análise de diferentes perspectivas e abordagens apresentadas, visando proporcionar uma compreensão mais completa e refinada do tema de estudo.

Ao realizar a revisão sistemática de literatura, identificou-se trabalhos que usaram abordagens como " *Framework* " e "modelo". Considerando a natureza do trabalho, optou-se por adotar um *Framework* conceitual que oferece uma estrutura robusta e flexível para seu desenvolvimento. Essa escolha foi apoiada pelas vantagens e recursos oferecidos pelo *Framework* em relação aos objetivos do trabalho.

A construção do *Framework* conceitual para esta pesquisa demanda um processo aplicado, que se desdobra em várias etapas cruciais. Inicialmente, uma

análise abrangente dos trabalhos explorados nas seções 2.5, 2.6 e 2.7. Buscando identificar e compreender as diferentes características relevantes ao estudo.

Em seguida, foi necessário realizar uma síntese dessas características, destacando suas inter-relações e padrões. Permitindo uma abordagem analítica, onde os elementos relevantes ao estudo são examinados e comparados com demais trabalhos do portfólio bibliográfico.

Posteriormente, a criação do *Framework* propriamente, envolvendo a estruturação dessas características em uma forma organizada e coesa. Para isto, foi necessário à verificação do *Framework* por meio de estudo de caso, contendo revisões e análises de Especialistas no campo ETO.

A decisão de concentrar o *Framework* exclusivamente na fase de fabricação, em vez de incluir também as áreas de Engenharia e instalação do produto, baseia-se em diversas considerações estratégicas e práticas. A fabricação é o estágio onde os desperdícios e ineficiências operacionais são mais pronunciados. Os desperdícios de materiais, tempo e recursos são mais fáceis de quantificar e têm um impacto direto nos custos e na eficiência global do processo produtivo.

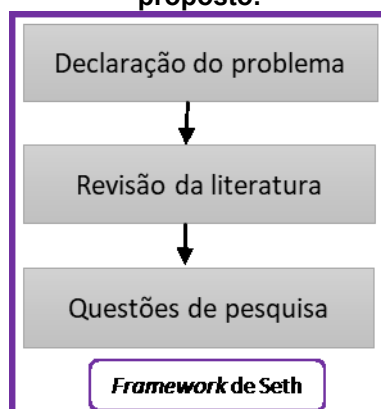
Conforme apontado pela literatura dessa pesquisa, a abordagem por processos proposta por Cauchick *et al.* (2012) demonstrou-se particularmente eficaz devido a sua metodologia prática voltada para a melhoria da gestão nas organizações, fundamentada na aplicação das estratégias conhecidas como os quatro Ps ((i) procedimento, (ii) participação; (iii) gestão do projeto; (iv) ponto de entrada) apresentada pela abordagem por processos. A abordagem cria uma sequência estruturada de Fases, cada uma composta por Etapas e Passos, o que facilita a organização e a implementação de processos complexos dentro do ambiente ETO.

Além dessa abordagem, a revisão da literatura revelou outros métodos relevantes para construção, como os propostos por Bertolini *et al.*, (2022) e autores Seth, Seth, Dhariwal (2017). Estes métodos foram incorporados a pesquisa devido a permitir uma integração com a abordagem de processos, o que possibilitou desenvolver o *Framework* proposto.

O processo começou (Figura 5) com o *Framework* de Seth, pela "Declaração do problema", que envolveu a identificação e a formulação clara do problema de pesquisa a ser investigado. Em seguida, o processo avança para a "Revisão da literatura". Neste estágio, realiza-se uma pesquisa e análise de trabalhos acadêmicos e científicos já publicados, que são relevantes para o problema identificado.

Com base nas informações obtidas nas partes anteriores, formulam-se as "Questões de pesquisa". Estas perguntas específicas orientam o objetivo geral e os objetivos específicos, estabelecendo o que se pretende investigar e responder ao longo do estudo.

Figura 5 – Processo inicial da metodologia da pesquisa de construção do *Framework* proposto.



Fonte: Autor (2024)

3.1 Revisão Sistemática da Literatura

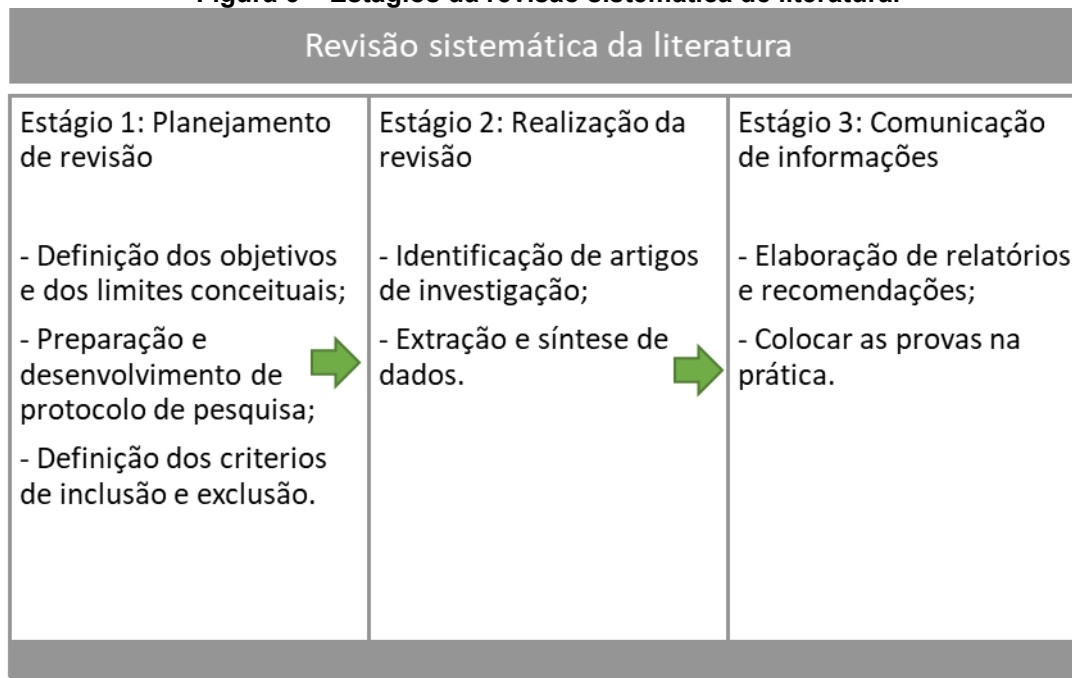
A escolha pela revisão sistemática da literatura (SLR) como metodologia central desta pesquisa foi fundamentada na necessidade de aplicar um método rigoroso e bem definido para revisar os estudos existentes na literatura e, assim, responder a questões específicas. De acordo com Cannas e Gosling (2021), a SLR permite uma abordagem estruturada e sistemática, essencial para assegurar a qualidade e a validade dos resultados.

Sordan *et al.* (2023) reforçam essa perspectiva ao descreverem a SLR como um “método sistemático, explícito, abrangente e reproduzível para identificar, avaliar e sintetizar o corpo existente de trabalhos concluídos e registrados produzidos por pesquisadores, acadêmicos e profissionais”. Essa definição aponta a capacidade da SLR de oferecer uma visão abrangente e bem fundamentada do estado atual do conhecimento em uma determinada área, o que foi crucial para o desenvolvimento de teorias sólidas e baseadas em evidências.

Esta pesquisa adota a metodologia da revisão sistemática da literatura, conforme descrita por Adlin *et al.* (2020), Cannas e Gosling (2021), Gan, Musa e Yap (2023), e Sordan *et al.* (2023). Essa abordagem se destaca por ser mais replicável e transparente do que as revisões não estruturadas tradicionais. Foi escolhida especificamente para este estudo devido à sua capacidade de minimizar vieses e

erros, além de facilitar a organização e a síntese da literatura acumulada na área escolhida. O estudo está organizado em três estágios distintos, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Estágios da revisão sistemática de literatura.



Fonte: Autor (2024)

Durante o primeiro Estágio, os objetivos determinam o que se espera alcançar com a revisão, seja identificar lacunas na pesquisa existente, sintetizar o conhecimento atual ou avaliar a eficácia de uma intervenção específica. O escopo da pesquisa delimita o campo de estudo, especificando os tópicos a serem abordados e aqueles a serem excluídos. Em seguida, foi formulado um protocolo de revisão detalhado, que serve como um guia estruturado para todo o processo. Este protocolo inclui a formulação de questões de pesquisa claras e específicas, a definição de estratégias de busca (como a seleção de bases de dados e as palavras-chave a serem utilizadas), e os métodos para a seleção de estudos, que descrevem os procedimentos para avaliar a relevância dos artigos identificados. Parte fundamental do planejamento também foi a definição dos critérios de inclusão e exclusão, que especificam as características que os estudos devem ter para serem incluídos na revisão, data de publicação e a pertinência inadequada ao tema da pesquisa.

No segundo Estágio, a revisão da literatura foi realizada seguindo o plano definido. Esta fase começa com a identificação dos artigos de pesquisa nas bases de dados escolhidas, utilizando as palavras-chave e estratégias de busca definidas no

protocolo. Após a identificação inicial dos artigos, ocorre a seleção dos estudos que atendem aos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos. Esse processo de seleção inclui uma triagem inicial, na qual títulos e resumos são avaliados para determinar sua relevância. Os estudos que passam pela triagem inicial são então submetidos a uma avaliação completa, onde os textos completos são lidos para confirmar se realmente atendem aos critérios de inclusão. Uma vez selecionados, os dados relevantes dos estudos são extraídos. Esse processo de extração envolve a coleta de informações essenciais, como os métodos empregados, os resultados obtidos e as conclusões dos estudos.

Finalmente, o terceiro Estágio envolve a elaboração de relatórios e a divulgação dos resultados. Nesta fase, foi elaborado um relatório que compila todos os achados da revisão. O relatório deve incluir uma introdução que forneça o contexto e a justificativa para a revisão, uma descrição detalhada dos métodos seguidos conforme o protocolo, os resultados da revisão apresentados de forma clara e estruturada, incluindo tabelas e gráficos quando necessário, e uma discussão que interprete os resultados, discutindo suas implicações para a prática e sugerindo direções para pesquisas futuras. As conclusões devem resumir os achados principais de maneira concisa.

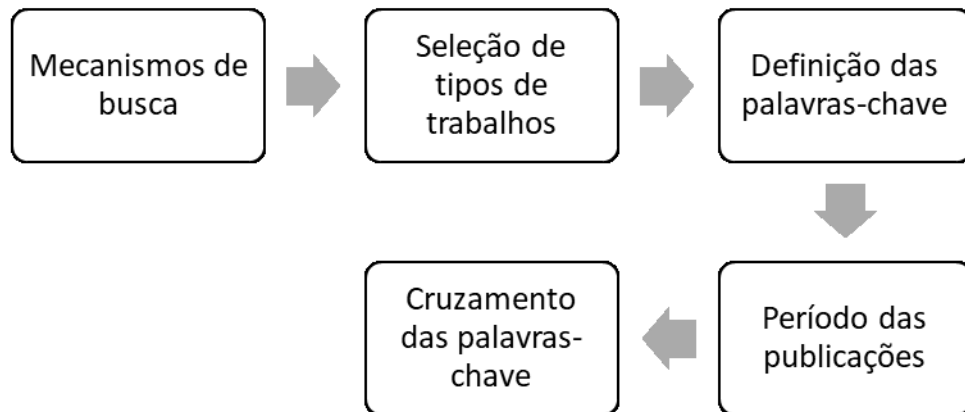
As seções 3.1.1 e 4.1 destacam pontos cruciais extraídos dos três estágios da revisão sistemática que tiveram maior impacto na construção do portfólio bibliográfico. Esses pontos fornecem uma compreensão detalhada dos critérios para a seleção de estudos, o processo de seleção propriamente dito, e a extração e síntese de dados, todos fundamentais para o desenvolvimento rigoroso e estruturado do portfólio.

A seção 3.1.1 discute os critérios para seleção dos estudos, especificando os parâmetros usados para incluir ou excluir estudos relevantes. A seção 4.1 aborda o processo de seleção dos estudos, detalhando como os artigos foram identificados e escolhidos para a revisão. Finalmente, trata da extração e síntese de dados, explicando como as informações foram coletadas dos estudos selecionados e integradas para formar uma compreensão coesa dos resultados.

3.1.1 Critérios para seleção dos estudos

Os seguintes critérios de inclusão utilizados na pesquisa são apresentados na Figura 7.

Figura 7 – Critérios de inclusão da pesquisa.



Fonte: Autor (2024)

O mecanismo de busca escolhido foi a base de dados *Web-of-Science*, que possui *links* para outros mecanismos de busca acadêmicos e a base de dados *Science Direct*. Para apoiar a busca, algumas buscas adicionais foram feitas através do *Google Acadêmico*.

Foram selecionados artigos de periódicos, teses, dissertações, livros. Durante o processo de busca, foram utilizadas combinações de termos relacionados, empregando operadores booleanos, como por exemplo: ("ENGINEER-TO-ORDER") AND ("JUST-IN-TIME") AND ("LEAN"). Após uma análise inicial dos resultados obtidos, foram definidas as palavras-chave que serviram como base para criar combinações adicionais e desenvolver o portfólio bibliográfico. O Quadro 3 apresenta as palavras chave usadas como busca nas bases.

Quadro 3 – Palavras-chave usadas como busca nas bases.

Palavras-chave	<i>Engineer-to-order, ETO, lean tools, waste, lean manufacturing, manufacture-to-order, high-mix-low-volume, small and medium enterprise, just-in-time, Kanban, value stream mapping, cloud manufacturing</i>
----------------	---

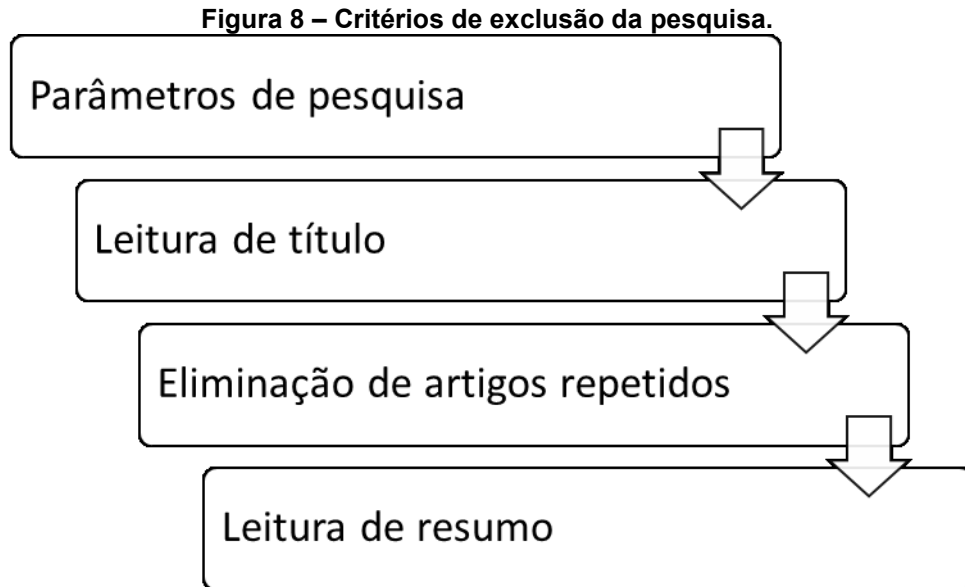
Fonte: Autor (2024)

Os estudos escolhidos representam pesquisas relevantes sobre o tema, por isso o período das publicações escolhido foi de publicações entre 2012 a 2024.

Todas as palavras-chave foram cruzadas para garantir uma abordagem abrangente. Durante a busca nas bases de dados selecionadas, foram considerados títulos, palavras-chave e resumos dos artigos. Para otimizar o processo de análise e evitar a inclusão de artigos duplicados, foi utilizado o *software Mendeley*. Ao eliminar

duplicatas e garantir a inclusão apenas de artigos relevantes, foi possível realizar uma análise mais precisa e significativa do corpus bibliográfico selecionado.

Os seguintes critérios de exclusão usados para restringir o tamanho da amostra de pesquisa são apresentados na Figura 8.



Fonte: Autor (2024)

Contextualmente, a pesquisa abrangeu *engineer-to-order*, *lean tools*, *waste*. A pesquisa incluiu estudos empíricos, tais como estudos de caso, inquéritos e análises de bases de dados industriais. O que não pertence a esses parâmetros foram excluídos. Foi relevante que, em casos de dúvida quanto ao alinhamento de um artigo, foi decidido não excluí-lo nesse momento, para evitar a exclusão indevida de artigos potencialmente relevantes.

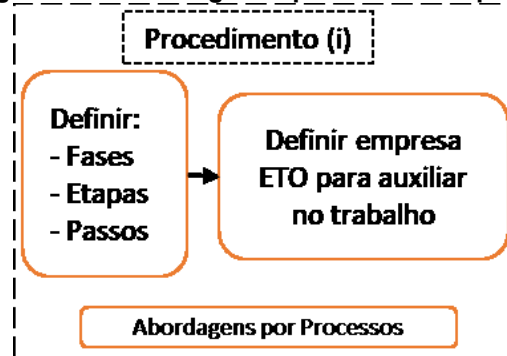
O próximo Estágio consistiu na leitura de todos os títulos dos trabalhos. Em seguida a eliminação de artigos repetidos. Na sequência a leitura dos resumos para avaliar sua pertinência em relação ao tema da pesquisa. Os artigos que não estavam alinhados foram excluídos nesse Estágio.

3.2 Estratégia Procedimento (i)

Conforme apresentado na Figura 9, a estratégia "(i) procedimento" foi detalhada por meio da definição das Fases, Etapas, Passos, e pela identificação das empresas que auxiliaram na execução do trabalho. Para atender ao primeiro "P", a estratégia de procedimentos desta pesquisa foi estruturada com base nas

características de construção da abordagem por processos, assegurando uma organização clara que facilita a aplicação e acompanhamento do *Framework*.

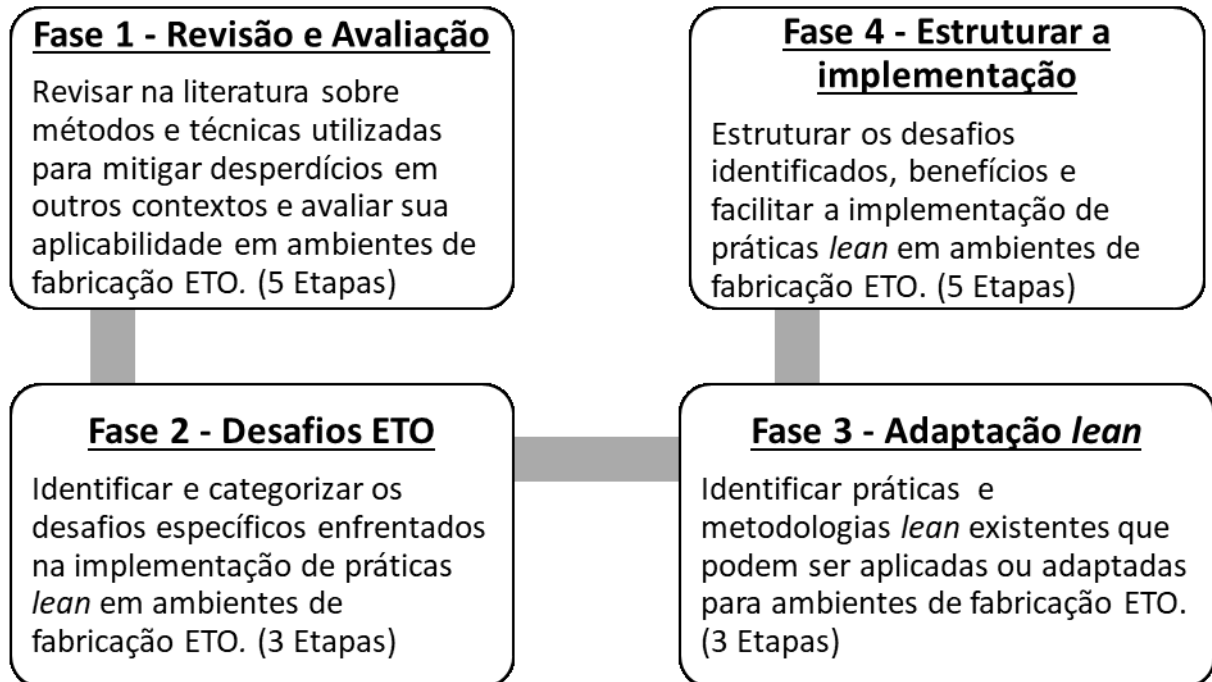
Figura 9 – Diagrama da estratégia de procedimento para o *Framework*.



Fonte: Autor (2024)

A definição de cada Fase, Etapa e Passo foi usado como partida inicial o portfólio bibliográfico. As Fases do *Framework* foram alinhadas e relacionadas aos objetivos específicos delineados para pesquisa. Essa abordagem estratégica permitiu uma conexão entre as Etapas do estudo e os objetivos específicos que visavam alcançar. Sendo assim: Fase 1: objetivo específico (i); Fase 2: objetivo específico (ii); Fase 3: objetivo específico (iii) e Fase 4: objetivo específico (iv). A Figura 10 apresenta as Fases e os números de Etapas correspondentes.

Figura 10 – Fases para construção do *Framework* conceitual proposto.



Fonte: Autor (2024)

O delineamento das Etapas desta pesquisa foi uma derivação direta da contribuição para pesquisa dos trabalhos do portfólio bibliográfico apresentados no Quadro 4 no Capítulo de resultados. Na qual cada Fase foi analisada e relacionada de acordo com os trabalhos, permitindo assim a transformação de descrições realizadas neste processo em Etapas dedicadas a cada Fase, o que culminou em 16 Etapas. As Etapas são apresentadas no Quadro 5 no Capítulo de resultados.

Cada Passo por sua vez, foi representada por uma folha de tarefa (FT), conforme apresentado na seção 2.5.1.5, que serve como um guia detalhado para a execução de cada atividade. Cada FT contém informações específicas e essenciais para garantir que a pesquisa seja realizada de maneira eficiente e padronizada.

Durante a revisão dos trabalhos do portfólio, as fontes relevantes foram extraídas e organizadas em uma planilha do Excel. Posteriormente, essas informações foram analisadas e sintetizadas, resultando na criação de 42 folhas de tarefas que serviram como base para o desenvolvimento de construção do *Framework*. A apresentação detalhada das 42 folhas de tarefa (FTs) consta no capítulo de resultados.

Para auxiliar nos procedimentos de construção do *Framework*, além do portfólio bibliográfico foram selecionadas duas empresas que operam com processos ETO. A primeira é uma empresa do setor metalmeccânico localizada no oeste de Santa Catarina, que possui 200 funcionários, 75 centros de trabalho produtivos e que atua com processos ETO fabricando turbinas, geradores e unidades hidráulicas para hidrelétricas do tipo CGH (Centrais Geradoras Hidrelétricas, com até 1 MW de potência instalada) e PCH (Pequenas Centrais Hidrelétricas, entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada). Para a pesquisa, essa empresa foi denominada de Empresa A.

A segunda empresa se localiza na região Metropolitana de Campinas, do setor de energia renovável, possui 250 funcionários, 90 centros de trabalho, atua com processos ETO fabricando sistemas fotovoltaicos (painéis solares, inversores, estruturas de montagem, suportes e trilhos e sistemas de ancoragem) e termossolares (coletores cilindro-parabólicos, torres solares, discos parabólicos, receptores térmicos). Para a pesquisa, essa empresa foi denominada de Empresa B.

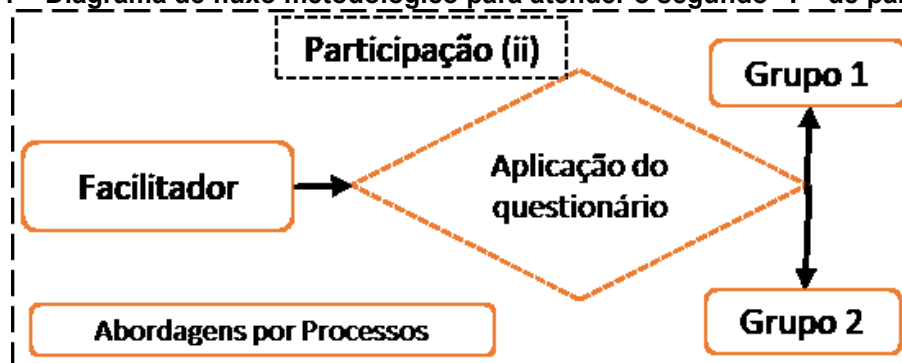
3.3 Estratégia Participação (ii)

Para atender o segundo “P” da abordagem por processos, o facilitador organiza a aplicação do questionário, envolvendo o Grupo 1 (colaboradores da Empresa A) e o Grupo 2 (colaboradores da Empresa B) para analisar as Fases, Etapas e FTs propostos pelo primeiro “P”. Os colaboradores participantes de cada Grupo foram caracterizados como “correspondentes”, devido a suas contribuições para a pesquisa.

O facilitador foi o próprio autor da dissertação, devido a ser o único a ter acesso a um maior número de informações durante o desenvolvimento da pesquisa. O facilitador foi necessário na comunicação e na condução das atividades.

O diagrama de fluxo (Figura 11) ilustra o papel do facilitador em avaliar a complexidade do problema e determinar a abordagem adequada para garantir a participação eficaz dos Grupos 1 e 2.

Figura 11 – Diagrama de fluxo metodológico para atender o segundo “P” de participação.



Fonte: Autor (2024)

Para viabilizar a pesquisa, foi usado um questionário, que desempenhou um papel essencial no processo. As questões formuladas pelo autor são apresentadas no Apêndice A, e tem como base as questões discutidas na seção 2.6.2, porém foram adaptadas para ficarem alinhadas com esta pesquisa, desta forma em relação a importância: “Qual a importância desta FT durante a implementação de práticas *lean*?” E com relação aos benefícios, “Qual é o benefício desta FT na implementação de práticas *lean*?”.

Essas questões foram cuidadosamente formuladas e aplicadas a cada uma das 42 FTs, o que permitiu que os correspondentes avaliassem melhor o *Framework* proposto. Esse questionamento contínuo permitiu identificar-se pontos críticos, otimizar processos e assegurar que cada Fase e Etapa estivesse alinhada com os objetivos gerais do estudo.

A escala *Likert*, escolhida como método de resposta, oferece uma abordagem coleta de dados, permitindo que os participantes atribuam valores 1 a 5 como apresentados no Apêndice A. Posteriormente estes dados coletados foram apresentados a Especialistas participantes da pesquisa, fornecendo uma base para suas análises. Esses dados incluíam informações sobre os processos, desafios enfrentados e oportunidades de melhoria. Com esses dados, os Especialistas puderam identificar padrões, comparar práticas e avaliar a eficácia do *Framework* proposto.

O questionário completo está disponível no Apêndice A e foi distribuído eletronicamente utilizando a plataforma *Google Drive Forms*. Os participantes receberam um *link* para acessar o formulário, garantindo uma coleta de dados eficiente e organizada. Essa abordagem permitiu que as respostas fossem automaticamente registradas e armazenadas em uma planilha digital, facilitando a

análise subsequente. A utilização do *Google Drive Forms* também assegurou a acessibilidade, permitindo que os correspondentes pudessem completar o questionário de qualquer dispositivo com acesso à internet, a qualquer momento conveniente.

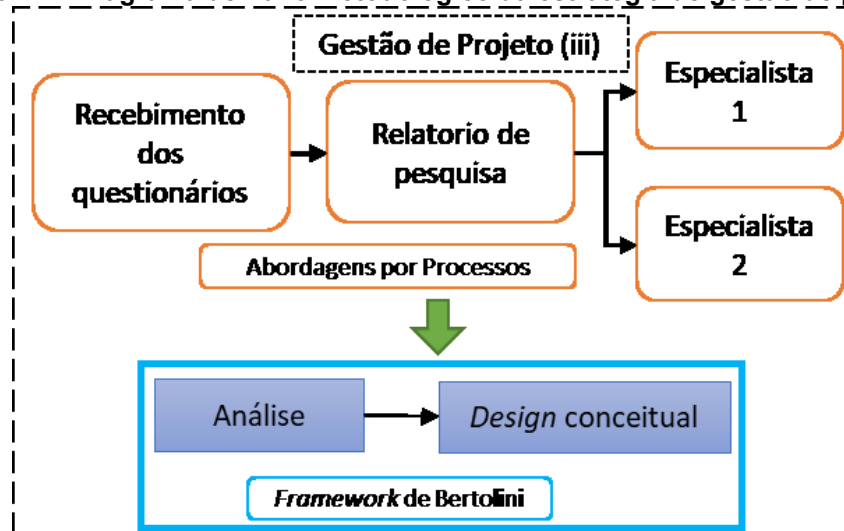
Os questionários foram enviados a 15 colaboradores em cada Grupo. A partir das respostas dos correspondentes, coletou-se informações, percepções e *feedbacks*, que foram fundamentais para a análise da pesquisa.

3.4 Estratégia Gestão de Projeto (iii)

A Figura 12 apresenta a estratégia de gestão de projeto, após a coleta dos questionários dos Grupos 1 e 2, as respostas foram cuidadosamente compiladas e organizadas em um relatório de pesquisa, que sintetiza as percepções dos participantes em relação aos desafios e oportunidades para a implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO.

Este relatório foi posteriormente apresentado aos Especialistas, que ofereceram suas contribuições para o refinamento do *Framework*. Além disso, o processo de gestão de projeto, incorporou elementos do *Framework* de Bertolini.

Figura 12 – Diagrama de fluxo metodológico da estratégia de gestão de projeto.



Fonte: Autor (2024)

O relatório de pesquisa foi um documento que apresenta os dados coletados através do questionário aplicado. Este relatório foi definido a partir das respostas obtidas pelo *Google Forms*, sendo organizado de forma a sintetizar os principais desafios, oportunidades e percepções dos participantes sobre a implementação de

práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO. O Apêndice B apresenta o relatório de pesquisa com os dados obtidos pelos Grupos 1 e 2.

O relatório serviu como base para a apresentação e discussão dos resultados com os Especialistas, que ofereceram contribuições para o aprimoramento do *Framework*.

Foram selecionados dois Especialistas, um deles devido a sua experiência de 20 anos no chão de fábrica em ambiente ETO, onde adquiriu domínio de oxicorte, soldagem, caldeiraria, usinagem e pintura (denominado Especialista 1 para essa pesquisa) e o outro devido a sua experiência de mais de 20 anos em planejamento e controle de produção em ambiente ETO (denominado Especialista 2 para essa pesquisa). A seleção dos Especialistas é, portanto, baseada na complexidade de suas experiências profissionais em ambiente de fabricação ETO, garantindo que as avaliações fossem realizadas de maneira eficiente e eficaz. Além da disponibilidade e interesse na pesquisa.

No estágio de análise, inicialmente realizou-se a verificação quanto à concordância ou discordância das folhas de tarefas (FTs), através da obtenção do *ranking* médio (RM) da pontuação atribuída às respostas, relacionando à frequência das respostas dos correspondentes que fizeram tal atribuição, considerando uma escala de 5 pontos. O valor 3 foi considerado “regular”, sendo o “ponto neutro”. Quanto mais próximo de 5 o RM, maior é o grau de concordância entre os correspondentes, e isso foi útil aos Especialistas em suas análises. Tais valores são apresentados no Apêndice B, de acordo com o relatório de pesquisa.

Ainda no estágio de análise, são apresentados na seção de resultados as FTs de acordo com os RMs acima de 4. Essa escolha foi feita porque esses valores representam aproximadamente 20% dos RMs totais, constituindo uma fatia significativa para compreender os elementos mais relevantes dentro do contexto avaliado.

Na sequência, foram apresentadas as FTs menos valorizadas pelos correspondentes, ou seja, as FTs discordantes. Para tal, selecionou-se as FTs que possuíam os RM mais baixos de acordo com cada questão.

O desvio padrão, apresentado no Apêndice B, foi utilizado devido à natureza amostral dos dados, serviu para os Especialistas identificarem a variabilidade das respostas, oferecendo uma visão sobre o grau de consistência ou divergência das percepções registradas.

O *design* conceitual, inicialmente definido, é o resultado da verificação quanto à concordância ou discordância das folhas de tarefas (FTs), onde sintetizou-se todos os dados em um Quadro. Após isso, classificou-se estes resultados de acordo com as Fases, Etapas e por fim as FTs, o que forneceu a sequência do *design* conceitual.

O *design* conceitual permitiu um processo iterativo de avaliação e revisão pelos Especialistas. Onde cada Especialista forneceu seus *feedbacks* e modificaram o *design* conceitual com suas percepções.

Para elaboração do *Framework* final, foi realizada integração das avaliações dos Especialistas 1 e 2 em uma reunião. Durante essa reunião, os Especialistas revisaram o *design* conceitual desenvolvidos por ambos.

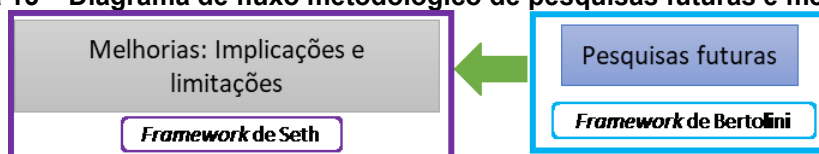
A integração das opiniões dos Especialistas com os aspectos e resultados destacados pelos correspondentes resultou no *Framework* para implementação de práticas *lean* para ambientes com processos ETO.

Nas análises finais foram apresentadas uma reorganização das Etapas e FTs de acordo com os resultados das análises dos Especialistas, para otimizar a aplicação prática do *Framework* proposto, o Quadro 22 foi desenvolvido com o objetivo de fornecer uma visão das descrições das FTs utilizadas e sua relação direta com práticas *lean*. Por fim nas análises finais, foi apresentado na Figura 25 a representação que sintetiza a hierarquia de Fases, Etapas e FTs do *Framework* para implementação de práticas *lean* para ambientes com processos ETO.

3.5 Pesquisas futuras e melhorias

Este estágio envolve-se a reflexão dos Especialistas sobre os resultados obtidos e a exploração de pesquisas futuras e melhorias (Figura 13). No qual se considera adaptações necessárias para aplicar o *Framework* em cenários ETO e identificação de implicações e limitações, como a aplicação prática do *Framework* em um ambiente real de produção ETO para testar sua eficácia.

Figura 13 – Diagrama de fluxo metodológico de pesquisas futuras e melhorias.



Fonte: Autor (2024)

Foram apresentadas as implicações e limitações identificadas pelos Especialistas para permitir a aplicação do *Framework* conceitual em ambientes de

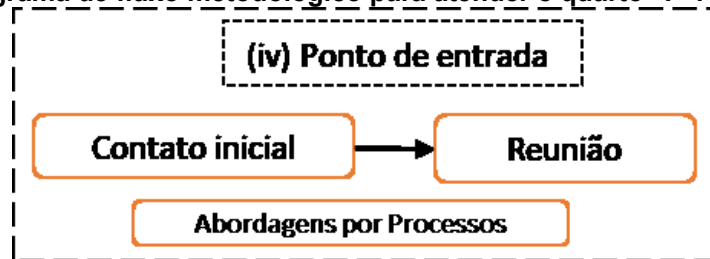
fabricação ETO reais. As considerações desses Especialistas direcionam a futuras adaptações e pesquisas, visando a aplicação prática e eficaz do *Framework* para implementação de práticas *lean* para ambientes com processos ETO.

Neste estágio o *Framework* de Seth, complementa pesquisas futuras do *Framework* de Bertolini, fornecendo uma perspectiva adicional sobre adaptações necessárias para aplicar o *Framework* em cenários ETO e identificação de implicações e limitações para futuras pesquisas, como a aplicação prática do *Framework* em um ambiente real de produção ETO para testar sua eficácia.

3.6 Estratégia Ponto de Entrada (iv)

Para atender o quarto “P” da abordagem por processos (Figura 14), inicia-se com "Contato Inicial". Onde, ocorre-se o primeiro contato entre todos envolvidos, com objetivo de introduzir a aplicação do *Framework*.

Figura 14 – Diagrama de fluxo metodológico para atender o quarto “P”: ponto de entrada.



Fonte: Autor (2024)

Foi proposto aos Especialistas como deveria ser estruturado o ponto de entrada para a implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO, considerando os principais elementos e características que devem ser levados em conta para garantir o sucesso do processo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados alcançados foram adquiridos de acordo com a sequência delineada na metodologia adotada para a construção deste *Framework*. Para alcançar o objetivo geral e os objetivos específicos estabelecidos, a elaboração do *Framework* destinado à implementação de práticas *lean* em empresas envolvidas em processos ETO, levou-se em consideração os requisitos e desafios particulares enfrentados. Ao longo desse processo, foram realizadas revisões e refinamentos contínuos para garantir o cumprimento dos objetivos.

4.1 Seleção dos estudos

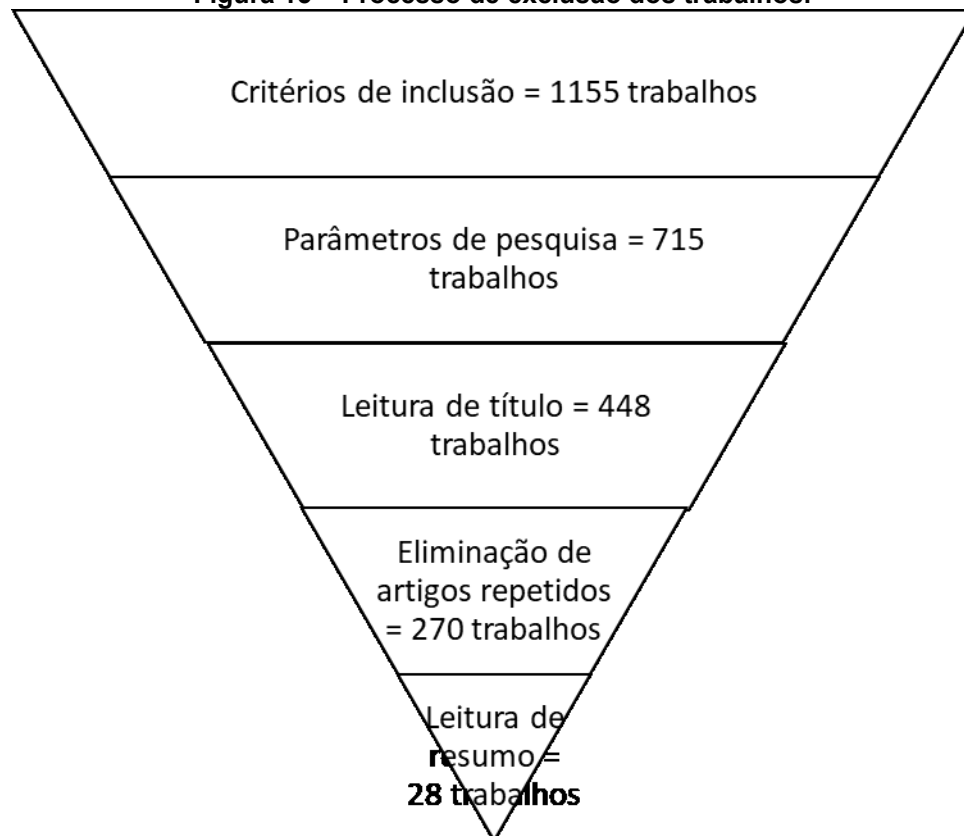
Os critérios de inclusão utilizados na pesquisa abrangendo os mecanismos de busca, seleção de tipos de trabalhos, definição das palavras-chave período das publicações e cruzamento das palavras-chave trouxeram 1155 trabalhos.

Inicialmente, a seleção dos parâmetros de pesquisa resultou na exclusão de 440 trabalhos, sobrando um total de 715 trabalhos. Os 440 trabalhos foram excluídos devido a fatores como irrelevância ao tema da pesquisa e falta de rigor metodológico.

Na sequência, a leitura dos títulos permitiu a seleção de trabalhos relevantes e adequados. Este processo resultou na exclusão de 267 trabalhos, restando 448 trabalhos. A leitura dos títulos foi essencial para identificar a pertinência de cada trabalho em relação ao tema da pesquisa e garantir que apenas estudos únicos e relevantes fossem mantidos para as fases subsequentes da revisão sistemática.

Em seguida a eliminação de trabalhos duplicados, foram excluídos 178 trabalhos, permanecendo 270 trabalhos.

Dada a incerteza em relação ao alinhamento de alguns artigos apenas pelo título, foi realizada a leitura sequencial dos resumos, avaliando sua coerência com o tema da pesquisa. Após a revisão dos resumos e a verificação da adequação aos temas de pesquisa, 242 artigos foram excluídos, resultando na seleção de 28 trabalhos que compõem o portfólio bibliográfico para uso neste trabalho. A Figura 15 abaixo apresenta o processo de exclusão dos trabalhos.

Figura 15 – Processo de exclusão dos trabalhos.

Fonte 1- Autor (2024)

Para analisar melhor os resultados dos estudos examinados, foram formulados resumos genéricos em uma planilha Excel. Esses resultados tiveram como objetivo identificar as características específicas no contexto estudado. O Quadro 4 abaixo apresenta o portfólio bibliográfico com os 28 trabalhos que o compõe.

Quadro 4 – Portfólio bibliográfico.

	Autor	Ano	Mecanismo de busca	Contribuição para pesquisa
1	ALFNES, E. <i>et al.</i>	2021	Web-of-Science	Enfatiza-se que a sobreposição de atividades de projeto pode dificultar significativamente a coordenação entre Engenharia e produção, especialmente quando as mudanças solicitadas pelo cliente são comuns. Essa pesquisa destaca a importância de visualizar como as incertezas estão inter-relacionadas e sugere que uma abordagem de sistemas flexíveis, utilizando ferramentas de visualização, pode ser uma técnica de suporte eficaz para mapear e visualizar essas incertezas em um ambiente ETO.
2	BERTOLINI, M. <i>et al.</i>	2022	Web-of-Science	Centra-se no desenvolvimento de um <i>framework</i> para identificar, medir e mitigar perdas em processos ETO. O estudo deles utilizou uma abordagem de pesquisa aplicada, dividida em quatro estágios principais: análise, design conceitual, prova de conceito e pesquisas futuras. Essa metodologia e suas aplicações práticas forneceram uma base valiosa para o desenvolvimento do <i>framework</i> conceitual proposto na dissertação.
3	BATAGLIN, F. S.; VIANA, D.	2020	Science Direct	Desta-se que os sistemas de produção ETO precisam ser capazes de lidar com volumes de produção variáveis e altos níveis de customização, o que impõe desafios significativos para o planejamento e controle das operações. Este estudo reforça a

	D.; FORMOSO, C. T.	2 2		importância de desenvolver metodologias que possam ajudar as empresas ETO a se tornarem mais eficientes, melhorando a capacidade de responder rapidamente às necessidades dos clientes enquanto mantêm baixos níveis de estoque e alta eficiência operacional.
4	BIRKIE, S. E.; TRUCCO, P.	2 0 1 6	<i>Science Direct</i>	Envolve-se a análise da implementação de práticas <i>lean</i> em ambientes ETO e a identificação de desafios específicos nesse contexto. Eles destacam que a implementação <i>lean</i> em ETO é mais complexa do que na manufatura repetitiva devido à natureza altamente personalizada e variável dos produtos. Seu estudo foca na identificação e eliminação de desperdícios na fabricação, enfatizando a necessidade de adaptar as práticas <i>lean</i> tradicionais para atender às peculiaridades dos processos ETO.
5	BRADY, D. A. et al.	2 0 1 8	<i>Web-of- Science</i>	Centra-se no desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da construção que utiliza um conjunto de ferramentas visuais para aumentar a transparência do processo e melhorar o desempenho em projetos ETO. Este modelo demonstrou que o uso de ferramentas visuais pode proporcionar uma melhor comunicação e coordenação, facilitando a implementação de práticas <i>lean</i> e a redução de desperdícios em projetos ETO.
6	BRAGLIA, M.; DALLASEG A, P.; MARRAZZI NI, L.	2 0 2 2	<i>Science Direct</i>	Envolve-se a categorização e mitigação de desperdícios específicos em processos ETO. Propõem-se uma metodologia detalhada para identificar e classificar perdas em várias fases do processo produtivo, como Engenharia, fabricação e instalação do produto. Seu estudo enfatiza a necessidade de ferramentas específicas para a identificação sistemática de desperdícios e destaca a importância de uma abordagem iterativa para a implementação de melhorias contínuas.
7	BRANDALIS E, F. M. P. et al.	2 0 2 1	Google Acadêmic o	Relaciona-se à importância da transparência no processo de produção em ambientes ETO. Enfatiza-se que a gestão visual (<i>Visual Management</i>) pode auxiliar significativamente na comunicação entre <i>stakeholders</i> , aumentando a acessibilidade à informação e facilitando a tomada de decisão rápida. A implementação de ferramentas de visualização adequadas pode melhorar a gestão do fluxo de informações, prevenindo acidentes e aumentando a eficiência operacional.
8	CANNAS, V. G. et al.	2 0 1 8	<i>Science Direct</i>	Relaciona-se ao uso de práticas <i>lean</i> em ambientes ETO para melhorar a eficiência e reduzir desperdícios. Destaca-se que, apesar das ferramentas de gestão <i>lean</i> terem sido desenvolvidas originalmente para a produção em massa, existem evidências de que elas também podem ser aplicadas com sucesso em empresas ETO. O estudo enfatiza a importância de adaptar as práticas <i>lean</i> às particularidades do ambiente ETO, como a alta personalização dos produtos e a complexidade dos processos.
9	CANNAS, V. G.; GOSLING	2 0 2 1	<i>Web-of- Science</i>	Centra-se na aplicação de uma revisão sistemática da literatura como método para identificar e sintetizar as melhores práticas e desafios associados à implementação de práticas <i>lean</i> em ambientes ETO. Destaca-se a importância de uma abordagem estruturada e rigorosa para revisar estudos existentes, permitindo a identificação de lacunas na pesquisa e fornecendo uma base para o desenvolvimento de <i>frameworks</i> conceituais. Essa metodologia de revisão sistemática garante uma análise abrangente e bem fundamentada do estado da arte, essencial para a construção de teorias sólidas e baseadas em evidências.
10	CARVALHO , A. N.; SCAVARDA , L. F.; OLIVEIRAB, F.	2 0 1 7	<i>Web-of- Science</i>	Relaciona-se à importância de um planejamento e controle de produção bem gerenciado em ambientes ETO. Propõem-se um modelo de planejamento e controle hierárquico baseado em três níveis de decisão gerencial: estratégico, tático e operacional. Este modelo visa dividir o processo de planejamento em partes mais gerenciáveis, facilitando a integração do planejamento e execução das operações. A abordagem integrada busca desenvolver planos de projeto, produção e montagem,

				permitindo que as empresas ETO sejam mais flexíveis e eficazes na satisfação das necessidades dos clientes, mantendo altos níveis de eficiência.
1 1	CAUCHICK <i>et al.</i>	2 0 1 2	Google Acadêmico	Envolve-se a descrição da abordagem por processos (<i>Process Approach</i>) para a construção de <i>frameworks</i> conceituais. Esta metodologia é caracterizada por uma sequência de fases, cada uma composta por etapas e passos específicos, que incluem a busca e análise de informações, a identificação de oportunidades para mudanças e melhorias, e a participação ativa dos <i>stakeholders</i> . A abordagem destaca a importância de um procedimento bem definido, a gestão de projeto eficaz, a participação de grupos multifuncionais e a clareza nos pontos de entrada do processo.
1 2	CHIERA, M. <i>et al.</i>	2 0 2 1	<i>Web-of-Science</i>	Relaciona-se à aplicação e evolução das práticas <i>lean</i> , especificamente no contexto de produção ETO. Destaca-se que a cultura <i>lean</i> , originada no Sistema Toyota de Produção (TPS), pode ser adaptada para ambientes de produção ETO, que são caracterizados por altos níveis de personalização e complexidade. Os autores afirmam que, embora os princípios <i>lean</i> sejam universalmente aplicáveis, a implementação em ETO requer ajustes específicos para acomodar a variabilidade e a natureza não repetitiva dos processos. O estudo deles reforça a importância de práticas como <i>Just-In-Time</i> e Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) para a identificação e eliminação de desperdícios, promovendo a eficiência operacional e a melhoria contínua em ambientes de alta customização.
1 3	DALLASEG A, P.; RAUCH, E.	2 0 1 7	<i>Science Direct</i>	Foca-se na sincronização entre fabricação e montagem em ambientes ETO. Demonstra-se que alinhar a fabricação com o local de montagem pode evitar atividades que não agregam valor, resultando em maior eficiência e utilização de recursos. O estudo destaca a importância do <i>Just-In-Time</i> para alcançar um maior grau de capacidade e utilização de recursos, além de reduzir a necessidade de espaço de armazenamento, o que impacta positivamente no consumo de energia para instalações de produção e armazenamento.
1 4	JÜNGE, G. <i>et al.</i>	2 0 2 3	<i>Science Direct</i>	Centra-se na análise das atividades de projeto de Engenharia em ambientes ETO. Revela-se que as organizações gastam mais de 50% das atividades de projeto de Engenharia em atividades que não agregam valor, enquanto os 50% restantes são divididos entre atividades que agregam valor e atividades que não agregam valor, mas são necessárias. Este estudo destaca a necessidade de melhorar a eficiência nas fases de projeto e Engenharia, enfatizando a importância de identificar e eliminar atividades que não agregam valor para aumentar a produtividade e a eficiência global dos processos ETO.
1 5	KING; DE LIMA; DA COSTA	2 0 1 4	Google Acadêmico	Enfatiza-se a importância de uma metodologia prescritiva que operacionaliza conceitos através de um processo estruturado, com instrumentos de coleta de dados e critérios de avaliação bem definidos. A abordagem desenvolvida pelos autores inclui fases de busca e análise de informações, identificação de oportunidades para mudanças e melhorias, garantindo que o processo seja compreendido e apoiado por todos os envolvidos. Esta metodologia fornece uma base para o desenvolvimento, assegurando a aplicabilidade prática e a melhoria contínua dos processos em ambientes ETO.
1 6	KJERSEM, K. <i>et al.</i>	2 0 1 5	<i>Science Direct</i>	Relaciona-se à gestão de incertezas e à flexibilidade necessária em ambientes ETO. Identifica-se três fatores de incerteza específicos para a fabricação de ETO: a incerteza das especificações do produto, a incerteza do <i>mix</i> e volume da demanda futura, e a incerteza do processo. Essas incertezas dificultam o planejamento e a coordenação entre Engenharia e produção, especialmente quando as mudanças do cliente são frequentes.
1 7	KOZJEK, D. <i>et al.</i>	2 0	<i>Web-of-Science</i>	Relaciona-se à abordagem de desafios específicos em ambientes ETO. Enfatiza-se que as empresas ETO enfrentam informações incompletas, falta de conhecimento, natureza estocástica dos recursos e dificuldades de abastecimento. O estudo sugere que a

		1 8		integração de sistemas de informação e a padronização de processos podem ajudar a mitigar esses desafios, promovendo maior colaboração entre equipes e um fluxo de trabalho mais alinhado com as demandas dos clientes.
1 8	LISTA, A. P. <i>et al.</i>	2 0 2 1	<i>Web-of- Science</i>	Centra-se na importância do <i>lean</i> como uma estratégia de gestão de operações que proporciona maior flexibilidade, qualidade e capacidade de resposta em sistemas produtivos. Eles destacam que o <i>lean</i> ajuda as empresas a adaptar sua cadeia de valor à demanda do mercado por meio da melhoria contínua. O estudo deles reforça a eficácia das práticas <i>lean</i> , como <i>Just-In-Time</i> , Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) e outras ferramentas, na otimização de processos e na redução de desperdícios. Ao aplicar esses princípios em ambientes ETO, as empresas podem alcançar uma maior eficiência operacional e competitividade.
1 9	MOJARRO- MAGANA, M. <i>et al.</i>	2 0 1 8	<i>Science Direct</i>	Relaciona-se ao impacto da fase de planejamento na implementação do sistema <i>kanban</i> em ambientes ETO. Os autores desenvolveram e validaram um modelo de equações estruturais que examina variáveis como recursos humanos, análise preliminar e integração do <i>kanban</i> . O estudo mostrou que uma análise preliminar detalhada é crucial para o sucesso da implementação do <i>kanban</i> , destacando atividades como 5S, Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) e movimentação de materiais. A pesquisa fornece uma base para a adaptação e aplicação dessas práticas em empresas ETO, contribuindo para a melhoria da eficiência e a redução de desperdícios operacionais.
2 0	MUELLER, G. O. <i>et al.</i>	2 0 2 2	<i>Science Direct</i>	Foca-se na necessidade de empresas ETO fornecerem um "serviço de comissionamento" após a fabricação e instalação dos produtos. Eles ressaltam que o processo de desenvolvimento de produtos ETO geralmente requer que a entrega e a instalação sejam concluídas antes que os produtos possam ser operados pelo cliente. Isso implica na necessidade de uma gestão precisa de vários projetos, frequentemente espalhados por diferentes locais ou países, destacando a importância de uma coordenação eficaz entre as fases de Engenharia, fabricação e instalação do produto para garantir eficiência e reduzir desperdícios.
2 1	NEUMANN, A. <i>et al.</i>	2 0 2 2	<i>Web-of- Science</i>	Destacam-se que o ambiente ETO é caracterizado pelo <i>design</i> e produção de produtos altamente personalizados, frequentemente únicos ou em pequenos lotes, com estruturas muito complexas. Os autores apontam que abordagens convencionais são limitadas na mitigação de perdas devido à sua implementação desafiadora no ambiente ETO, enfatizando a necessidade de metodologias específicas para abordar a complexidade e a variabilidade desses processos.
2 2	OLÁH, J. <i>et al.</i>	2 0 2 2	<i>Web-of- Science</i>	Centra-se na base da excelência operacional proporcionada pela filosofia <i>lean</i> . Destacam-se que a produção <i>lean</i> padroniza processos e cria uma cultura de melhoria contínua por meio do monitoramento, manutenção proativa de equipamentos e capacitação de funcionários. Demonstra-se que o <i>lean</i> pode transformar operações de fabricação, tornando-as mais dinâmicas, aumentando a produtividade, melhorando o desempenho das operações de fabricação e, conseqüentemente, o desempenho financeiro. Este trabalho reforça a aplicabilidade dos princípios <i>lean</i> em ambientes ETO, onde a adaptação dessas práticas pode resultar em melhorias significativas na eficiência operacional.
2 3	POWELL, D. J.	2 0 1 8	<i>Web-of- Science</i>	Envolve-se a adaptação de práticas <i>lean</i> para ambientes ETO, que são caracterizados por produção de baixo volume e alta variedade. Destaca-se que os princípios <i>lean</i> , desenvolvidos para produção em massa, precisam ser revisados e adaptados para contextos ETO, onde a variabilidade e a customização são predominantes. O estudo demonstra que a implementação de ferramentas como <i>kanban</i> pode ser eficaz para visualizar e materializar o fluxo de trabalho em ambientes de fabricação de baixo volume e alto <i>mix</i> , resultando em reduções significativas no lead-time e na eficiência

				operacional. Powell também enfatiza a importância de uma abordagem de resposta rápida (<i>quick-response manufacturing</i>) para a redução do <i>lead-time</i> em todos os aspectos das operações de manufatura ETO.
2 4	SCHULZE, F.; DALLASEG A, P.	2 0 2 0	<i>Web-of-Science</i>	Centra-se no desenvolvimento de um <i>framework</i> que integra <i>lean</i> e tecnologias da Indústria 4.0 para melhorar a eficiência em ambientes ETO. Propõem-se uma classificação detalhada das perdas em ETO e identificam métodos <i>lean</i> e tecnologias da Indústria 4.0 que podem ser aplicadas para mitigar essas perdas. A pesquisa destaca que as categorias de perdas específicas para ETO, como interferências entre equipes de trabalho e mudanças frequentes pelo cliente, podem ser abordadas através de uma combinação de práticas <i>lean</i> e tecnologias avançadas, promovendo uma maior eficiência e redução de desperdícios no processo produtivo.
2 5	SETH, D.; SETH, N.; DHARIWAL, P.	2 0 1 7	<i>Web-of-Science</i>	Envolve-se o desenvolvimento de um <i>framework</i> para a implementação de práticas <i>lean</i> em ambientes ETO. Utilizam-se a abordagem de <i>gemba-walk</i> para compreender profundamente os problemas no local de trabalho real, complementada pelas técnicas de questionamento sistemático como 5 Whys e 5W2H. O estudo enfatiza a preparação de um mapa do fluxo de valor do status atual para entender todo o processo, identificar desperdícios, dificuldades e fontes de retrabalho. Este <i>framework</i> proporciona uma base para identificar e eliminar desperdícios, facilitando melhorias contínuas nos processos ETO.
2 6	STRANDHAGEN, J. W. <i>et al.</i>	2 0 1 8	<i>Science Direct</i>	Relaciona-se à operacionalização dos princípios <i>lean</i> em operações ETO. Os autores conduziram um estudo de caso aprofundado em uma empresa ETO, identificando os principais desafios, problemas e oportunidades de melhoria nos processos de negócios. Através da aplicação de uma abordagem adaptada de Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM), o estudo serviu para identificar as principais fontes de desperdício que afetam negativamente o lead time nas operações ETO.
2 7	VARL, DUHOVNIK, TAVČAR	2 0 2 0	Google Acadêmico	Destacam-se a importância da integração entre <i>design</i> e fabricação para reduzir o tempo de desenvolvimento e melhorar a qualidade do produto final. O estudo deles foca na aplicação de metodologias de Engenharia de produção para coordenar melhor as atividades entre departamentos, resultando em um processo mais eficiente e menos suscetível a erros e retrabalhos. Essa abordagem é crucial para ambientes ETO, onde a personalização e à complexidade dos produtos requerem uma coordenação estreita entre Engenharia e produção para atender às especificações dos clientes e prazos rigorosos.
2 8	WANG, W. <i>et al.</i>	2 0 2 1	<i>Science Direct</i>	Foca-se na aplicação de ferramentas e técnicas de <i>lean</i> para a melhoria da eficiência em processos ETO. Os autores exploram como a implementação de práticas <i>lean</i> , como Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) e <i>Just-In-Time</i> , pode ajudar a identificar e eliminar desperdícios, melhorando a coordenação entre diferentes etapas do processo produtivo. O estudo enfatiza a importância de adaptar essas ferramentas tradicionais para o contexto específico de ETO, onde a variabilidade e a customização são predominantes.

Fonte: Autor (2024)

De acordo com o portfólio bibliográfico, para o objetivo específico (i) (revisar na literatura sobre métodos e técnicas utilizadas para mitigar desperdícios em outros contextos e avaliar sua aplicabilidade em ambientes de fabricação ETO) tem-se:

- a. Contextualização do termo "*engineer-to-order*": este que se refere a empresas que produzem produtos personalizados de acordo com as especificações dos clientes.

Isso contrasta com modelos de produção em massa, onde os produtos são padronizados e produzidos em grande escala. Nos processos *engineer-to-order*, cada produto pode ser único, o que apresenta desafios específicos em termos de eficiência e redução de desperdícios (ALFNES *et al.*, 2021), (BERTOLINI *et al.*, 2022), (CANNAS; GOSLING, 2021), (NEUMANN *et al.*, 2022).

- b. As razões para identificar desperdícios: o objetivo de identificar desperdícios é fundamental para empresas que buscam melhorar sua eficiência operacional, reduzir custos e garantir a qualidade dos produtos ou serviços oferecidos. Identificar e eliminar esses desperdícios é essencial para otimizar os processos e aumentar a competitividade da empresa (BERTOLINI *et al.*, 2022), (BRANDALISE *et al.*, 2021), (BATAGLIN; VIANA; FORMOSO, 2022).
- c. Metodologia de identificação de desperdícios: para atingir esse objetivo, a empresa pode empregar diversas técnicas e ferramentas, como análise de fluxo de valor (*Value Stream Mapping*), observação direta dos processos, análise de dados de produção, entrevistas com funcionários e clientes, entre outras. Cada método pode oferecer *insights* diferentes sobre onde os desperdícios estão ocorrendo e como podem ser eliminados (BRADY *et al.*, 2018), (BERTOLINI *et al.*, 2022), (SETH; SETH; DHARIWAL, 2017).
- d. Benefícios da identificação de desperdícios: a identificação e eliminação de desperdícios podem trazer uma série de benefícios para a empresa, incluindo redução de custos operacionais, aumento da produtividade, melhoria da qualidade dos produtos ou serviços, redução de lead times (tempo de produção) e aumento da satisfação do cliente. (CANNAS *et al.*, 2018), (STRANDHAGEN *et al.*, 2018).
- e. Integração com a estratégia organizacional: é importante ressaltar que a identificação de desperdícios deve estar alinhada com os objetivos estratégicos da empresa. Isso significa que os esforços para eliminar desperdícios devem ser direcionados para áreas que tragam o máximo de valor para a organização e seus clientes, de acordo com sua visão e missão (JÜNGE *et al.*, 2023), (BERTOLINI *et al.*, 2022), (LISTA *et al.*, 2021).

De acordo com o portfólio bibliográfico, para o objetivo específico (ii) (identificar e categorizar os desafios específicos enfrentados na implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO) tem-se:

- a. Entendimento do *lean*: o termo *lean* derivado de "*lean manufacturing*", refere-se a uma abordagem de gestão focada na eliminação de desperdícios e na

maximização do valor para o cliente. Se concentra em criar fluxos de trabalho eficientes, reduzir estoques, minimizar tempos de espera e envolver os funcionários no processo de melhoria contínua (KJERSEM *et al.*, 2015), (CANNAS *et al.*, 2018), (ALFNES *et al.*, 2021), (CHIERA *et al.*, 2021).

- b. Relevância do *lean* para empresas *engineer-to-order*: embora o *lean* seja frequentemente associado a processos de produção em massa, suas práticas e princípios podem ser aplicados com sucesso em empresas com processos *engineer-to-order*. No entanto, as aplicações específicas do *lean* podem variar devido à natureza customizada e variável desses processos (BRADY *et al.*, 2018), (BIRKIE; TRUCCO, 2016), (CHIERA *et al.*, 2021).
- c. Metodologia para identificação de aplicações *lean*: para atingir esse objetivo, a empresa pode empregar uma variedade de técnicas e ferramentas *lean*, como mapeamento de fluxo de valor (*Value Stream Mapping*), 5S, *kanban*, *kaizen*, entre outros (POWELL, 2018), (MOJARRO-MAGAÑA *et al.*, 2018), (SETH; SETH; DHARIWAL, 2017).

De acordo com o portfólio bibliográfico, para o objetivo específico (iii) (identificar práticas e metodologias *lean* existentes que podem ser aplicadas ou adaptadas para ambientes de fabricação ETO), tem-se:

- a. Adaptação dos princípios *lean*: o *lean* oferece uma série de princípios e ferramentas comprovadas para reduzir desperdícios e melhorar a eficiência. No entanto, a aplicação direta desses princípios pode exigir adaptações para atender às necessidades específicas dos processos *engineer-to-order* (CHIERA *et al.*, 2021), (LISTA *et al.*, 2021).
- b. Identificação de oportunidades de melhoria: uma vez compreendidas as necessidades específicas, o próximo passo é identificar oportunidades de aplicação de princípios *lean*. Isso pode incluir a simplificação de processos, a redução de tempos de *setup*, a melhoria da comunicação entre departamentos e a implementação de sistemas de controle visual para monitorar o progresso e identificar problemas rapidamente (SCHULZE; DALLASEGA, 2020), (SETH; SETH; DHARIWAL, 2017).
- c. Desenvolvimento de estratégias de implementação: cada empresa e processo *engineer-to-order* é único, portanto, as estratégias de implementação do *lean* devem ser adaptadas a essas especificidades. Isso pode envolver a criação de equipes multifuncionais dedicadas à melhoria contínua, a definição de metas

claras e mensuráveis e o estabelecimento de um plano de ação detalhado (BERTOLINI *et al.*, 2022), (CANNAS *et al.*, 2018), (MOJARRO-MAGAÑA *et al.*, 2018).

De acordo com o portfólio bibliográfico, para o objetivo específico (iv) (estruturar os desafios identificados, benefícios e facilitar a implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO), tem-se:

- a. Estruturar variáveis identificadas: antes de analisar a implementação em uma aplicação real, é importante definir o *framework* conceitual que será utilizado. Este *framework* deve incluir modelos, teorias ou abordagens específicas que guiam a análise e implementação dos processos *engineer-to-order* com base nos princípios *lean* (KOZJEK *et al.*, 2018), (SCHULZE; DALLASEGA, 2020), (WANG *et al.*, 2021), (VARL; DUHOVNIK; TAVČAR, 2020), (SETH; SETH; DHARIWAL, 2017).
- b. Coleta de dados e observações: durante a implementação, os representantes analistas irão coletar dados e fazer observações detalhadas sobre como os princípios *lean* estão sendo aplicados e quais são os resultados obtidos. Isso pode incluir a identificação de áreas de desperdício, melhorias implementadas, desafios enfrentados e impacto nas operações (DALLASEGA; RAUCH, 2017), (KOZJEK *et al.*, 2018).
- c. Análise dos resultados e lições aprendidas: uma vez concluída a implementação, os representantes analistas realizarão uma análise aprofundada dos resultados obtidos. Eles irão comparar os dados coletados com as metas e objetivos estabelecidos, identificar padrões e tendências, e extrair lições aprendidas importantes para futuras implementações ou ajustes no *framework* conceitual (BIRKIE; TRUCCO, 2016), (OLÁH *et al.*, 2022).
- d. Elaboração de recomendações e relatório final: com base na análise dos resultados, os representantes analistas irão elaborar recomendações específicas para melhorias contínuas e desenvolver um relatório final que documente os principais achados, conclusões e próximos passos (BATAGLIN; VIANA; FORMOSO, 2022), (BIRKIE; TRUCCO, 2016).
- e. *Feedback* e integração de melhorias: por fim, os representantes analistas devem compartilhar seus resultados e recomendações com as partes interessadas relevantes na empresa e colaborar na integração das melhorias propostas nos processos *engineer-to-order* (BERTOLINI *et al.*, 2022), (ALFNES *et al.*, 2021), (BATAGLIN; VIANA; FORMOSO, 2022), (DALLASEGA; RAUCH, 2017).

4.2 Procedimento (i)

O delineamento das 16 Etapas é apresentado no Quadro 5. No qual se tem a descrição das Etapas e a relação com as quatro Fases apresentadas na Figura 10 no Capítulo 3.

Quadro 5 – Etapas para construção do *Framework* conceitual proposto.

Fase	Etapas	Descrição das Etapas
1 Revisão e Avaliação	1	Contextualização do termo " <i>engineer-to-order</i> "
	2	Razões para identificar desperdícios
	3	Metodologia de identificação de desperdícios
	4	Benefícios da identificação de desperdícios
	5	Integração com a estratégia organizacional
2 Desafios ETO	6	Entendimento do <i>lean</i>
	7	Relevância do <i>lean</i> para empresas <i>engineer-to-order</i>
	8	Metodologia para identificação e categorização de aplicações <i>lean</i>
3 Adaptação <i>lean</i>	9	Adaptação dos princípios <i>lean</i>
	10	Identificação de oportunidades de melhoria
	11	Desenvolvimento de estratégias de implementação
4 Estruturar a implementação	12	Estruturar variáveis identificadas
	13	Coleta de dados e observações
	14	Análise dos resultados e lições aprendidas
	15	Elaboração de recomendações e relatório final
	16	<i>Feedback</i> e integração de melhorias

Fonte: Autor (2024)

Cada Passo por sua vez, foi representada por uma folha de tarefa (FT) e estão relacionadas com as Etapas apresentadas no Quadro 5. O Quadro 6 apresenta as 14 FTs para as Etapas da Fase 1, referências e sua descrição.

Quadro 6 – FTs para construção do *Framework* conceitual proposto para Fase 1.

Fase 1 – Revisão e Avaliação			
Etapas	FT	Título	Descrição da Folha de tarefa (FT)
1 Contextualização do termo " <i>engineer-to-order</i> "	1	Entendimento do processo <i>engineer-to-order</i>	Aprofundar-se no conceito, entendendo os princípios e características do processo " <i>engineer-to-order</i> ". Isso pode incluir a compreensão de como esse processo difere de outras abordagens de produção (<i>Framework</i> de Varl), (ALFNES <i>et al.</i> , 2021), (BERTOLINI <i>et al.</i> , 2022).
	2	Análise de vantagens e desafios	Avaliar as vantagens e desafios do processo " <i>engineer-to-order</i> ", considerando aspectos como flexibilidade, personalização, complexidade, tempo de entrega e custos. Compreender as nuances e implicações desse

			processo é fundamental para contextualizá-lo adequadamente desperdícios (ALFNES <i>et al.</i> , 2021), (NEUMANN <i>et al.</i> , 2022).
2 Razões para identificar desperdícios	3	Identificação de atividades não essenciais	É importante identificar todas as atividades que não agregam valor ao produto ou serviço final. Isso inclui atividades redundantes, retrabalho, movimentação desnecessária de materiais, entre outros (<i>Framework de Varl</i>).
	4	Análise das causas raiz	Para eliminar os desperdícios de forma eficaz, é importante entender as causas subjacentes que estão contribuindo para sua ocorrência. Isso pode envolver a realização de análises de causa raiz, entrevistas com funcionários e a aplicação de ferramentas de qualidade, como diagrama de <i>Ishikawa</i> ou 5whys e 5W2H (BERTOLINI <i>et al.</i> , 2022), (SETH; SETH; DHARIWAL, 2017).
3 Metodologia de identificação de desperdícios	5	Seleção de ferramentas e técnicas	Escolher as ferramentas e técnicas mais apropriadas para identificar desperdícios no processo. Isso pode incluir o uso de mapeamento do fluxo de valor para visualizar o fluxo de trabalho, <i>Gemba-Walks</i> , análise de dados históricos, observação direta dos processos, entre outras abordagens (SETH; SETH; DHARIWAL, 2017).
	6	Realização de análises detalhadas	Realizar análises detalhadas em cada etapa do processo para identificar atividades que não agregam valor. Isso pode envolver a observação cuidadosa de como o trabalho é realizado, identificando atividades redundantes, movimentação excessiva de materiais, tempos de espera e outras fontes de desperdício empresa (BRADY <i>et al.</i> , 2018).
	7	Priorização e plano de ação	Priorizar os desperdícios identificados com base no impacto e na frequência de ocorrência. Desenvolver um plano de ação para eliminar ou reduzir os desperdícios prioritários, estabelecendo metas claras e prazos para implementação (<i>Framework de Varl</i>).
4 Benefícios da identificação de desperdícios	8	Identificação de benefícios	Com base nos resultados obtidos, apresentar os benefícios da identificação e eliminação de desperdícios. Isso pode incluir redução de custos operacionais, aumento da produtividade, melhoria da qualidade dos produtos ou serviços, diminuição de <i>lead-times</i> e maior satisfação do cliente (STRANDHAGEN <i>et al.</i> , 2018).
	9	Comunicação dos benefícios	Comunicar os benefícios obtidos, destacar os resultados positivos e como as melhorias impactam positivamente a organização como um todo (BRADY <i>et al.</i> , 2018).

5 Integração com a estratégia organizacional	10	Alinhamento com os objetivos organizacionais	Verificar como a identificação de desperdícios pode contribuir para os objetivos e metas estratégicas da organização. Por exemplo, a redução de desperdícios pode estar alinhada com metas de redução de custos, melhoria da qualidade, aumento da eficiência ou sustentabilidade (JÜNGE <i>et al.</i> , 2023), (LISTA <i>et al.</i> , 2021).
	11	Envolvimento da alta administração	Garantir o envolvimento e o apoio da alta administração no processo de identificação de desperdícios. Explicar como a integração com a estratégia organizacional pode trazer benefícios significativos para a organização como um todo (CHIERA <i>et al.</i> , 2021), (LISTA <i>et al.</i> , 2021).
	12	Definição de metas e indicadores	Estabelecer metas específicas relacionadas à identificação e eliminação de desperdícios que estejam alinhadas com os objetivos estratégicos da organização (CHIERA <i>et al.</i> , 2021).
	13	Aplicabilidade nos processos e projetos	Aplicabilidade e identificação de desperdícios nos processos e projetos existentes da organização. Por exemplo, incluir a análise de desperdícios como parte dos processos de melhoria contínua ou projetos de reengenharia de processos (JÜNGE <i>et al.</i> , 2023), (<i>Framework</i> de Varl).
	14	Comunicação e engajamento	Comunicar os resultados e benefícios da identificação de desperdícios para toda a organização. Promover o engajamento dos colaboradores em relação às iniciativas de melhoria e demonstre como essas ações contribuem para os objetivos estratégicos da organização (CHIERA <i>et al.</i> , 2021), (LISTA <i>et al.</i> , 2021).

Fonte: Autor (2024)

O Quadro 7 apresenta as 7 FTs para as Etapas da Fase 2, referências e sua descrição.

Quadro 7 – FTs para construção do *Framework* conceitual proposto para Fase 2.

Fase 2 – Desafios ETO			
Etapa	FT	Título	Descrição da Folha de tarefa (FT)
6 Entendimento do <i>lean</i>	15	Estudo dos princípios fundamentais	Estudar os princípios fundamentais do <i>lean</i> . Isso inclui compreender os conceitos como de valor e fluxo contínuo (<i>Framework</i> de Varl).
	16	Participação em treinamentos e <i>workshops</i>	Considerar participar de treinamentos e <i>workshops</i> sobre <i>lean</i> oferecidos por instituições reconhecidas. Essas experiências práticas podem ajudar a consolidar o entendimento dos conceitos e técnicas do <i>lean</i> (KJERSEM <i>et al.</i> , 2015), (CHIERA <i>et al.</i> , 2021).

7 Relevância do <i>lean</i> para empresas <i>engineer-to-order</i>	17	Estudo de casos e exemplos de sucesso	Pesquisar e estudar casos de empresas que implementaram com sucesso o <i>lean</i> em ambientes ETO. Compreender como essas organizações adaptaram os princípios do <i>lean</i> para atender às suas necessidades específicas (BIRKIE; TRUCCO, 2016).
	18	Adaptação do <i>lean</i> aos processos <i>engineer-to-order</i>	Reconhecer que os processos ETO são únicos e podem exigir adaptações nos métodos e ferramentas do <i>lean</i> . Isso pode incluir a personalização de fluxos de trabalho, a utilização de práticas de Engenharia <i>lean</i> e a integração de sistemas de produção flexíveis (<i>Framework</i> de Varl).
8 Metodologia para identificação e categorização de aplicações <i>lean</i>	19	Análise dos processos atuais	Realizar uma análise detalhada dos processos existentes na organização. Identificar áreas que possam se beneficiar da aplicação dos princípios <i>lean</i> (MOJARRO-MAGAÑA <i>et al.</i> , 2018), (SETH; SETH; DHARIWAL, 2017).
	20	Priorização das oportunidades	Priorizar as oportunidades identificadas com base em critérios como impacto potencial, facilidade de implementação e alinhamento com os objetivos estratégicos da organização (<i>Framework</i> de Varl).
	21	Desenvolvimento de soluções <i>lean</i>	Desenvolver soluções <i>lean</i> específicas para cada oportunidade identificada. Isso pode incluir a implementação de sistemas <i>kanban</i> , criação de células de produção, padronização de processos, entre outras técnicas <i>lean</i> (BIRKIE; TRUCCO, 2016), (POWELL, 2018).

Fonte: Autor (2024)

O Quadro 8 apresenta as 8 FTs para as Etapas da Fase 3, referências e sua descrição.

Quadro 8 – FTs para construção do *Framework* conceitual proposto para Fase 3.

Fase 3 – Adaptação <i>lean</i>			
Etapas	FT	Título	Descrição da Folha de tarefa (FT)
9 Adaptação dos princípios <i>lean</i>	22	Identificação das características <i>lean</i> adaptáveis	Analisar os princípios <i>lean</i> e identificar quais deles podem ser adaptados e aplicados nos processos ETO (CHIERA <i>et al.</i> , 2021), (LISTA <i>et al.</i> , 2021).
	23	Customização dos princípios <i>lean</i>	Adaptar os princípios <i>lean</i> identificados para melhor se adequarem aos processos ETO da empresa. Isso pode envolver ajustes nas práticas de gestão visual, planejamento da produção, programação de atividades, gerenciamento de estoques e controle de qualidade (ALFNES <i>et al.</i> , 2021).
10 Identificação de oportunidades de melhoria	24	Avaliação dos princípios <i>lean</i> atuais	Analisar os princípios <i>lean</i> atualmente aplicados na empresa e avaliar sua eficácia nos processos ETO. Identificar quais princípios estão funcionando bem e quais podem ser melhorados ou adaptados para atender às

			necessidades específicas do ETO (<i>Framework</i> de Varl), (SCHULZE; DALLASEGA, 2020).
	25	Geração de ideias	Envolver equipes para gerar ideias e propostas de melhoria. Concentrar-se em soluções que possam ser adaptadas aos processos ETO e que estejam alinhadas com os princípios <i>lean</i> (<i>Framework</i> de Varl).
11 Desenvolvimento de estratégias de implementação	26	Desenvolvimento de planos de ação	Desenvolver planos de ação para abordar os desperdícios e ineficiências identificados nos processos ETO. Estabelecer responsabilidades claras, prazos e recursos necessários para a implementação das melhorias (BERTOLINI <i>et al.</i> , 2022), (CANNAS <i>et al.</i> , 2018).
	27	Implementação gradual	Implementar as práticas <i>lean</i> de forma gradual e faseada, começando com pequenas mudanças e expandindo gradualmente para mudanças maiores. Isso ajuda a minimizar a resistência à mudança e a garantir uma transição suave (<i>Framework</i> de Varl).
	28	Avaliação e monitoramento	Avaliar regularmente o progresso da implementação das práticas <i>lean</i> nos processos ETO e monitorar os resultados alcançados (MOJARRO-MAGAÑA <i>et al.</i> , 2018).
	29	Criação de uma cultura <i>lean</i> sustentável	Promover uma cultura organizacional que valorize os princípios <i>lean</i> e a melhoria contínua. Incentivar o aprendizado contínuo, a inovação e o compartilhamento de melhores práticas entre os membros da equipe (SETH; SETH; DHARIWAL, 2017), (MOJARRO-MAGAÑA <i>et al.</i> , 2018).

Fonte: Autor (2024)

O Quadro 9 apresenta as 13 FTs para as Etapas da Fase 4, referências e sua descrição.

Quadro 9 – FTs para construção do *Framework* conceitual proposto para Fase 4.

Fase 4 – Estruturar a implementação			
Etapas	FT	Título	Descrição da Folha de tarefa (FT)
12 Estruturar variáveis identificadas	30	Desenvolvimento de hipóteses ou pressupostos	Com base na revisão da literatura e na análise das variáveis, desenvolver hipóteses ou pressupostos que possam orientar o <i>framework</i> conceitual. Essas hipóteses podem servir como proposições a serem testadas empiricamente (KOZJEK <i>et al.</i> , 2018), (WANG <i>et al.</i> , 2021), (SETH; SETH; DHARIWAL, 2017).
	31	Organização e estruturação	Organizar e estruturar variáveis identificadas em um formato lógico e coeso. Isso pode envolver a criação de diagramas, modelos visuais ou mapas conceituais que ilustrem as relações entre as diferentes partes do

			<i>framework</i> (KOZJEK <i>et al.</i> , 2018), (SCHULZE; DALLASEGA, 2020).
	32	Verificação e refinamento	Após a criação inicial do <i>framework</i> conceitual, verificar por meio de discussões, especialistas na área e potenciais usuários do <i>framework</i> (SCHULZE; DALLASEGA, 2020), (WANG <i>et al.</i> , 2021).
13 Coleta de dados e observações	33	Realização da coleta de dados	Executar o plano de coleta de dados conforme planejado. Isso pode envolver a realização de entrevistas, a aplicação de questionários, a observação direta do comportamento ou a análise de documentos, dependendo das fontes de dados selecionadas (DALLASEGA; RAUCH, 2017).
	34	Verificação e confiabilidade dos dados	Verificar a validade e a confiabilidade dos dados coletados, buscando garantir que sejam precisos, completos e representativos do fenômeno em estudo (POWELL, 2018), (MOJARRO-MAGAÑA <i>et al.</i> , 2018).
14 Análise dos resultados e lições aprendidas	35	Interpretação dos resultados	Considerar o significado prático e teórico dos resultados e como eles contribuem para a compreensão do processo (<i>Framework</i> de Varl), (KOZJEK <i>et al.</i> , 2018).
	36	Discussão e implicações	Discutir as implicações dos resultados para teoria, prática e políticas relevantes. Explorar as possíveis ramificações dos resultados e como eles podem informar decisões futuras ou influenciar o campo de estudo (BIRKIE; TRUCCO, 2016), (OLÁH <i>et al.</i> , 2022).
15 Elaboração de recomendações e relatório final	37	Identificação de áreas de melhoria	Com base nos resultados e lições aprendidas, identificar áreas específicas que podem se beneficiar de recomendações para melhorias. Isso pode incluir processos, políticas, práticas ou estratégias que foram identificadas como problemáticas ou que oferecem oportunidades de otimização (ALFNES <i>et al.</i> , 2021).
	38	Desenvolvimento de recomendações específicas	Desenvolver recomendações concretas e acionáveis para abordar as áreas identificadas para melhoria (BATAGLIN; VIANA; FORMOSO, 2022), (CANNAS <i>et al.</i> , 2018).
	39	Elaboração do relatório final	Estruturar o relatório de forma lógica e coerente, incluindo uma introdução, metodologia, resultados, discussão, conclusões e, finalmente, recomendações (<i>Framework</i> de Varl), (BATAGLIN; VIANA; FORMOSO, 2022).
16 <i>Feedback</i> e integração de melhorias	40	Solicitação de <i>feedback</i>	Solicitar <i>feedback</i> , incluindo membros da equipe, clientes, fornecedores e outras partes envolvidas no processo (ALFNES <i>et al.</i> , 2021), (BATAGLIN; VIANA; FORMOSO, 2022), (DALLASEGA; RAUCH, 2017).
	41	Análise do <i>feedback</i> recebido	Analisar o <i>feedback</i> recebido, identificando padrões, tendências e áreas de oportunidade para melhorias adicionais. Classificar e priorizar as sugestões de acordo

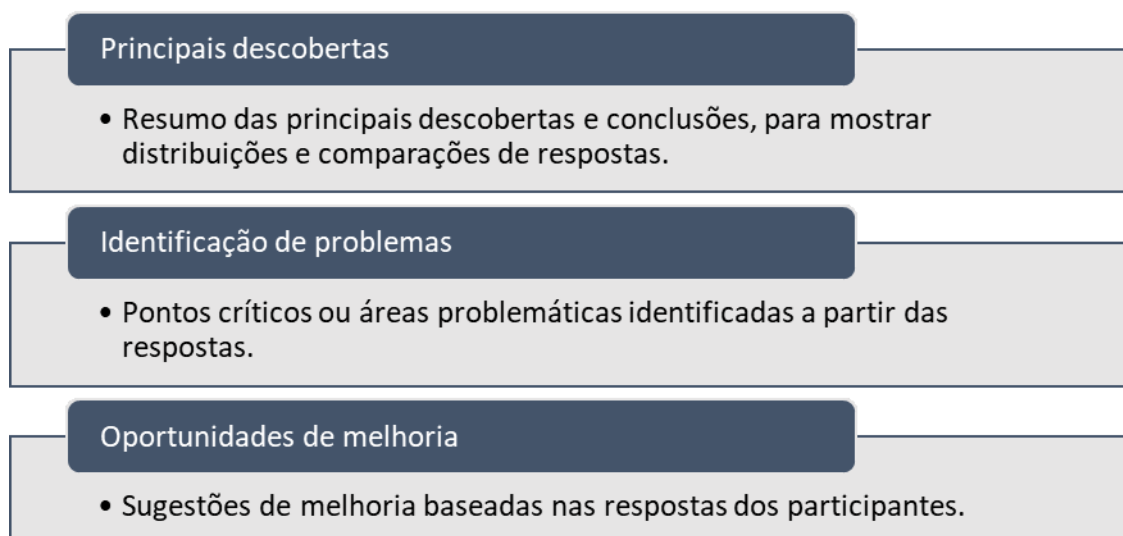
			com sua relevância e impacto potencial (POWELL, 2018), (MOJARRO-MAGAÑA <i>et al.</i> , 2018).
	42	Implementação das melhorias	Executar os planos de ação conforme planejado, garantindo uma implementação eficaz e oportuna das melhorias identificadas. Monitorar de perto o progresso e fazer ajustes conforme necessário ao longo do tempo (BATAGLIN; VIANA; FORMOSO, 2022), (ALFNES <i>et al.</i> , 2021), (DALLASEGA; RAUCH, 2017).

Fonte: Autor (2024)

4.3 Participação (ii)

A participação dos correspondentes, permitiram identificar pontos cruciais que precisavam ser abordados para facilitar a análise do *Framework*. No Grupo 1 obteve-se 10 correspondentes e no Grupo 2 obteve-se 7 correspondentes. A sequência descrita na Figura 16 apresentada a seguir foi adotada para organizar o conteúdo resultante da aplicação do questionário aos Grupos 1 e 2.

Figura 16 – Sequência descrita adotada para organizar o conteúdo resultante da aplicação do questionário.



Fonte: Autor (2024)

4.3.1 Principais descobertas

Os *feedbacks* sobre o questionário apresentaram sugestões que ajudaram a aprimorar a clareza e a relevância das perguntas. Os correspondentes das Empresas A e B demonstraram engajamento e disponibilidade para colaborar na pesquisa.

As sugestões práticas oferecidas pelos correspondentes foram incorporadas ao planejamento do projeto, garantindo que o *Framework* fosse adaptado à realidade operacional das Empresas.

Esses resultados forneceram uma base para a pesquisa, permitindo um direcionamento mais preciso das ações e uma adaptação eficiente do *Framework* às necessidades específicas das empresas ETO.

As principais descobertas a partir das respostas do questionário são:

- A. Aplicabilidade e benefícios do *Framework*: muitos correspondentes indicaram que, se implementado, o *Framework* traria benefícios significativos, destacando a importância de entender e aplicar práticas *lean*.
- Citação Direta 1: "Se aplicarmos esse *Framework* corretamente, acredito que poderíamos reduzir nossos tempos de entrega e aumentar a satisfação do cliente significativamente."
 - Citação Direta 2: "As práticas *lean* abordadas no questionário são muito adaptáveis aos processos da empresa. A empresa ganharia muito em eficiência e qualidade se essas práticas fossem adotadas."
- B. Barreiras e Desafios na Implementação: a falta de conhecimento sobre *lean* entre os colaboradores foi identificada como uma barreira. Além disso, ambas empresas não seguem uma implementação estruturada de práticas *lean*, o que impede a maximização dos benefícios do *Framework*.
- Citação Direta 3: "Infelizmente, muitos colaboradores ainda não têm conhecimento suficiente sobre *lean*, o que dificulta a implementação de qualquer nova prática."
 - Citação Direta 4: "A maior barreira que enfrentamos é a falta de treinamento e capacitação adequada. Sem isso, qualquer tentativa de aplicar *lean* será superficial."
- C. Necessidade de Treinamento e Capacitação: muitos correspondentes mencionaram que um aumento no conhecimento e na capacitação dos colaboradores em práticas *lean* seria essencial para o sucesso da implementação.
- Citação Direta 5: "Precisamos de mais treinamentos sobre *lean* para todos os níveis da empresa. Isso nos ajudaria a entender melhor como aplicar os conceitos no dia a dia."

- Citação Direta 6: "Treinamentos sobre *lean* deveriam ser uma prioridade. Sem isso, as iniciativas de melhoria não terão o impacto esperado."
- D. Apoio da Alta Administração: foi identificado que o envolvimento da alta administração é crucial para a implementação bem-sucedida das práticas *lean*.
- Citação Direta 7: "Sem o suporte da alta administração, qualquer iniciativa *lean* está fadada ao fracasso. Precisamos que eles liderem pelo exemplo."
 - Citação Direta 8: "A direção precisa estar engajada e mostrar que apoia as práticas *lean*. Isso motivaria toda a equipe a seguir as novas diretrizes."
- E. Prioridades e Planos de Ação: a priorização das atividades e a criação de planos de ação claros e específicos foram citadas como passos necessários para a eliminação eficaz de desperdícios.
- Citação Direta 9: "É fundamental termos um plano de ação bem definido, com metas claras e prazos. Isso nos ajudaria a focar nas áreas que mais necessitam de melhorias."
 - Citação Direta 10: "A priorização dos desperdícios identificados nos ajudaria a atacar os problemas mais críticos primeiro, garantindo ganhos rápidos e motivando a equipe."

4.3.2 Identificação de problemas

As respostas dos correspondentes revelaram uma percepção amplamente positiva sobre a aplicabilidade e os benefícios potenciais do *Framework* para empresas com processos ETO. No entanto, foram identificados problemas que impedem a implementação eficaz dessas práticas, como a falta de conhecimento entre os colaboradores e a necessidade de apoio da alta administração.

Problema 1 – Falta de conhecimento sobre *lean* entre colaboradores:

- Possíveis Razões: A falta de conhecimento pode ser decorrente da ausência de programas de treinamento e capacitação específicos para *lean* dentro da empresa. Além disso, a complexidade dos processos ETO pode exigir adaptações dos princípios *lean* que não são imediatamente óbvias para os colaboradores.
- Implicações: A implementação do *Framework* será comprometida sem um investimento significativo em educação e treinamento. Programas de capacitação devem ser desenvolvidos para todos os níveis da

organização, enfatizando tanto os conceitos teóricos quanto as aplicações práticas adaptadas aos processos ETO.

Problema 2 – Necessidade de apoio da alta administração:

- Possíveis Razões: A necessidade de apoio da alta administração pode estar ligada à compreensão de que sem o envolvimento direto dos líderes, qualquer iniciativa *lean* tende a perder força e foco. A alta administração tem um papel crucial em alinhar as práticas *lean* com os objetivos estratégicos e em fornecer os recursos necessários.
- Implicações: Sem o apoio ativo da alta administração, as iniciativas *lean* correm o risco de não serem priorizadas ou receberem os recursos necessários. O compromisso da alta administração é fundamental para assegurar que as iniciativas *lean* sejam vistas como uma prioridade estratégica. Para superar essa barreira, é crucial demonstrar como as práticas *lean* podem alinhar-se com os objetivos estratégicos da empresa e promover resultados financeiros e operacionais positivos a longo prazo.

Problema 3 – Necessidade de treinamento e capacitação:

- Possíveis Razões: A identificação da necessidade de treinamento sugere que os correspondentes reconhecem suas próprias limitações em relação aos conceitos *lean*. Essa autoavaliação pode ser um ponto de partida positivo para a construção de um programa de capacitação robusto.
- Implicações: Programas de treinamento devem ser integrados ao planejamento estratégico da empresa. Seminários práticos, estudos de caso e simulações podem ser métodos eficazes para promover a compreensão e aplicação dos princípios *lean* entre os colaboradores.

Problema 4 – Prioridades e planos de ação:

- Possíveis Razões: A ênfase na necessidade de priorização e planos de ação claros indica uma conscientização sobre a complexidade e a extensão das mudanças necessárias para a implementação *lean*. Os correspondentes demonstraram compreender que a eliminação de desperdícios deve ser feita de maneira sistemática e estruturada.

- Implicações: O desenvolvimento de um plano de ação detalhado, com metas específicas, responsabilidades definidas e prazos claros, será crucial para o sucesso da implementação. A criação de equipes de melhoria contínua pode ajudar a manter o foco e a direção das iniciativas *lean*.

4.3.3 Oportunidades de melhoria

As oportunidades de melhoria identificadas a partir dos *feedbacks* dos correspondentes estão relacionadas com os problemas apresentados na seção anterior e oferecem um caminho claro para fortalecer e aprimorar o *Framework*. Ao focar em treinamento adaptado, apoio da alta administração, monitoramento eficaz, personalização das práticas, comunicação interna e envolvimento dos colaboradores, a empresa pode superar as barreiras atuais e maximizar os benefícios das iniciativas *lean*.

O Quadro 10 apresenta as necessidades de programas de treinamento identificadas como uma oportunidade de melhoria. Esta análise demonstra como a implementação de programas de capacitação pode abordar lacunas de conhecimento, aumentar a eficiência operacional e promover uma cultura de melhoria contínua dentro das Empresas estudadas.

A identificação dessas necessidades de treinamento baseou-se nas respostas obtidas pelo questionário e na avaliação dos correspondentes das práticas atuais, destacando áreas específicas onde a formação adicional pode trazer benefícios substanciais.

Quadro 10 – Necessidades de programas de treinamento identificadas como uma oportunidade de melhoria.

Necessidade de Programas de Treinamento	Recomendação: desenvolver programas de treinamento sobre os processos ETO e práticas <i>lean</i> para todos os níveis da organização.
	Objetivo: melhorar o conhecimento e a compreensão dos processos ETO e práticas <i>lean</i> entre os colaboradores.
	Resultados esperados: aumento do conhecimento sobre <i>lean</i> em processos ETO, maior engajamento dos colaboradores nas iniciativas de melhoria e uma base para a implementação efetiva das práticas <i>lean</i> .

Fonte: Autor (2024)

O Quadro 11 destaca a importância do apoio da alta administração como uma oportunidade de melhoria. Esta análise enfatiza como o envolvimento e o

comprometimento dos líderes organizacionais são essenciais para o sucesso da implementação de práticas *lean*.

A identificação dessa necessidade baseou-se nas respostas obtidas pelo questionário e na avaliação dos correspondentes das práticas atuais, ressaltando que o suporte estratégico dos níveis mais altos da hierarquia foi fundamental para alcançar uma transformação sustentável e eficaz nos ambientes de fabricação ETO das empresas analisadas.

Quadro 11 – Importância do apoio da alta administração como uma oportunidade de melhoria.

Importância do Apoio da Alta Administração	Recomendação: assegurar o envolvimento e o compromisso da alta administração com a implementação das práticas <i>lean</i> .
	Objetivo: garantir que as iniciativas <i>lean</i> sejam alinhadas com os objetivos estratégicos da empresa e que recebam os recursos necessários.
	Resultados esperados: maior comprometimento dos colaboradores, alocação eficaz de recursos e um impulso estratégico para as iniciativas <i>lean</i> .

Fonte: Autor (2024)

O Quadro 12 apresenta a criação de um plano de ação estruturado como uma oportunidade de melhoria. Esta análise revela como a elaboração de um plano de ação bem definido pode abordar de maneira eficaz os desafios identificados e promover a implementação bem-sucedida das práticas *lean*.

A identificação dessa necessidade baseou-se nas respostas obtidas pelo questionário e na avaliação dos correspondentes das práticas atuais, ressaltando que um planejamento organizado foi fundamental para garantir a coordenação eficiente e a execução das iniciativas de melhoria nas empresas ETO.

Quadro 12 – Criação de um plano de ação estruturado como uma oportunidade de melhoria.

Criação de um Plano de Ação Estruturado	Recomendação: desenvolver um plano de ação detalhado e estruturado para a implementação das práticas <i>lean</i> .
	Objetivo: assegurar uma abordagem sistemática e coordenada para a implementação das práticas <i>lean</i> .
	Resultados esperados: implementação eficiente e eficaz das práticas <i>lean</i> , com melhoria contínua dos processos e redução de desperdícios.

Fonte: Autor (2024)

4.4 Gestão de Projeto (iii)

4.4.1 Análise

De acordo com os RMs obtidos das Empresas A e B, são apresentados no Quadro 13 os resultados quanto a questão de “Qual a importância desta FT durante a implementação de práticas *lean*? ” relacionados a concordância dos correspondentes, classificados de acordo com o RM maior para o RM igual a 4.

Quadro 13 – Ranking médio para questão de “importância” relacionados a concordância dos correspondentes.

Empresa A						Empresa B					
Fase	Etapa	FTS	Atividade	Questão	Ranking médio	Fase	Etapa	FTS	Atividade	Ranking médio	
1	5	13	Aplicabilidade nos Processos e Projetos	Importância	4,7	4	16	41	Análise do Feedback Recebido	4,43	
1	2	4	Análise das Causas Raiz	Importância	4,3	1	5	14	Comunicação e Engajamento	4,29	
3	11	26	Desenvolvimento de Planos de Ação	Importância	4,3	3	11	29	Criação de uma Cultura <i>lean</i> Sustentável	4,29	
4	14	36	Discussão e Implicações	Importância	4,3	4	14	35	Interpretação dos Resultados	4,29	
1	5	10	Alinhamento com os Objetivos Organizacionais	Importância	4,2	1	2	3	Identificação de Atividades Não Essenciais	4,14	
1	5	14	Comunicação e Engajamento	Importância	4,2	4	16	42	Implementação das Melhorias	4,14	
2	6	16	Participação em Treinamentos e Workshops	Importância	4,2	1	5	12	Definição de Metas e Indicadores	4,00	
4	15	38	Desenvolvimento de Recomendações Específicas	Importância	4,2	4	13	34	Verificação e Confiabilidade dos Dados	4,00	
4	15	39	Elaboração do Relatório Final	Importância	4,2	4	15	37	Identificação de Áreas de Melhoria	4,00	
1	4	8	Identificação de Benefícios	Importância	4,1						
4	12	30	Desenvolvimento de Hipóteses ou Pressupostos	Importância	4,1						
4	16	42	Implementação das Melhorias	Importância	4,1						
1	3	5	Seleção de Ferramentas e Técnicas	Importância	4						
1	3	6	Realização de Análises Detalhadas	Importância	4						
2	6	15	Estudo dos Princípios Fundamentais	Importância	4						
2	7	17	Estudo de Casos e Exemplos de Sucesso	Importância	4						
3	10	24	Avaliação dos Princípios <i>lean</i> atuais	Importância	4						
3	11	28	Avaliação e Monitoramento	Importância	4						
4	16	40	Solicitação de Feedback	Importância	4						

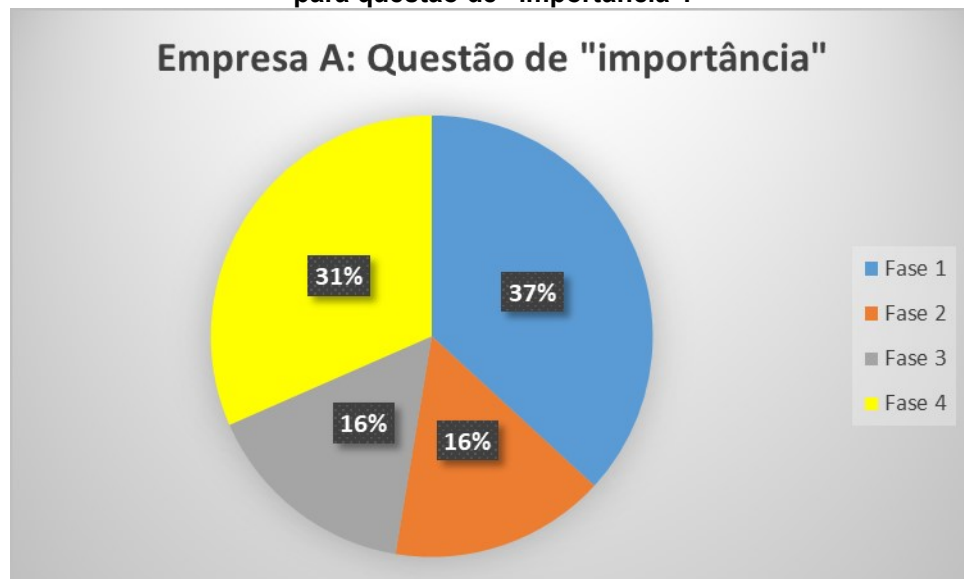
Fonte: Autor (2024)

Para Empresa A foram mais pontuadas FTs relacionadas a Fases 1 e 4 da construção do *Framework* proposto, quais se relacionam com técnicas que focam em revisão, aplicação e avaliação de métodos *lean* adaptáveis ao contexto ETO. Assim, destaca-se a importância de considerar a viabilidade de diferentes práticas *lean* para implementação do *Framework* em empresas ETO.

Os correspondentes da Empresa A, valorizam a investigação de métodos e técnicas de análise de desperdícios em ambientes *lean*. Isso relaciona-se com a percepção dos correspondentes sobre a relevância do *Framework lean*, pois eles veem valor nas adaptações específicas para o contexto de ambientes de fabricação ETO, mesmo que as práticas *lean* tradicionais ainda não estejam amplamente implementadas na empresa.

A Figura 17 apresenta em porcentagem a distribuição dos RMs acima de 4, entre as Fases de acordo com os correspondentes da Empresa A para questão de de “Qual a importância desta FT durante a implementação de práticas *lean*? ”.

Figura 17 – Porcentagem entre as Fases de acordo com os correspondentes da Empresa A para questão de “importância”.



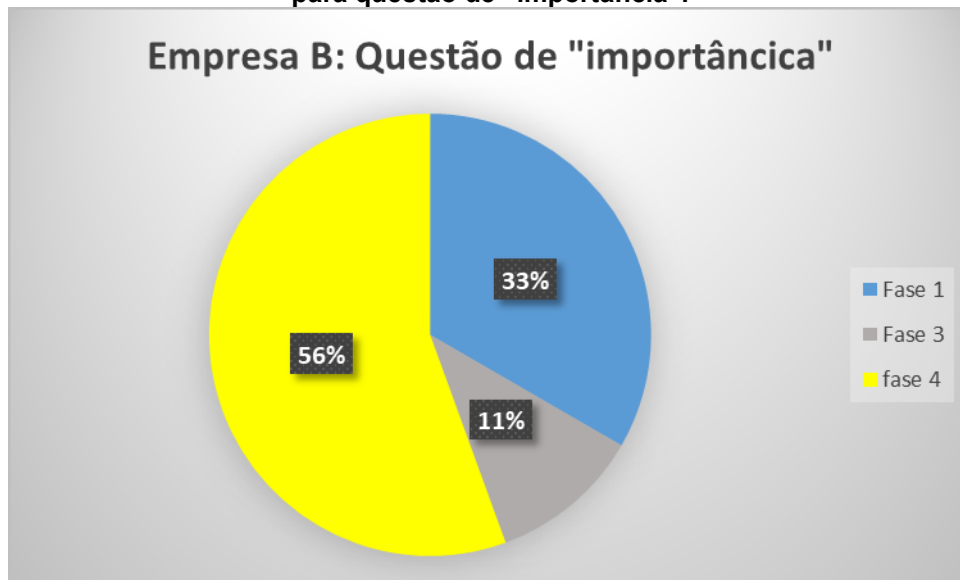
Fonte: Autor (2024)

Para Empresa B, foram mais pontuadas FTs relacionadas a Fases 1 e 3 da construção do *Framework* proposto, quais se relacionam com a execução de práticas *lean* já identificadas ou a adequação da infraestrutura necessária para implementá-las.

Os correspondentes da Empresa B valorizam uma análise contínua da aplicabilidade das práticas *lean*, dando mais atenção à adequação e refinamento das técnicas conforme surgem novos desafios operacionais. Além disso, para a Empresa B, a “importância” está em garantir que os colaboradores adquiram o entendimento necessário das práticas *lean* antes mesmo de avançar para Fases complexas do *Framework*.

A Figura 18 apresenta em porcentagem a distribuição dos RMs acima de 4, entre as Fases de acordo com os correspondentes da Empresa B para questão de “Qual a importância desta FT durante a implementação de práticas *lean*? ”.

Figura 18 – Porcentagem entre as Fases de acordo com os correspondentes da Empresa B para questão de “importância”.



Fonte: Autor (2024)

Para explicar as diferenças entre as respostas da Empresa A e Empresa B para questão de “importância”, a cultura organizacional é um fator determinante. A Empresa A demonstrou uma distribuição mais equilibrada entre as Fases, sugerindo que os colaboradores reconhecem a importância de todas as Fases do processo, mesmo que haja uma concentração maior na Fase 1 (37%) e na Fase 4 (31%). Essa percepção deve estar ligada a uma cultura voltada para um planejamento inicial mais robusto e uma execução que enfatiza o controle dos resultados finais.

Já na Empresa B, a concentração na Fase 4 (56%) e a ausência de respostas na Fase 2 (0%) indicou uma cultura voltada para a entrega de resultados, possivelmente com menos foco em Etapas intermediárias, como a preparação ou ajustes necessários ao longo do processo. Esse padrão pode refletir um estilo gerencial mais prático ou até mesmo uma percepção limitada sobre os benefícios das Fases intermediárias para o sucesso da implementação do *Framework*.

As prioridades estratégicas variam conforme os objetivos de cada empresa. Para a Empresa A, que distribui seus esforços entre as Fases, é provável que as práticas *lean* estejam sendo usadas como um mecanismo de melhoria contínua. Já na Empresa B, a maior ênfase na Fase 4 sugere que os esforços estão concentrados

na obtenção de resultados rápidos, talvez em resposta a pressões de mercado ou expectativas da alta administração.

São apresentados no Quadro 14 os resultados quanto a questão de “Qual é o benefício desta FT na implementação de práticas *lean*? ” relacionados a concordância dos correspondentes, classificados de acordo com o RM maior para o RM igual a 4..

Quadro 14 – Ranking médio para questão de “benefício” relacionados a concordância dos correspondentes.

Empresa A						Empresa B					
Fase	Etapa	FTs	Atividade	Questão	Ranking médio	Fase	Etapa	FTs	Atividade		Ranking médio
1	5	13	Aplicabilidade nos Processos e Projetos	Benefício	4,6	1	5	10	Alinhamento com os Objetivos Organizacionais		4,29
4	14	36	Discussão e Implicações	Benefício	4,3	4	13	34	Verificação e Confiabilidade dos Dados		4,29
1	3	7	Priorização e Plano de Ação	Benefício	4,2						
1	4	8	Identificação de Benefícios	Benefício	4,2						
3	10	25	Geração de Ideias	Benefício	4,2						
2	6	15	Estudo dos Princípios Fundamentais	Benefício	4,1						
3	11	29	Criação de uma Cultura <i>lean</i> Sustentável	Benefício	4,1						
2	6	16	Participação em Treinamentos e Workshops	Benefício	4						
3	11	26	Desenvolvimento de Planos de Ação	Benefício	4						
4	16	42	Implementação das Melhorias	Benefício	4						

Fonte: Autor (2024)

Em relação aos “benefícios”, para Empresa A as Fases de construção do *Framework* que mais se apresentam foram as Fases 1 e 3. Onde se destacam benefícios relacionados a aplicabilidade de processos, discussões e implicações, priorizações e planos de ação e a identificação de benefícios com a implementação de práticas *lean*.

Os correspondentes da Empresa A, reforçam o *Framework* como uma ferramenta para guiar o planejamento e a tomada de decisão, promovendo um ambiente em que os envolvidos podem alinhar expectativas e esclarecer como essas práticas impactarão o dia a dia da operação, especialmente em um sistema tão específico quanto o ETO, gerando assim benefícios positivos.

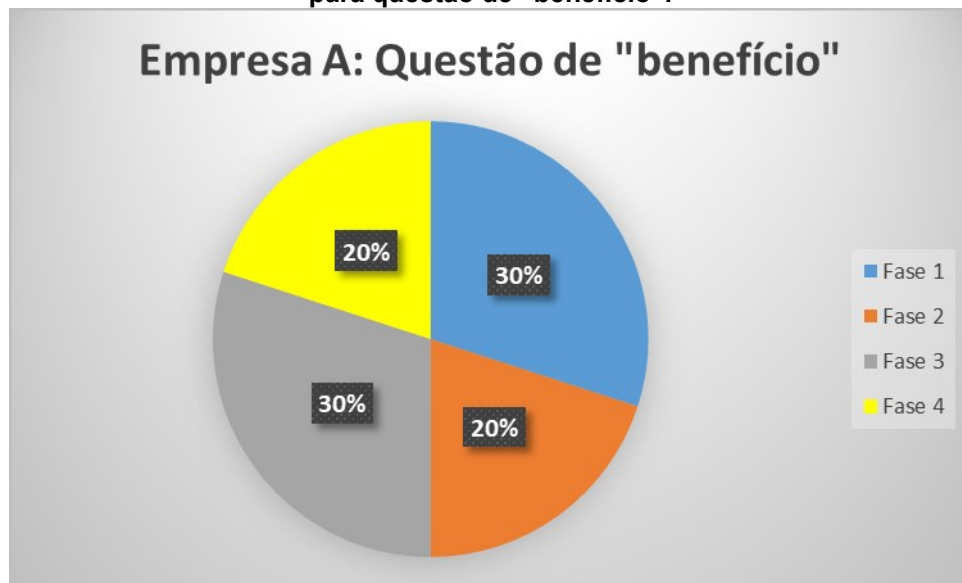
A Empresa A valoriza as Fases que permitem estabelecer prioridades e desenvolver planos de ação claros, o que facilita a implementação de práticas *lean*. Esse benefício reflete a importância de uma abordagem estruturada e planejada para implementar o *Framework*, adaptando as prioridades de acordo com as demandas e particularidades dos processos da empresa.

Com a identificação de benefícios, os correspondentes da Empresa A valorizam a perspectiva de melhoria contínua que a metodologia *lean* oferece. Isso mostra que, além dos ganhos imediatos, o *Framework* possibilita um ciclo de

avaliação e adaptação que contribui para a sustentabilidade das melhorias *lean* no longo prazo.

A Figura 19 apresenta em porcentagem a distribuição dos RMs acima de 4, entre as Fases de acordo com os correspondentes da Empresa A para questão de “Qual é o benefício desta FT na implementação de práticas *lean*? ”.

Figura 19 – Porcentagem entre as Fases de acordo com os correspondentes da Empresa A para questão de “benefício”.



Fonte: Autor (2024)

Em relação aos “benefícios”, para Empresa B apenas as Fases de construção do *Framework* que se apresentam foram as Fases 1 e 4 com RM acima de 4. Onde se destacou o alinhamento com os objetivos organizacionais e verificação e confiabilidade dos dados.

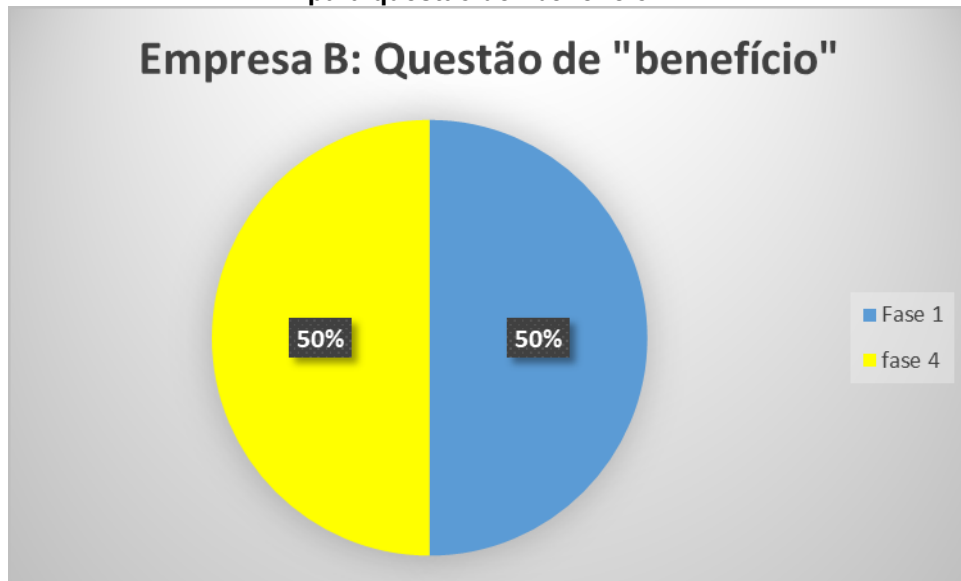
A Empresa B valoriza o alinhamento das práticas do *Framework* com seus objetivos organizacionais, o que sugere que para os correspondentes desta Empresa, a aplicação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO deve estar em sintonia com as metas estratégicas da organização. Essa relação ressalta que o *Framework* não apenas deva introduzir práticas *lean*, mas também orientar a Empresa a adaptar-se com a implementação de forma que atinja as metas propostas pela alta administração.

Os correspondentes da Empresa B, destacam a verificação e confiabilidade dos dados, de modo que os resultados sejam sustentáveis e confiáveis. Isso revela uma preocupação com a qualidade da implementação e destaca a contribuição do

Framework na estruturação de um processo de coleta e análise de dados robusto, essencial para o sucesso da implementação de práticas *lean* em contextos ETO.

A Figura 20 apresenta em porcentagem a distribuição dos RMs acima de 4, entre as Fases de acordo com os correspondentes da Empresa B para questão de “Qual é o benefício desta FT na implementação de práticas *lean*? ”.

Figura 20 – Porcentagem entre as Fases de acordo com os correspondentes da Empresa B para questão de “benefício”.



Fonte: Autor (2024)

Para explicar as diferenças entre as respostas da Empresa A e Empresa B para questão de “benefício”, a Empresa A apresenta uma distribuição equilibrada entre todas as Fases, com destaque igual para as Fases 1 e 3 (30% cada). Isso sugere que os colaboradores reconhecem o benefício em trabalhar tanto no planejamento inicial quanto nos ajustes e execuções intermediárias. Essa visão reflete uma cultura que valoriza o desenvolvimento gradual das práticas *lean* em todas as Etapas.

Para a Empresa B, por outro lado, concentra 50% do benefício na Fase 1 e outros 50% na Fase 4, ignorando completamente as Fases 2 e 3. Essa distribuição indica que a Empresa enxerga benefício principalmente em momentos críticos: no início, para estabelecer bases sólidas, e no final, para colher resultados visíveis. Essa visão pode estar ligada a uma cultura mais orientada a prazos e resultados, com menor valorização dos esforços intermediários.

As diferenças entre as respostas sobre “importância” e “benefício” podem ser atribuídas à forma como cada Empresa percebe e implementa práticas *lean*. Na Empresa A para questão de “importância”, a distribuição mostra reconhecimento

sobre o papel de cada Fase no processo (37% na Fase 1, por exemplo). Já na questão de “benefício”, a Empresa A distribui de forma mais balanceada entre todas as Fases (30% em Fases 1 e 3). Isso pode indicar que, mesmo valorizando algumas Fases mais do que outras, a Empresa A percebe ganhos efetivos em diferentes pontos do processo.

Já para Empresa B, para questão de “importância”, há um foco evidente na Fase 4 (56%) e menos valorização de outras Fases, enquanto na questão de “benefício”, o foco está igualmente nas Fases 1 e 4 (50% cada). Isso sugere que, para a Empresa B, o benefício está diretamente ligado ao início e ao fim do processo, talvez por uma cultura que busca resultados rápidos e não percebe claramente os ganhos intermediários.

O Quadro 15 apresenta as FTs menos valorizadas pelos correspondentes separados pelas questões de “importância” e “Benefícios”, ou seja, apresenta a discordância dos correspondentes.

Quadro 15 – FTs menos valorizadas pelos correspondentes.

	Importância		Ranking médio	Benefício		Ranking médio
	FTs	Atividade		FTs	Atividade	
Empresa A	1	Entendimento do Processo engineer-to-order	3,30	20	Priorização das Oportunidades	3,10
	27	Implementação Gradual	3,40	1	Entendimento do Processo engineer-to-order	3,20
	9	Comunicação dos Benefícios	3,50	22	Identificação das Características lean adaptáveis	3,20
	11	Envolvimento da Alta Administração	3,50	19	Análise dos Processos Atuais	3,30
	41	Análise do Feedback Recebido	3,50	34	Verificação e Confiabilidade dos Dados	3,30
Empresa B	20	Priorização das Oportunidades	2,71	39	Elaboração do Relatório Final	2,14
	17	Estudo de Casos e Exemplos de Sucesso	3,00	6	Realização de Análises Detalhadas	2,43
	39	Elaboração do Relatório Final	3,00	28	Avaliação e Monitoramento	2,43
	6	Realização de Análises Detalhadas	3,14	18	Adaptação do lean aos Processos engineer-to-order	2,57

Fonte: Autor (2024)

Os correspondentes da Empresa A não atribuíram grande importância ao entendimento do processo ETO e à implementação gradual das práticas *lean*. Isso pode indicar que os profissionais da empresa A já possuem um entendimento suficiente sobre o processo ETO ou que preferem uma implementação mais ágil, sem grandes adaptações iniciais. Além disso, a comunicação dos benefícios e o envolvimento da alta administração foram considerados menos importantes pela Empresa A o que sugere que a organização talvez veja essas práticas como secundárias para o sucesso da implementação de práticas *lean*. Essa percepção, no entanto, contrasta com as descobertas anteriores de que o apoio da alta administração é essencial para garantir a eficácia das práticas *lean* associadas ao alinhamento das práticas do *Framework* com seus objetivos organizacionais.

Como menores valores de benefício, os correspondentes da Empresa A destacam a priorização das oportunidades e a identificação de características *lean* adaptáveis sugere que podem preferir aplicar as práticas *lean* de maneira mais generalista, sem focar na personalização ou priorização específica. Isso pode indicar uma visão mais ampla das práticas *lean*.

Os correspondentes da Empresa B apresentam a priorização das oportunidades e o estudo de casos e exemplos de sucesso como menos relevantes, indicando que talvez prefiram uma abordagem menos baseada em exemplos externos e mais focada em desenvolver uma solução personalizada. Essa preferência pode indicar que a Empresa busca construir práticas *lean* que sejam mais específicas ao seu contexto, sem depender diretamente de casos de sucesso de outras indústrias, o que pode ser positivo para a adaptação ao contexto ETO.

Como menores valores de benefício, os correspondentes da Empresa B consideram a realização de análises detalhadas e o monitoramento como de menor benefício, o que pode apontar para uma preferência por intervenções mais rápidas e menos detalhadas. Essa abordagem pode, entretanto, limitar a capacidade da Empresa de realizar melhorias sustentáveis e baseadas em dados no longo prazo, já que a ausência de um monitoramento constante pode levar a decisões menos informadas e a uma falta de visibilidade sobre a evolução das práticas *lean*.

4.4.2 *Design* conceitual

De acordo com a verificação quanto à concordância ou discordância das folhas de tarefas (FTs) apresentados nos Quadros 13, 14 e 15, obteve-se as implicações práticas ao *design* conceitual obtidos a partir dos correspondentes para a implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO, o Quadro 16 apresenta estes resultados obtidos.

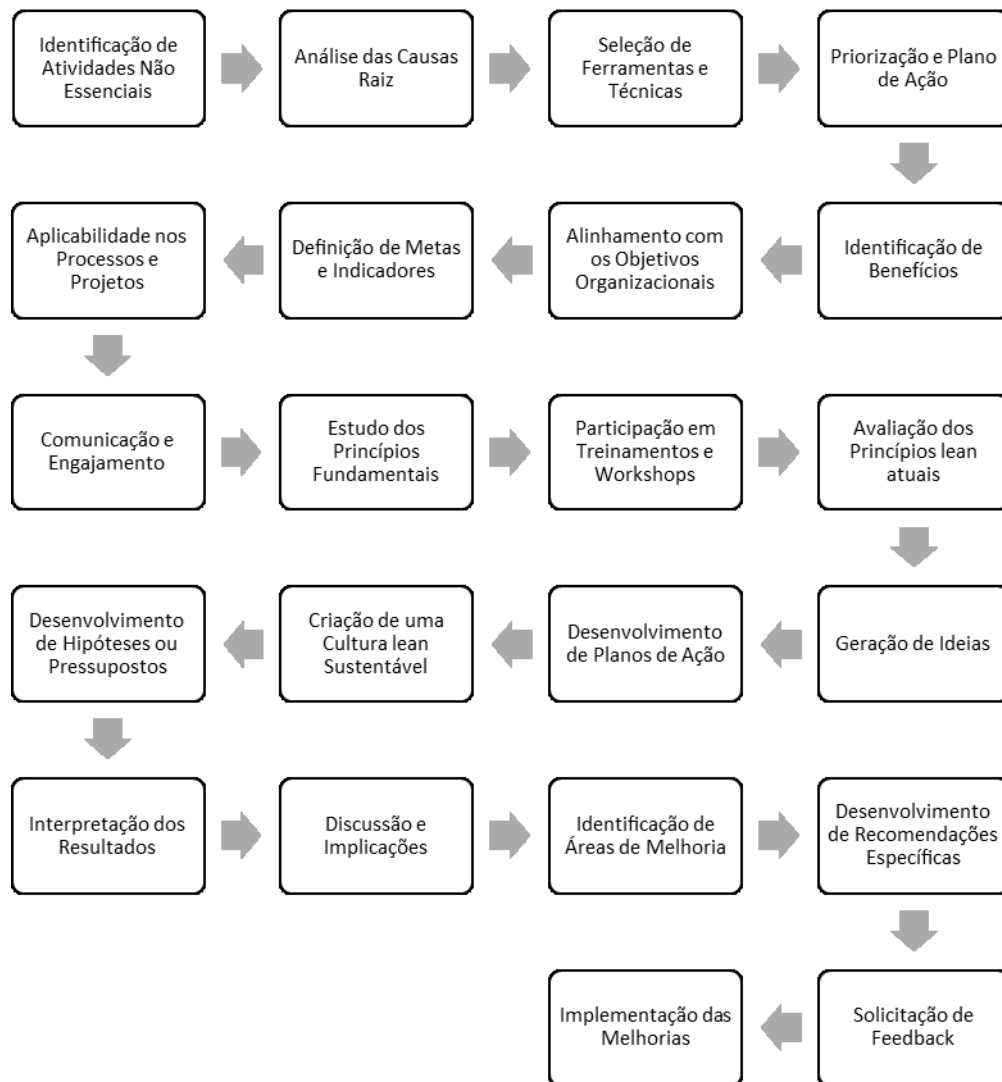
Quadro 16 – Implicações práticas ao *design* conceitual.

Fase	Etapa	FT	
1	2	3	Identificação de Atividades Não Essenciais
1	2	4	Análise das Causas Raiz
1	3	5	Seleção de Ferramentas e Técnicas
1	3	7	Priorização e Plano de Ação
1	4	8	Identificação de Benefícios
1	5	10	Alinhamento com os Objetivos Organizacionais
1	5	12	Definição de Metas e Indicadores
1	5	13	Aplicabilidade nos Processos e Projetos
1	5	14	Comunicação e Engajamento
2	6	15	Estudo dos Princípios Fundamentais
2	6	16	Participação em Treinamentos e Workshops
3	10	24	Avaliação dos Princípios lean atuais
3	10	25	Geração de Ideias
3	11	26	Desenvolvimento de Planos de Ação
3	11	29	Criação de uma Cultura lean Sustentável
4	12	30	Desenvolvimento de Hipóteses ou Pressupostos
4	14	35	Interpretação dos Resultados
4	14	36	Discussão e Implicações
4	15	37	Identificação de Áreas de Melhoria
4	15	38	Desenvolvimento de Recomendações Específicas
4	16	40	Solicitação de Feedback
4	16	42	Implementação das Melhorias

Fonte: Autor (2024)

O resultado do *design* conceitual foi o *Framework* preliminar elaborado com base nas implicações práticas dos resultados obtidos e serviram para análise dos Especialistas. A Figura 21 apresenta o *Framework* preliminar.

Figura 21 – Framework preliminar para análise dos Especialistas.



Fonte: Autor (2024)

4.4.3 Análises dos Especialistas

Os Especialistas analisaram as respostas e forneceram *feedback*, permitindo uma compreensão profunda das necessidades específicas das Empresas envolvidas. Os *feedbacks* dos Especialistas foram essenciais para alinhar o *Framework* com os objetivos gerais da pesquisa, e facilitar sua implementação.

4.4.3.1 Análises dos Especialista 1

O Especialista 1, em seu *feedback* enfatizou a importância crucial da categorização dos desafios enfrentados durante a implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO. Segundo ele, essa categorização permite uma

abordagem mais estruturada e eficaz na aplicação dos princípios *lean*, facilitando a identificação e priorização das áreas de melhoria.

Ele destacou que a segunda Fase do processo de construção do *Framework* é a mais significativa, pois é nela que se aprofundam os estudos dos princípios fundamentais do *lean*. Nesse contexto, o Especialista 1 sublinhou a necessidade de compreender profundamente conceitos como valor e fluxo contínuo. O entendimento desses princípios foi essencial para garantir que as práticas *lean* sejam adaptadas de maneira eficaz às especificidades dos processos ETO.

O Especialista 1, ressaltou a importância da participação em treinamentos e *workshops* oferecidos por instituições reconhecidas. Essas experiências práticas são fundamentais para consolidar o entendimento dos conceitos e técnicas *lean*, proporcionando aos participantes uma visão mais clara de como aplicá-los em ambientes reais. As respostas do questionário destacaram a necessidade de capacitação adicional, corroborando a recomendação do Especialista sobre a importância desses treinamentos.

Além disso, ele sugeriu que a análise de casos e exemplos de sucesso, onde empresas similares implementaram o *lean* com êxito em ambientes de fabricação ETO, foi uma Etapa indispensável. O Especialista 1, afirma que estudar como essas organizações adaptaram os princípios do *lean* às suas necessidades específicas oferece uma base do que pode ser aplicado no desenvolvimento da implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO.

Outro ponto crucial destacado pelo Especialista 1, foi a adaptação do *lean* aos processos ETO. Ele reconheceu que esses processos são únicos e podem exigir ajustes nos métodos e ferramentas tradicionais do *lean*. Isso pode envolver a personalização de fluxos de trabalho, o uso de práticas de Engenharia *lean* e a integração de sistemas de produção flexíveis, para atender às demandas específicas de personalização dos produtos.

O Especialista 1, salientou a importância da análise detalhada dos processos atuais dentro da organização. Realizar essa análise permite identificar áreas que podem se beneficiar diretamente da aplicação dos princípios *lean*.

O Especialista 1 destacou o desenvolvimento de soluções *lean* específicas para cada oportunidade identificada. Isso pode incluir a implementação de sistemas *kanban*, a criação de células de produção, a padronização de processos, entre outras técnicas *lean*. As soluções devem ser cuidadosamente desenvolvidas para atender às

necessidades identificadas, garantindo que cada intervenção seja alinhada com os objetivos estratégicos da empresa e contribua para a melhoria contínua dos processos.

O Especialista 1 decidiu adotar tanto para a questão de “importância” quanto a de “benefício” o RM de 4,2 para Empresa A, desta forma eliminou-se todos as FTs de 4,0 até 4,2 anteriormente apresentadas no *design* conceitual. Para a Empresa B, por possuir um desvio padrão maior, o Especialista 1 manteve o RM de 4,0. Em seguida, colocou-se na sequência de acordo com a Fase, Etapa e FT, o Quadro 17 apresenta o resultado da análise do Especialista 1.

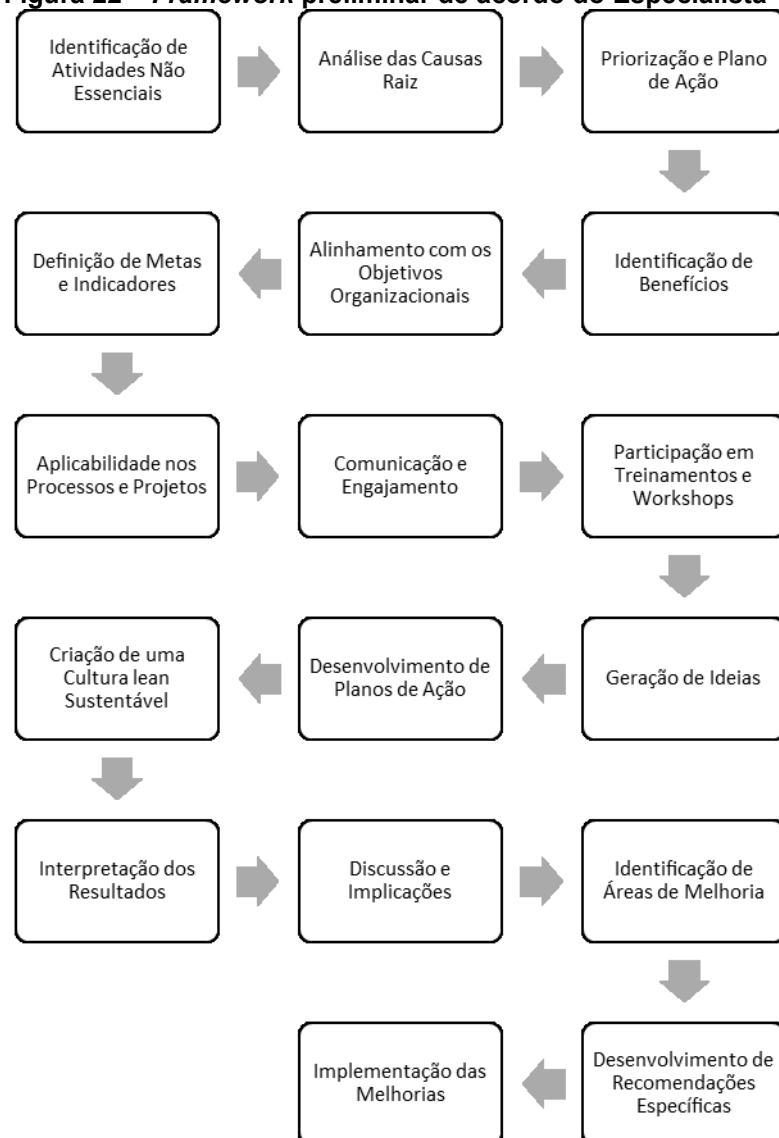
Quadro 17 – Análise do Especialista 1

Fase	Etapa	FT	
1	2	3	Identificação de Atividades Não Essenciais
1	2	4	Análise das Causas Raiz
1	3	7	Priorização e Plano de Ação
1	4	8	Identificação de Benefícios
1	5	10	Alinhamento com os Objetivos Organizacionais
1	5	12	Definição de Metas e Indicadores
1	5	13	Aplicabilidade nos Processos e Projetos
1	5	14	Comunicação e Engajamento
2	6	16	Participação em Treinamentos e Workshops
3	10	25	Geração de Ideias
3	11	26	Desenvolvimento de Planos de Ação
3	11	29	Criação de uma Cultura lean Sustentável
4	14	35	Interpretação dos Resultados
4	14	36	Discussão e Implicações
4	15	37	Identificação de Áreas de Melhoria
4	15	38	Desenvolvimento de Recomendações Específicas
4	16	42	Implementação das Melhorias

Fonte: Autor (2024)

A Figura 22 apresenta o resultado do *Framework* preliminar de acordo com o Especialista 1.

Figura 22 – Framework preliminar de acordo do Especialista 1.



Fonte: Autor (2024)

4.4.3.2 Análises dos Especialista 2

O Especialista 2, além de sua formação em administração, possui experiência e conhecimentos em gerenciamento de projetos, o que enriqueceu sua análise e estruturação do *Framework*.

De acordo com o Especialista 2, a proposta de implantação do *Framework* é extremamente útil para projetos ETO que enfrentam grandes desafios em termos de eficiência e padronização. Ele destacou a importância de estabelecer uma metodologia de atuação que promova o desenvolvimento de boas práticas incorporadas na cultura organizacional. Para estruturar melhor o *Framework*, o Especialista sugeriu a adoção de algumas etapas do PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), um guia amplamente reconhecido para melhores práticas em

gerenciamento de projetos. As recomendações de acordo com suas próprias palavras são apresentadas no Quadro 18.

Quadro 18 – Recomendações do Especialista 2.

Iniciação	Desenvolvimento do Termo de Abertura do Projeto, autorizando formalmente o início do projeto e definindo seus objetivos, escopo, <i>stakeholders</i> e requisitos.
	Identificação das Partes Interessadas para entender suas expectativas e impactos.
Planejamento	Criação de um Plano de Gerenciamento do Projeto, integrando e descrevendo como os diferentes aspectos do projeto serão gerenciados.
	Definição do escopo, cronograma, custos, qualidade, recursos, comunicações e riscos, bem como o planejamento das aquisições necessárias.
Execução	Direção e gerenciamento do trabalho do projeto conforme definido no plano de gerenciamento.
	Garantia de qualidade, alocação de recursos, comunicação eficaz e gerenciamento de aquisições.
Monitoramento e Controle	Monitoramento e controle contínuos do trabalho do projeto para garantir que ele permaneça no caminho certo.
	Controle integrado de mudanças e monitoramento de escopo, cronograma, custos, qualidade, recursos, comunicações e riscos.
Encerramento	Finalização de todas as atividades do projeto ou fase, formalizando a aceitação das entregas.
	Realização de uma avaliação pós-projeto para identificar lições aprendidas e áreas de melhoria.

Fonte: Autor (2024)

O Especialista 2, apontou que a adaptação do *Framework* às necessidades específicas da organização é crucial, considerando as particularidades do ambiente ETO, onde a customização e a flexibilidade são elementos chave. Ele sugeriu a criação de uma Matriz de Responsabilidades (RACI) para clarificar as funções e responsabilidades de cada membro da equipe, promovendo uma comunicação eficaz e evitando ambiguidades.

Reforçou a importância de uma Gestão de Comunicação eficaz, onde a informação fluísse de maneira transparente e regular entre todos os níveis da organização, facilitando o alinhamento e a tomada de decisões informadas.

O Especialista 2 decidiu adotar tanto para a questão de “importância” quanto a de “benefício” o RM de 4,1 tanto para Empresa A e Empresa B, independente do

desvio padrão. Por fim, o Especialista 2 sugeriu a inclusão no *design* conceitual de acordo com sua sugestão de adoção de algumas etapas do PMBOK, incluído desta forma, a análise do estado atual dos processos para Fase 1, definição de objetivos e metas para Fase 2. O Quadro 19 apresenta o resultado da análise do Especialista 2.

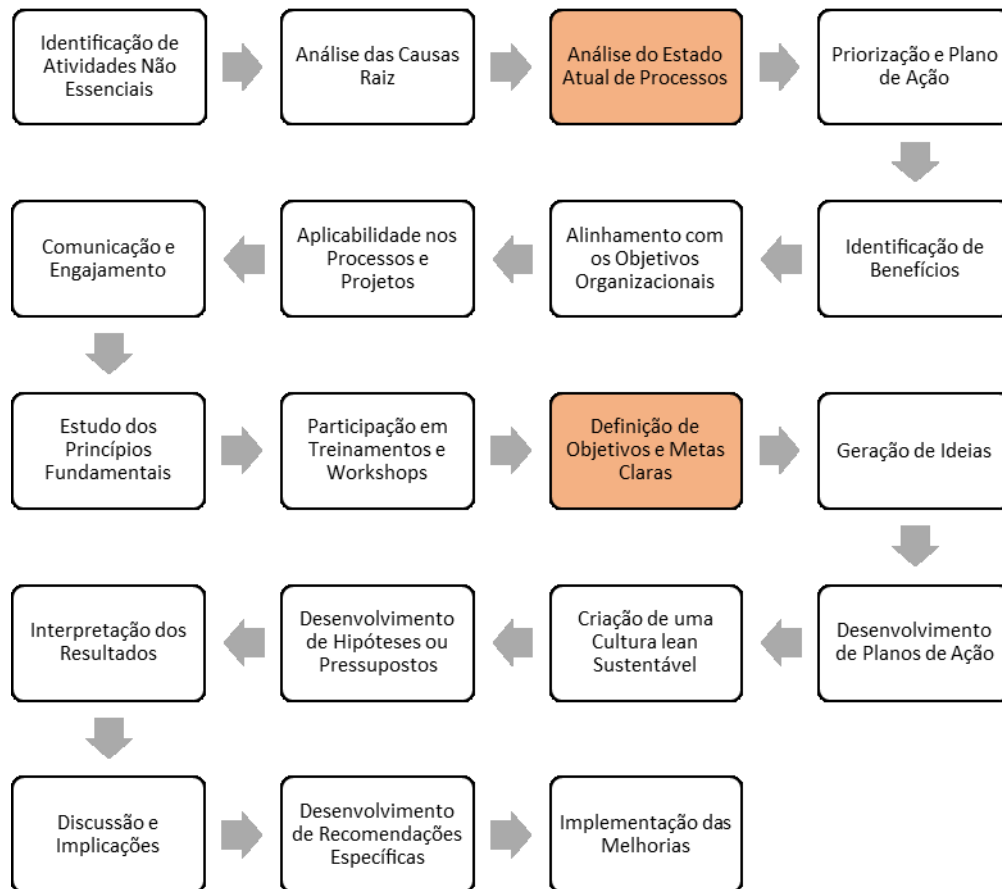
Quadro 19 - Análise do Especialista 2.

Fase	Etapa	FT	
1	2	3	Identificação de Atividades Não Essenciais
1	2	4	Análise das Causas Raiz
1	Especialista 2		Análise do Estado Atual de Processos
1	3	7	Priorização e Plano de Ação
1	4	8	Identificação de Benefícios
1	5	10	Alinhamento com os Objetivos Organizacionais
1	5	13	Aplicabilidade nos Processos e Projetos
1	5	14	Comunicação e Engajamento
2	6	15	Estudo dos Princípios Fundamentais
2	6	16	Participação em Treinamentos e Workshops
2	Especialista 2		Definição de Objetivos e Metas Claras
3	10	25	Geração de Ideias
3	11	26	Desenvolvimento de Planos de Ação
3	11	29	Criação de uma Cultura lean Sustentável
4	12	30	Desenvolvimento de Hipóteses ou Pressupostos
4	14	35	Interpretação dos Resultados
4	14	36	Discussão e Implicações
4	15	38	Desenvolvimento de Recomendações Específicas
4	16	42	Implementação das Melhorias

Fonte: Autor (2024)

A Figura 23 apresenta o resultado do *Framework* preliminar de acordo com o Especialista 2.

Figura 23 – Framework preliminar de acordo do Especialista 2.



Fonte: Autor (2024)

4.4.3.3 Integração das Análises dos Especialistas

Os Especialistas 1 e 2 decidiram adotar tanto para a questão de “importância” quanto a de “benefício” o RM de 4,1 para Empresa A e para a Empresa B o RM de 4,0 devido ao fato de possuir um desvio padrão maior. A inclusão sugerida pelo Especialista 2 de adicionar uma FT de análise do estado atual dos processos para Fase 1, e outra FT de definição de objetivos e metas para Fase 2 foi mantida. E por fim os Especialistas 1 e 2 sugeriram a inclusão de uma FT monitoramento e avaliação contínuos, ambas para Fase 4. O Quadro 20 apresenta o resultado desta análise dos Especialistas 1 e 2.

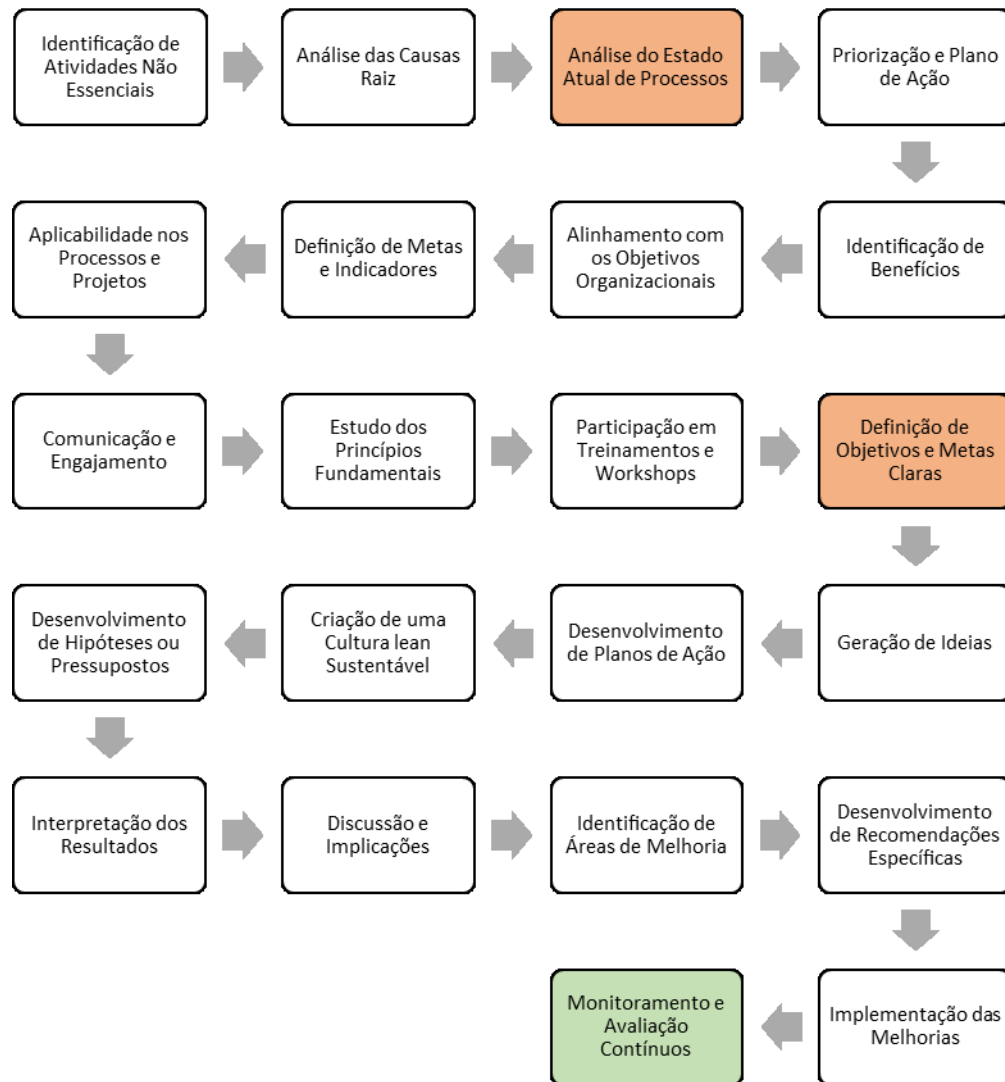
Quadro 20 – Integração das avaliações dos Especialistas 1 e 2.

Fase	Etapa	FT	
1	2	3	Identificação de Atividades Não Essenciais
1	2	4	Análise das Causas Raiz
1	Especialista 2		Análise do Estado Atual de Processos
1	3	7	Priorização e Plano de Ação
1	4	8	Identificação de Benefícios
1	5	10	Alinhamento com os Objetivos Organizacionais
1	5	12	Definição de Metas e Indicadores
1	5	13	Aplicabilidade nos Processos e Projetos
1	5	14	Comunicação e Engajamento
2	6	15	Estudo dos Princípios Fundamentais
2	6	16	Participação em Treinamentos e Workshops
2	Especialista 2		Definição de Objetivos e Metas Claras
3	10	25	Geração de Ideias
3	11	26	Desenvolvimento de Planos de Ação
3	11	29	Criação de uma Cultura lean Sustentável
4	12	30	Desenvolvimento de Hipóteses ou Pressupostos
4	14	35	Interpretação dos Resultados
4	14	36	Discussão e Implicações
4	15	37	Identificação de Áreas de Melhoria
4	15	38	Desenvolvimento de Recomendações Específicas
4	16	42	Implementação das Melhorias
4	Especialista 1 e 2		Monitoramento e Avaliação Contínuos

Fonte: Autor (2024)

A Figura 24 apresenta o resultado final do fechamento dos Especialistas 1 e 2, apresenta o *Framework* para implementação de práticas *lean* para ambientes com processos ETO.

Figura 24 – Framework para implementação de práticas lean em ambientes de fabricação ETO.



Fonte: Autor (2024)

4.4.4 Análises Finais

Para melhor entendimento do *Framework* proposto, as Etapas e FTs apresentadas no quadro 20 foram colocadas em ordem crescente numérica. Uma vez que no quadro 20 foi apresando o resultado da análise quanto à concordância ou discordância, não houve uma reorganização numérica das Fases e FTS. Para essa nova sequência, simplesmente foi analisado as Etapas e FTs e colocadas em ordem numérica. O Quadro 21 apresenta como foi realizada essa alteração e o resultado na nova sequência numérica das Etapas e FTs em relação as Fases.

Quadro 21 – Nova sequência numérica das Etapas e FTs do *Framework* proposto.

Visualização Quadro 20			Nova sequência numérica		
Fase	Etapa	FT	Fase	Etapa	FT
1	2	3	1	1	1
1	2	4	1	1	2
1	Especialista 2		1	2	3
1	3	7	1	2	4
1	4	8	1	3	5
1	5	10	1	4	6
1	5	12	1	4	7
1	5	13	1	4	8
1	5	14	1	4	9
2	6	15	2	5	10
2	6	16	2	5	11
2	Especialista 2		2	5	12
3	10	25	3	6	13
3	11	26	3	7	14
3	11	29	3	8	15
4	12	30	4	9	16
4	14	35	4	10	17
4	14	36	4	10	18
4	15	37	4	11	19
4	15	38	4	11	20
4	16	42	4	12	21
4	Especialista 1 e 2		4	13	22

Fonte: Autor (2024)

Mantiveram-se as mesmas descrições das Etapas como as apresentadas no Quadro 5. O Quadro 22 foi estruturado de maneira a oferecer uma visão resumida, facilitando a compreensão das FTs essenciais para a implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO. As cores aplicadas foram para diferenciar as Fases do *Framework* proposto.

O intuito do Quadro 22 é facilitar e permitir que qualquer empresa, independentemente de seu porte ou setor, consiga utilizar o *Framework* proposto de forma eficiente e prática.

Quadro 22 – Descrições das FTs para otimizar aplicação do *Framework* proposto.

Fase	Etapa	FT		Descrição da FT	Prática <i>lean</i>
1	1	1	Identificação de Atividades Não Essenciais	Identificar atividades que não agregam valor ao produto ou serviço final. Isso inclui atividades redundantes, retrabalho, movimentação desnecessária de materiais, entre outros.	VSM, Análise dos 7 Desperdícios (7 Mudras)

1	1	2	Análise das Causas Raiz	Entender as causas que estão contribuindo para ocorrência de Desperdícios. Isso pode envolver a realização de análises de causa raiz, entrevistas com funcionários.	Diagrama de <i>Ishikawa</i> , <i>5whys</i> e 5W2H
1	2	3	Análise do Estado Atual de Processos	Realizar uma análise detalhada dos processos atuais existentes na organização e como princípios <i>lean</i> podem ser incorporados a estes processos.	VSM, <i>Kaizen</i>
1	2	4	Priorização e Plano de Ação	Priorizar os desperdícios identificados com base no impacto e na frequência de ocorrência. Desenvolver um plano de ação para eliminar ou reduzir os desperdícios prioritários.	Matriz GUT, <i>5whys</i> e 5W2H
1	3	5	Identificação de Benefícios	Benefícios da identificação e eliminação de desperdícios. Isso pode incluir redução de custos operacionais, aumento da produtividade, melhoria da qualidade dos produtos ou serviços, diminuição de lead-times e maior satisfação do cliente.	VSM, <i>Kaizen</i>
1	4	6	Alinhamento com os Objetivos Organizacionais	Verificar de acordo com os objetivos estratégicos da organização, como a redução de desperdícios podem estar alinhados com metas de redução de custos, melhoria da qualidade, aumento da eficiência ou sustentabilidade.	Análise de Tempo e Movimentos (Estudo de Métodos, ETM)
1	4	7	Definição de Metas e Indicadores	Estabelecer metas e indicadores relacionadas à identificação e eliminação de desperdícios de acordo com os objetivos estratégicos da organização.	Análise dos 7 Desperdícios (7 Mudanças), PDCA
1	4	8	Aplicabilidade nos Processos e Projetos	Incluir a análise de desperdícios como parte dos processos de melhoria contínua ou de projetos de reengenharia de processos.	Diagrama de <i>Ishikawa</i> , <i>5whys</i> e 5W2H
1	4	9	Comunicação e Engajamento	Comunicar os resultados e benefícios da identificação de desperdícios para toda a organização.	Matriz GUT, A3 <i>Report</i>
2	5	10	Estudo dos Princípios Fundamentais	Estudar os princípios fundamentais do <i>lean</i> permitindo a compreensão de seus conceitos.	VSM, 5S
2	5	11	Participação em Treinamentos e Workshops	Participar de treinamentos e workshops sobre <i>lean</i> oferecidos por instituições reconhecidas.	Matriz GUT, <i>Kaizen</i>
2	5	12	Definição de Objetivos e Metas Claras	Estabelecer metas relacionadas à identificação e eliminação de desperdícios de acordo com princípios <i>lean</i> .	<i>Hoshin Kanri</i> (Desdobramento de Estratégia), <i>5whys</i> e 5W2H

3	6	13	Geração de Ideias	Envolver equipes para gerar ideias e propostas de melhoria concentrando-se em soluções que possam ser adaptadas aos processos ETO.	<i>Kaizen, A3 Report</i>
3	7	14	Desenvolvimento de Planos de Ação	Estabelecer responsabilidades claras, prazos e recursos necessários para a implementação das melhorias.	Matriz GUT, PDCA
3	8	15	Criação de uma Cultura <i>lean</i> Sustentável	Promover uma cultura organizacional que valorize os princípios <i>lean</i> e a melhoria contínua. Incentivar o aprendizado contínuo, a inovação e o compartilhamento de melhores práticas.	<i>Kaizen, Treinamento e Desenvolvimento Lean</i>
4	9	16	Desenvolvimento de Hipóteses ou Pressupostos	Desenvolver hipóteses ou pressupostos que possam orientar a implementação de práticas <i>lean</i> .	Matriz GUT, A3 Report
4	10	17	Interpretação dos Resultados	Considerar o significado prático e teórico dos resultados e como eles contribuem para a compreensão do processo.	Análise dos 7 Desperdícios (7 Mudanças), PDCA
4	10	18	Discussão e Implicações	Discutir as implicações dos resultados obtidos, como eles podem informar decisões futuras ou influenciar a implementação de práticas <i>lean</i> .	A3 Report, 5W2H
4	11	19	Identificação de Áreas de Melhoria	Com base nos resultados e lições aprendidas, identificar áreas específicas que podem se beneficiar com as melhorias.	<i>Kaizen, VSM, PDCA</i>
4	11	20	Desenvolvimento de Recomendações Específicas	Desenvolver recomendações concretas e acionáveis para abordar as áreas identificadas para melhoria.	A3 Report, <i>Kaizen</i> , PDCA
4	12	21	Implementação das Melhorias	Executar os planos de ação conforme planejado, garantindo uma implementação eficaz e oportuna das melhorias identificadas.	PDCA, <i>Gemba Walk, Kaizen</i>
4	13	22	Monitoramento e Avaliação Contínuos	Monitorar de perto o progresso e fazer ajustes conforme necessário ao longo do tempo.	PDCA, Matriz de Monitoramento de Desempenho (KPI), <i>Kaizen</i>

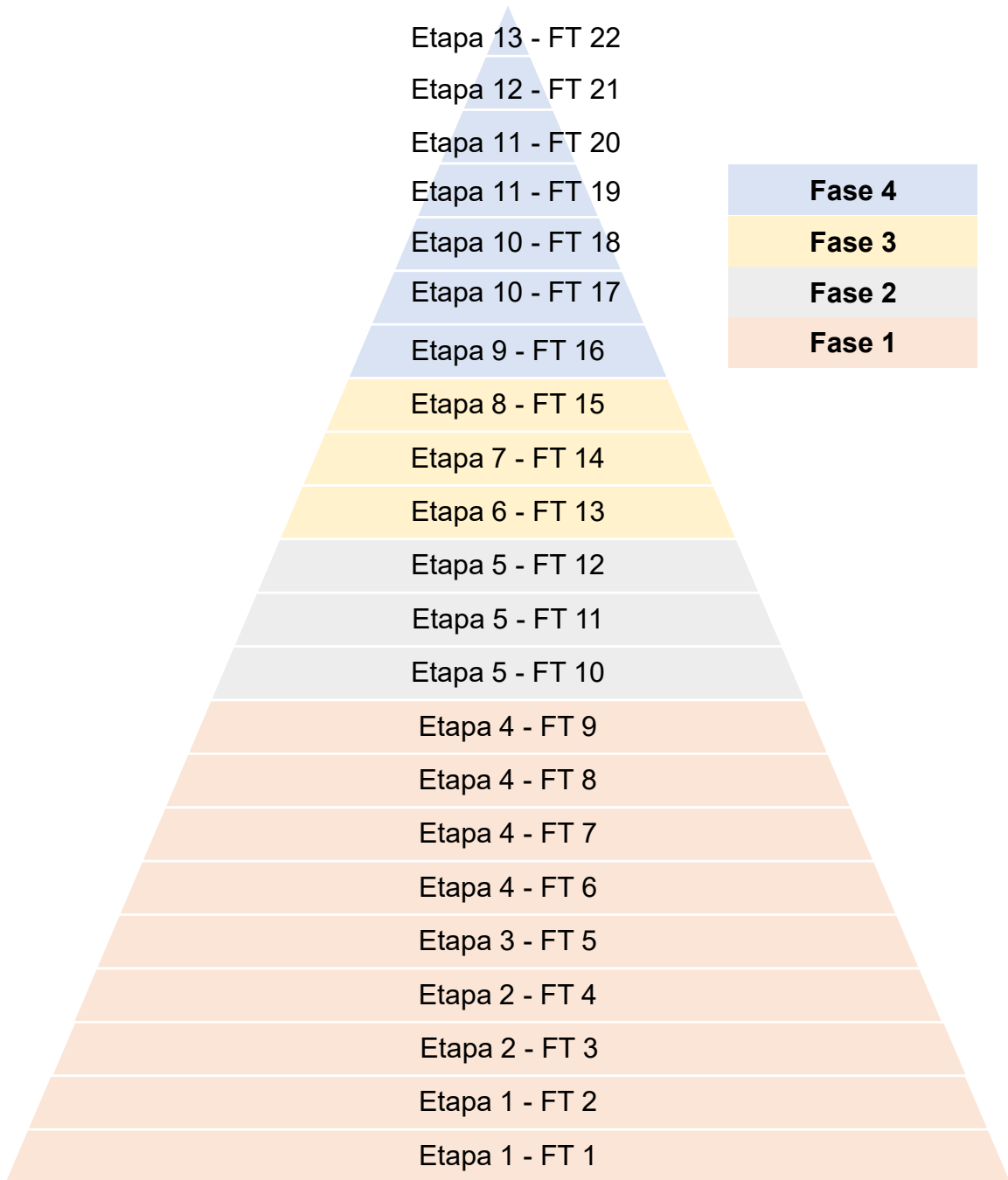
Fonte: Autor (2024)

A Figura 25 é uma representação que sintetiza a hierarquia de Fases, Etapas e FTs, permitindo que os gestores e equipes operacionais implementem o modelo de forma gradual e estruturada.

Nota-se que a Fase 1 é a base da hierarquia, possuindo 4 Etapas e 9 FTs o que fundamenta sua importância. Além disso, a Fase 4 é o topo da hierarquia, cujas suas Etapas e FTs só são possíveis após concluídas as anteriores.

A Figura 25 facilita a adaptação das práticas *lean* ao contexto específico de cada organização, respeitando suas particularidades e necessidades, o que contribui para a efetiva transformação e melhoria dos processos de produção.

Figura 25 – Representação da hierarquia de Fases, Etapas e FTs para a implementação de práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO.



Fonte: Autor (2024)

4.5 Pesquisas Futuras e Melhorias

O Especialista 1, destacou a necessidade de adaptar o *Framework* para diferentes cenários ETO, considerando a alta variabilidade e personalização inerentes

a esses ambientes. Ele apontou que a eficácia do *Framework* depende significativamente da flexibilidade das ferramentas *lean* nele integradas. Por exemplo, ele sugeriu que a aplicação de ferramentas como o *Value Stream Mapping* (VSM) e o *Just-in-Time* (JIT) precisa ser ajustada para acomodar a natureza não repetitiva e o baixo volume de produção característicos dos processos ETO.

Este Especialista também sugeriu que poderia incluir o aprimoramento da sincronização entre as etapas de Engenharia, fabricação e instalação, utilizando tecnologias digitais para melhorar a visibilidade e a gestão do fluxo de trabalho. Além disso, o especialista ressaltou a necessidade de estudos que testem a adaptação do *Framework* em diferentes setores da empresa de forma segregada, para verificar sua eficácia em contextos variados.

O Especialista 2, apontou que uma das principais limitações do *Framework* reside na complexidade da coordenação entre os departamentos envolvidos nos processos ETO. Ele observou que, devido à natureza altamente personalizada dos produtos ETO, as empresas frequentemente enfrentam desafios significativos na comunicação e na gestão de projetos, o que pode comprometer a implementação eficaz das práticas *lean* sugeridas pelo *Framework*.

Este Especialista recomendou que a implementação inclua estratégias mais robustas de comunicação e colaboração entre os departamentos, talvez através da integração de sistemas integrados de gestão da informação e da utilização de práticas de gestão visual para aumentar a transparência e a coordenação entre as equipes.

Em síntese, os *feedbacks* dos Especialistas proporcionaram a adaptação e expansão do *Framework* conceitual em cenários ETO reais. As implicações levantadas indicam a necessidade de ajustes específicos que permitam sua aplicação eficaz em diferentes contextos produtivos, enquanto as limitações apontam para áreas de pesquisa futura, especialmente em relação à integração de metodologias e à gestão eficiente de processos complexos. Esses elementos são cruciais para o sucesso da implementação do *Framework* em ambientes de fabricação ETO, contribuindo para a redução de desperdícios e a melhoria da competitividade das empresas que adotam essa estratégia de produção.

Futuras Linhas de Pesquisa, ambos os Especialistas concordaram que a implementação eficaz do *Framework* requer uma abordagem iterativa, onde cada Fase deve ser cuidadosamente monitorada e ajustada conforme necessário, para garantir que as práticas *lean* sejam adaptadas às realidades de cada empresa.

Durante a fase de execução, recomendam uma implementação em pequena escala, através de projetos piloto que permitam testar e refinar as práticas *lean* dentro do contexto específico da empresa. Isso permitirá identificar e resolver desafios operacionais antes de uma aplicação mais ampla. Os Especialistas sugerem o uso contínuo de métricas de desempenho, como a Eficiência Global dos Equipamentos (OEE), para monitorar os resultados e ajustar as práticas conforme necessário.

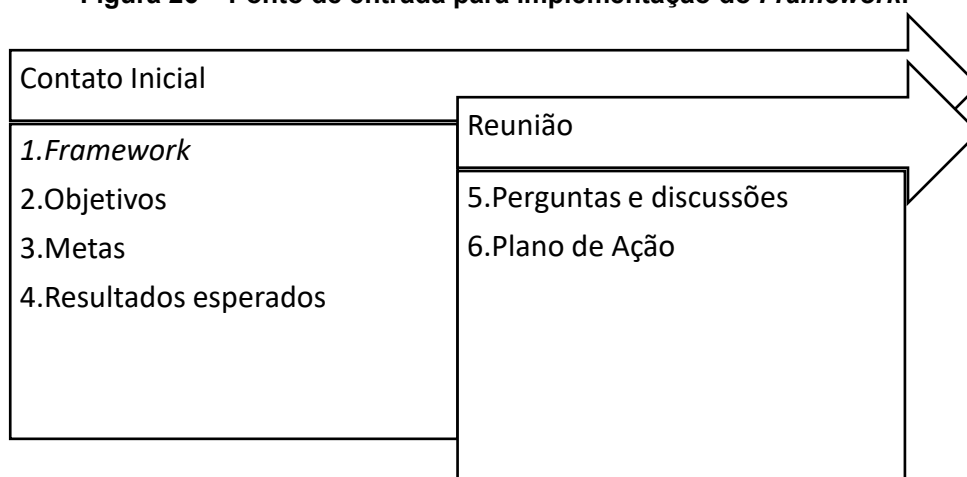
Finalmente, os Especialistas ressaltaram a importância de um compromisso de longo prazo por parte da alta administração para garantir que as mudanças introduzidas sejam sustentáveis e levem a uma melhoria contínua. A implementação do *Framework* deve ser vista como um processo dinâmico, onde o aprendizado e a adaptação constantes são fundamentais para alcançar os objetivos de eficiência e redução de desperdícios em ambientes de fabricação ETO.

4.6 Ponto de Entrada (iv)

De acordo com os Especialistas, o contato inicial deve ser estabelecido com os líderes dos principais departamentos da empresa, visando apresentar de forma preliminar o novo processo a ser implementado e gerar uma expectativa sobre os benefícios esperados. Neste primeiro momento, devem ser discutidos os desafios enfrentados pela organização, como a falta de integração entre setores e as ineficiências operacionais.

A primeira reunião foi destacada pelos Especialistas, pois deve-se contar com a participação de todos os envolvidos e ser organizada com o intuito de introduzir formalmente o ponto de entrada da implementação de práticas *lean* em empresas ETO. Os Especialistas contribuíram para esta estratégia apresentando como deve ser o contato inicial e a reunião do ponto de entrada (Figura 26).

Figura 26 – Ponto de entrada para implementação do *Framework*.



Fonte: Autor (2024)

O facilitador deve-se inicialmente apresentar o *Framework* propriamente dito, seus objetivos de implementação de forma detalhada, explicando claramente o que se esperava alcançar. Deve-se estabelecer metas, como a melhoria da eficiência, a redução de desperdícios. Além disso, apresentar quais são os resultados esperados, garantindo assim, que todos entendam como sua participação seria essencial para o sucesso da implementação do *Framework*.

Após o contato inicial, a reunião deve ser realizada após um período de tempo para permitir perguntas e discussões, garantindo que os colaboradores expressem suas dúvidas e preocupações.

Ao final da reunião, tem que ser acordado um plano de ação, que inclui a definição de cronogramas e responsáveis por cada fase do projeto. Essa reunião serve como base para o engajamento contínuo durante a implementação do *Framework*.

Os Especialistas afirmam que o ponto de entrada deve-se estabelecer a necessidade da mudança. Isso envolve apresentar dados e fatos que justificam a implementação de práticas *lean*, seja para resolver problemas existentes, como ineficiências operacionais, ou para melhorar a competitividade e desempenho da empresa. Esse momento é essencial para convencer todos os *stakeholders* da relevância da iniciativa, criando um senso de urgência e de propósito comum.

Além disso, o ponto de entrada deve-se incluir uma comunicação dos resultados esperados. Isso envolve definir metas, como a redução de desperdícios, melhorias na eficiência produtiva, ou a implementação de práticas *lean*. Outro aspecto

importante do ponto de entrada é a explicação de como o processo será implementado na prática.

No ponto de entrada, tanto o Quadro 22 quanto a Figura 25 desempenham papéis como guias para a implementação bem-sucedida. O Quadro 22, com sua representação das Fases, Etapas e FTs relacionadas com práticas lean, serve como um mapa para a compreensão das ações necessárias e a organização do processo.

O Quadro 22, assim, é fundamental para orientar os envolvidos no processo desde o início, garantindo que todos compreendam o propósito e a sequência lógica das ações.

Já a Figura 25 complementa esse guia ao detalhar a hierarquia de Fases, Etapas e FTs, servindo como um auxílio visual dinâmico. Ela ilustra de maneira gráfica como cada conclusão de Fase, Etapa e FTs inter-relacionam ao longo da implementação, proporcionando uma visão geral de como os processos podem evoluir à medida que os objetivos são alcançados.

A Figura 25 deve ser utilizada para ajudar os gestores e equipes a visualizarem o progresso contínuo da implementação, ajustando suas ações conforme necessário, com base nos resultados que estão sendo alcançados.

Por fim, o ponto de entrada deve-se promover o comprometimento e engajamento de todos os membros da organização. Isso pode ser alcançado por meio de reuniões de apresentação, treinamentos específicos e sessões de *feedback* que garantam que todos entendam a importância do processo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa explorou a aplicação de práticas *lean* em empresas com processos ETO, identificando os principais desafios e oportunidades de melhoria dentro deste contexto. O *Framework* conceitual proposto nesta pesquisa visa orientar a implementação dessas práticas, oferecendo uma metodologia adaptada às características únicas do ambiente ETO.

A implementação de práticas *lean* em empresas ETO apresenta várias complexidades e adversidades. A intensa customização dos produtos, os prazos de entrega prolongados e a pressão por redução de custos são fatores que dificultam a adoção dessas práticas. Além disso, a necessidade de coordenação entre diversos departamentos e a sobreposição de etapas do projeto são desafios significativos. Estes desafios foram abordados durante o desenvolvimento do *Framework*, resultando em um modelo que considera essas particularidades e propõe soluções específicas para superá-las.

Apesar dos desafios, a gestão *lean* oferece diversas vantagens para empresas com processos ETO. A redução de desperdícios, a melhoria da eficiência e a otimização dos processos são benefícios notáveis. O uso de ferramentas *lean* como *Just-In-Time*, Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) e Troca Rápida de Ferramentas (SMED) pode resultar em melhorias significativas na produtividade e na qualidade dos produtos. Ao longo da revisão sistemática de literatura, verificou-se que a aplicação dessas ferramentas, quando adaptadas ao contexto ETO, contribui para a minimização de atividades que não agregam valor e para a sincronização eficaz entre os departamentos de Engenharia, fabricação e instalação do produto.

Além disso, a integração de novas tecnologias como Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA) pode potencializar os benefícios das práticas *lean* neste contexto. A combinação dessas tecnologias com as práticas *lean* pode oferecer novas oportunidades para a automação de processos, melhoria na gestão de dados e maior eficiência operacional.

A pesquisa começou com uma revisão sistemática da literatura, que proporcionou uma base para identificar as práticas *lean* mais relevantes e suas potenciais adaptações ao ambiente ETO. Essa revisão permitiu atingir o primeiro objetivo específico, que era revisar métodos e técnicas utilizadas para mitigar

desperdícios em outros contextos e avaliar sua aplicabilidade em ambientes de fabricação ETO.

Com base nos dados coletados por meio do questionário com participantes de empresas ETO, foi possível identificar os desafios enfrentados na implementação de práticas *lean* nesses ambientes, atendendo ao segundo objetivo específico. As análises mostraram que os principais desperdícios e ineficiências se manifestam na fase de fabricação, o que reforça a necessidade de focar as melhorias nessa área.

A partir dessas análises, foi possível estruturar um *Framework* conceitual adaptado ao contexto ETO, conforme previsto no terceiro objetivo específico. Esse *Framework* foi construído de forma iterativa e verificado por Especialistas, garantindo que as diretrizes propostas fossem relevantes e aplicáveis.

Por fim, o quarto objetivo específico, que consistia em identificar práticas e metodologias *lean* que poderiam ser aplicadas ou adaptadas para ambientes de fabricação ETO, foi atingido por meio das avaliações dos Especialistas. Eles destacaram a importância de uma abordagem iterativa e adaptável, que leve em consideração as particularidades de cada empresa e projeto.

A estrutura hierárquica desenvolvida nesta dissertação, composta por Fases, Etapas e Passos (representados pelas FTs), demonstrou ser fundamental para organizar e orientar a implementação do *Framework* proposto. Essa hierarquia oferece uma visão clara e sequencial do processo, permitindo que as Fases capturem o macrofluxo do *Framework*, enquanto as Etapas detalham objetivos e as FTs fornecem ações específicas para operacionalizar as práticas. Essa abordagem modular garante flexibilidade na aplicação do modelo, permitindo às empresas adaptar as FTs de acordo com suas necessidades e maturidade organizacional, sem perder a coerência metodológica.

Os resultados obtidos pela aplicação do questionário as Empresas A e B nesta pesquisa evidenciam diferenças significativas na percepção e aplicação das práticas *lean*, refletindo as particularidades culturais e estruturais de cada organização. Na Empresa A, observou-se uma distribuição mais equilibrada das respostas entre as Fases do *Framework*, tanto em relação à importância quanto aos benefícios das questões sobre as FTs. O que sugere um reconhecimento da relevância de todas as Fases do processo de implementação. Essa visão pode estar relacionada a uma cultura organizacional que valoriza o planejamento, a execução intermediária e o monitoramento dos resultados de forma sistêmica.

Por outro lado, a Empresa B apresentou respostas mais concentradas nas Fases 1 e 4, tanto para importância quanto para benefícios. Esse padrão reflete uma cultura mais orientada a resultados imediatos e entrega final, com menor valorização das Fases intermediárias. A ausência de respostas significativas nas Fases 2 e 3 aponta para possíveis lacunas na capacitação ou no entendimento da aplicação das práticas *lean* em momentos críticos.

As percepções dos correspondentes reforçam a necessidade de adaptações do *Framework* proposto conforme as características culturais, operacionais e estratégicas das empresas. Enquanto a Empresa A pode se beneficiar de um aprofundamento em indicadores específicos para fortalecer a integração entre as Fases, a Empresa B tem a oportunidade de explorar as Fases intermediárias para maximizar os ganhos no longo prazo.

No entanto, esta pesquisa apresenta algumas limitações. Devido à complexidade do tema e ao tempo necessário para a realização do estudo, não foi possível acompanhar a implementação prática do *Framework* em empresas ETO. Assim, o escopo da pesquisa ficou restrito ao levantamento, análise e orientação sobre práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO. Recomenda-se que futuras pesquisas se concentrem na implementação prática do *Framework* proposto, visando verificar empiricamente os resultados e identificar áreas de melhoria.

Este estudo contribuiu para o avanço do conhecimento sobre a aplicação de práticas *lean* em empresas ETO, oferecendo um *Framework* conceitual que pode ser utilizado como guia para melhorar a eficiência e reduzir desperdícios. A gestão *lean*, quando adaptada às particularidades do ambiente ETO, tem o potencial de proporcionar ganhos significativos em termos de competitividade e desempenho organizacional. Através do desenvolvimento do *Framework*, foi possível demonstrar que é viável implementar práticas *lean* em ambientes de fabricação ETO, superando os desafios e aproveitando as oportunidades de melhoria identificadas ao longo do estudo.

Trabalhos futuros podem abordar áreas que complementam esta pesquisa, considerando as limitações encontradas e as possibilidades de expansão do *Framework* proposto. Desta forma pode-se destacar:

- I. Ampliar o escopo de verificação do *Framework* proposto para empresas de setores diferentes do estudado, como construção civil, indústrias químicas ou

eletroeletrônicas, que também enfrentam desafios de produção personalizada como ETO. Isso permitirá avaliar a universalidade e flexibilidade do *Framework*.

- II. Explorar como tecnologias como Indústria 4.0, inteligência artificial, e sistemas IoT podem ser incorporadas ao *Framework* proposto para potencializar o gerenciamento em empresas ETO. Um estudo mais detalhado sobre a aplicação de ferramentas digitais, como *digital twins*, podem enriquecer a pesquisa.
- III. Investigar mais profundamente como a cultura organizacional impacta a implementação de práticas *lean* em empresas ETO, incluindo estudos de casos sobre resistência à mudança, treinamentos e engajamento dos colaboradores.
- IV. Desenvolver métricas detalhadas para avaliar os benefícios econômicos do uso do *Framework* proposto, como redução de custos, aumento de produtividade e impacto na lucratividade.
- V. Investigar como o *Framework* proposto pode incluir práticas que promovam sustentabilidade ambiental e responsabilidade social, integrando objetivos de ESG (*Environmental, Social, and Governance*) no contexto *lean*.
- VI. Focar na aplicação do *Framework* proposto para PMEs, que frequentemente possuem recursos limitados, mas enfrentam desafios semelhantes. Trabalhos futuros poderiam propor simplificações ou adaptações do *Framework* para atender a esse público.

REFERÊNCIAS

- ABDELKHALEK, E. S. et al. **Analysis of visual management practices for construction safety**. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019. Anais...The International Group for Lean Construction, 2019.
- ALFNES, E. et al. **Exploring systemic factors creating uncertainty in complex engineer-to-order supply chains: Case studies from Norwegian shipbuilding first tier suppliers**. International Journal of Production Economics, v. 240, 1 out. 2021.
- ALFNES, E. et al. **Rearticulating supply chain design and operation principles to mitigate uncertainty in the Norwegian engineer-to-order shipbuilding sector**. International Journal of Production Economics, v. 262, 1 ago. 2023.
- AYOUBI, H.; TABAA, Y.; EL KHARRIM, M. **Artificial Intelligence in Green Management and the Rise of Digital Lean for Sustainable Efficiency**. E3S Web of Conferences. Anais...EDP Sciences, 17 ago. 2023.
- BATAGLIN, F. S.; VIANA, D. D.; FORMOSO, C. T. **Design Principles and Prescriptions for Planning and Controlling Engineer-to-Order Industrialized Building Systems**. Sustainability (Switzerland), v. 14, n. 24, 1 dez. 2022.
- BERTOLINI, M. et al. **Project Time Deployment: a new lean tool for losses analysis in Engineer-to-Order production environments**. International Journal of Production Research, v. 60, n. 10, p. 3129–3146, 2022.
- BIRKIE, S. E.; TRUCCO, P. **Understanding dynamism and complexity factors in engineer-to-order and their influence on lean implementation strategy**. 2016.
- BRADY, D. A. et al. **Improving transparency in construction management: a visual planning and control model**. Engineering, Construction and Architectural Management, v. 25, n. 10, p. 1277–1297, 19 out. 2018.
- BRAGLIA, M. et al. **Lean manufacturing tool in engineer-to-order environment: Project cost deployment**. International Journal of Production Research, v. 57, n. 6, p. 1825–1839, 19 mar. 2019.
- BRAGLIA, M.; DALLASEGA, P.; MARRAZZINI, L. **Overall Construction Productivity: a new lean metric to identify construction losses and analyse their causes in Engineer-to-Order construction supply chains**. Production Planning and Control, v. 33, n. 9–10, p. 925–942, 2022.
- BRAGLIA, M.; GABBRIELLI, R.; MARRAZZINI, L. **Overall Task Effectiveness: a new Lean performance indicator in engineer-to-order environment**. International Journal of Productivity and Performance Management, v. 68, n. 2, p. 407–422, 8 fev. 2019.
- BRANDALISE, F. M. P. et al. **Exploring Visual Management Purposes In Construction Projects**. IGLC 2021 - 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction - Lean Construction in Crisis Times: Responding to the

Post-Pandemic AEC Industry Challenges. Anais...Department of Engineering, Civil Engineering Division, Pontificia Universidad Catolica del Peru, 2021.

CANNAS, V. G. et al. **An empirical application of lean management techniques to support ETO design and production planning.** v. 51, n. 11, p. 134–139, 1 jan. 2018.

CANNAS, V. G.; GOSLING, J. **A decade of engineering-to-order (2010–2020): Progress and emerging themes.** International Journal of Production Economics. Elsevier B.V., , 1 nov. 2021.

CARVALHO, A. N.; SCAVARDA, L. F.; OLIVEIRAB, F. **An optimisation approach for capacity planning:** Modelling insights and empirical findings from a tactical perspective. Production, v. 27, p. 1–17, 2017.

CAUCHICK PAULO AUGUSTO et al. **Metodologia De Pesquisa Em Engenharia De Produção E Gestão De Operações.** Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

CHIERA, M. et al. **Lean maturity assessment in eto scenario.** Applied Sciences (Switzerland), v. 11, n. 9, 1 Maio 2021.

CIFONE, F. D. et al. **‘Lean 4.0’: How can digital technologies support lean practices?** International Journal of Production Economics, v. 241, 1 nov. 2021.

ČUSTOVIĆ, I.; CAO, J.; HALL, D. M. **Cloud manufacturing for industrialized construction:** Opportunities and challenges for a new manufacturing model. Journal of Infrastructure Intelligence and Resilience. Elsevier B.V., , 1 mar. 2023.

DALLASEGA, P.; RAUCH, E. **Sustainable construction supply chains through synchronized production planning and control in engineer-to-order enterprises.** Sustainability (Switzerland), v. 9, n. 10, 2017.

DALLASEGA, P.; RAUCH, E.; FROSOLINI, M. **A lean approach for real-time planning and monitoring in engineer-to-order construction projects.** Buildings, v. 8, n. 3, 2018.

DALLASEGA, P.; RAUCH, E.; MATT, D. T. **Sustainability in the supply chain through synchronization of demand and supply in ETO-companies.** Procedia CIRP. Anais...Elsevier B.V., 2015.

DAMASCENO, M. L.; SEDANO, L. **Viés Alternativo Para a Compreensão do Mundo?** Uma Análise da Percepção de Graduandos em Ciências Biológicas Sobre Pseudociência. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, p. e46907, 31 mar. 2024.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 6ed. 2017.

GIRARD, C. et al. **Satisfação e perspectivas do cliente sobre a qualidade do atendimento de um laboratório clínico.** 2022.

GÓMEZ PAREDES, F. J. et al. **Factors for choosing production control systems in make-to-order shops: a systematic literature review.** Journal of Intelligent Manufacturing. Springer, 1 mar. 2022.

JÜNGE, G. et al. **Understanding and eliminating waste in Engineer-To-Order (ETO) projects: a multiple case study.** Production Planning and Control, v. 34, n. 3, p. 225–241, 2023.

KING, N. C. D. O.; DE LIMA, E. P.; DA COSTA, S. E. G. **Systemic productivity: Concepts and applications.** Producao, v. 24, n. 1, p. 160–176, 2014.

KJERSEM, K. et al. **Implementing lean in engineer-to-order industry: A case study.** IFIP Advances in Information and Communication Technology. Anais...Springer New York LLC, 2015.

KOZJEK, D. et al. **Big data analytics for operations management in engineer-to-order manufacturing.** Procedia CIRP, v. 72, p. 209–214, 2018.

LIM, M. K.; XIONG, W.; WANG, Y. **A three-tier programming model for service composition and optimal selection in cloud manufacturing.** Computers and Industrial Engineering, v. 167, 1 Maio 2022.

LISTA, A. P. et al. **Lean layout design: a case study applied to the textile industry.** Production, v. 31, 2021.

LUO, D.; THEVENIN, S.; DOLGUI, A. **A state-of-the-art on production planning in Industry 4.0.** International Journal of Production Research Taylor and Francis Ltd., 2023.

MATHEW, N. T. et al. **Digitalization for flexible and resilient production planning and scheduling in engineer-to-order manufacturing.** Procedia CIRP. Anais...Elsevier B.V., 2023.

MATT, D. T. **Adaptation of the value stream mapping approach to the design of lean engineer-to-order production systems: A case study.** Journal of Manufacturing Technology Management, v. 25, n. 3, p. 334–350, 2014.

MATT, D. T.; DALLASEGA, P.; RAUCH, E. **Synchronization of the manufacturing process and on-site installation in ETO companies.** Procedia CIRP. Anais...Elsevier B.V., 2014.

MOJARRO-MAGAÑA, M. et al. **Impact of the planning from the kanban system on the company's operating benefits.** Sustainability (Switzerland), v. 10, n. 7, 17 jul. 2018.

MUELLER, G. O. et al. **An approach for the development and implementation of commissioning service configurators in engineer-to-order companies.** Computers in Industry, v. 142, 1 nov. 2022.

NEUMANN, A. et al. **A model for advanced planning systems dedicated to the Engineer-To-Order context**. International Journal of Production Economics, v. 252, 1 out. 2022.

OLÁH, J. et al. **An empirical study about the relationship between lean management and industry 4.0**. Acta Montanistica Slovaca, v. 27, n. 4, p. 916–928, 2022.

POWELL, D. et al. **A new set of principles for pursuing the lean ideal in engineer-To-order manufacturers**. Procedia CIRP. Anais...Elsevier B.V., 2014.

POWELL, D. J. **Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments**. v. 51, n. 11, p. 140–143, 1 jan. 2018.

RAMIREZ-PEÑA, M. et al. **Sustainability in the aerospace, naval, and automotive supply chain 4.0: Descriptive review**. Materials. MDPI AG, , 2 dez. 2020.

RAUCH, E.; DALLASEGA, P.; MATT, D. T. **Synchronization of engineering, manufacturing and on-site installation in lean ETO-enterprises**. Procedia CIRP, v. 37, p. 128–133, 2015.

SCHULZE, F.; DALLASEGA, P. **Industry 4.0 concepts and lean methods mitigating traditional losses in engineer-to-order manufacturing with subsequent assembly on-site: A framework**. Procedia Manufacturing, v. 51, p. 1363–1370, 2020.

SETH, D.; SETH, N.; DHARIWAL, P. **Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study**. Production Planning and Control, v. 28, n. 5, p. 398–419, 4 abr. 2017.

SILVA, J. L. DE C.; FERNANDES, M. W.; DE ALMEIDA, R. L. F. **Estatística e Probabilidade**. v. 3, p. 0–125, 2015.

SOJKA, V.; LEPSIK, P. **Algorithm for Process Innovation by Increasing Ideality**. Processes, v. 10, n. 7, 1 jul. 2022.

STRANDHAGEN, J. W. et al. **Operationalizing lean principles for lead time reduction in engineer-to-order (ETO) operations: A case study**. v. 51, n. 11, p. 128–133, 1 jan. 2018.

TEDALDI, G.; MIRAGLIOTTA, G. **The role of Engineering-to-Order machinery manufacturers in future Cloud Manufacturing supply chains: a business case and a strategic perspective**. Production Planning and Control, v. 33, n. 9–10, p. 1011–1023, 2022.

TEKNOLOGI, J. et al. **Synthesizing The Domain Of Lean Practices In Manufacturing Operations: A Review**. 2015. Disponível em: <www.jurnalteknologi.utm.my>.

TRAN, T. A.; RUPPERT, T.; ABONYI, J. **Indoor positioning systems can revolutionise digital lean.** Applied Sciences (Switzerland), v. 11, n. 11, 1 jun. 2021.

TYAGI, S. et al. **Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process.** International Journal of Production Economics, v. 160, p. 202–212, 1 fev. 2015.

VAAGEN, H.; BALLARD, G. **Lean and flexible project delivery.** Applied Sciences (Switzerland), v. 11, n. 19, 1 out. 2021.

VARL, M.; DUHOVNIK, J.; TAVČAR, J. **Application of lean methods into the customised product development process of large power transformers.** Tehnicki Vjesnik, v. 27, n. 1, p. 276–282, 1 fev. 2020.

VIANA, D. D.; TOMMELEIN, I. D.; FORMOSO, C. T. **Using modularity to reduce complexity of industrialized building systems for mass customization.** Energies, v. 10, n. 10, 1 out. 2017.

VINCI-CARLAVAN, G.; ALEJANDRO ROSSIT, D. **Personalized production in Industry 4.0: a CONWIP approach.** 2022 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications, DASA 2022. Anais...Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022.

WANG, W. et al. **Implementation of POLCA integrated QRM framework for optimized production performance-A case study.** Sustainability (Switzerland), v. 13, n. 6, 2 mar. 2021.

XIONG, W. et al. **An effective adaptive adjustment model of task scheduling and resource allocation based on multi-stakeholder interests in cloud manufacturing.** Advanced Engineering Informatics, v. 56, 1 abr. 2023.

ZHOU, J. et al. **Lean system design for engineer-to-order manufacturing.** Journal of Shanghai Jiaotong University (Science), v. 21, n. 6, p. 702–712, 1 dez. 2016.

APÊNDICE A - Questionário de pesquisa

Escala de valores

Valor	1	2	3	4	5
Atividade	Sem importância/ Nunca	Menos importante/ Muito raramente	Regular	Importante com frequência	Muito importante/ Sempre

Marcar apenas uma opção por linha.

	1	2	3	4	5
Qual a importância desta FT durante a implementação de práticas <i>lean</i> ?	☐	☐	☐	☐	☐

Qual é o benefício desta FT na implementação de práticas <i>lean</i> ?	☐	☐	☐	☐	☐
--	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

1. Entendimento do Processo engineer-to-order: Aprofundar-se no conceito, entendendo os princípios e características do processo "engineer-to-order". Isso pode incluir a compreensão de como esse processo difere de outras abordagens de produção.
2. Análise de Vantagens e Desafios: Avaliar as vantagens e desafios do processo "engineer-to-order", considerando aspectos como flexibilidade, personalização, complexidade, tempo de entrega e custos. Compreender as nuances e implicações desse processo é fundamental para contextualizá-lo adequadamente desperdícios.
3. Identificação de Atividades Não Essenciais: É importante identificar todas as atividades que não agregam valor ao produto ou serviço final. Isso inclui atividades redundantes, retrabalho, movimentação desnecessária de materiais, entre outros.
4. Análise das Causas Raiz: Para eliminar os desperdícios de forma eficaz, é importante entender as causas subjacentes que estão contribuindo para sua ocorrência. Isso pode envolver a realização de análises de causa raiz, entrevistas com funcionários e a aplicação de ferramentas de qualidade, como diagrama de Ishikawa ou 5whys e 5W2H.
5. Seleção de Ferramentas e Técnicas: Escolher as ferramentas e técnicas mais apropriadas para identificar desperdícios no processo. Isso pode incluir o uso de mapeamento do fluxo de valor para visualizar o fluxo de trabalho, Gemba-Walks, análise de dados históricos, observação direta dos processos, entre outras abordagens.
6. Realização de Análises Detalhadas: Realizar análises detalhadas em cada etapa do processo para identificar atividades que não agregam valor. Isso pode envolver a observação cuidadosa de como o trabalho é realizado, identificando atividades redundantes, movimentação excessiva de materiais, tempos de espera e outras fontes de desperdício empresa.
7. Priorização e Plano de Ação: Priorizar os desperdícios identificados com base no impacto e na frequência de ocorrência. Desenvolver um plano de ação para eliminar ou reduzir os desperdícios prioritários, estabelecendo metas claras e prazos para implementação.
8. Identificação de Benefícios: Com base nos resultados obtidos, apresentar os benefícios da identificação e eliminação de desperdícios. Isso pode incluir redução de custos operacionais, aumento da produtividade, melhoria da qualidade dos produtos ou serviços, diminuição de lead- times e maior satisfação do cliente.
9. Comunicação dos Benefícios: Comunicar os benefícios obtidos, destacar os resultados positivos e como as melhorias impactam positivamente a organização como um todo.
10. Alinhamento com os Objetivos Organizacionais: Verificar como a identificação de desperdícios pode contribuir para os objetivos e metas estratégicas da organização. Por exemplo, a redução de desperdícios pode estar alinhada com metas de redução de custos, melhoria da qualidade, aumento da eficiência ou sustentabilidade.
11. Envolvimento da Alta Administração: Garantir o envolvimento e o apoio da alta administração no processo de identificação de desperdícios. Explicar como a integração com a estratégia organizacional pode trazer benefícios significativos para a organização como um todo.

12. Definição de Metas e Indicadores: Estabelecer metas específicas relacionadas à identificação e eliminação de desperdícios que estejam alinhadas com os objetivos estratégicos da organização.
13. Aplicabilidade nos Processos e Projetos: Aplicabilidade e identificação de desperdícios nos processos e projetos existentes da organização. Por exemplo, incluir a análise de desperdícios como parte dos processos de melhoria contínua ou projetos de reengenharia de processos.
14. Comunicação e Engajamento: Comunicar os resultados e benefícios da identificação de desperdícios para toda a organização. Promover o engajamento dos colaboradores em relação às iniciativas de melhoria e demonstre como essas ações contribuem para os objetivos estratégicos da organização.
15. Estudo dos Princípios Fundamentais: Estudar os princípios fundamentais do lean. Isso inclui compreender os conceitos como de valor e fluxo contínuo.
16. Participação em Treinamentos e Workshops: Considerar participar de treinamentos e workshops sobre lean oferecidos por instituições reconhecidas. Essas experiências práticas podem ajudar a consolidar o entendimento dos conceitos e técnicas do lean.
17. Estudo de Casos e Exemplos de Sucesso: Pesquisar e estudar casos de empresas que implementaram com sucesso o lean em ambientes ETO. Compreender como essas organizações adaptaram os princípios do lean para atender às suas necessidades específicas.
18. Adaptação do lean aos Processos engineer-to-order: Reconhecer que os processos ETO são únicos e podem exigir adaptações nos métodos e ferramentas do lean. Isso pode incluir a personalização de fluxos de trabalho, a utilização de práticas de Engenharia lean e a integração de sistemas de produção flexíveis.
19. Análise dos Processos Atuais: Realizar uma análise detalhada dos processos existentes na organização. Identificar áreas que possam se beneficiar da aplicação dos princípios lean.
20. Priorização das Oportunidades: Priorizar as oportunidades identificadas com base em critérios como impacto potencial, facilidade de implementação e alinhamento com os objetivos estratégicos da organização.
21. Desenvolvimento de Soluções lean: Desenvolver soluções lean específicas para cada oportunidade identificada. Isso pode incluir a implementação de sistemas kanban, criação de células de produção, padronização de processos, entre outras técnicas lean.
22. Identificação das Características lean adaptáveis: Analisar os princípios lean e identificar quais deles podem ser adaptados e aplicados nos processos ETO.
23. Customização dos Princípios lean: Adaptar os princípios lean identificados para melhor se adequarem aos processos ETO da empresa. Isso pode envolver ajustes nas práticas de gestão visual, planejamento da produção, programação de atividades, gerenciamento de estoques e controle de qualidade.
24. Avaliação dos Princípios lean atuais: Analisar os princípios lean atualmente aplicados na empresa e avaliar sua eficácia nos processos ETO. Identificar quais princípios estão funcionando bem e quais podem ser melhorados ou adaptados para atender às necessidades específicas do ETO.
25. Geração de Ideias: Envolver equipes para gerar ideias e propostas de melhoria. Concentrar-se em soluções que possam ser adaptadas aos processos ETO e que estejam alinhadas com os princípios lean.
26. Desenvolvimento de Planos de Ação: Desenvolver planos de ação para abordar os desperdícios e ineficiências identificados nos processos ETO. Estabelecer responsabilidades claras, prazos e recursos necessários para a implementação das melhorias.
27. Implementação Gradual: Implementar as práticas lean de forma gradual e faseada, começando com pequenas mudanças e expandindo gradualmente para mudanças maiores. Isso ajuda a minimizar a resistência à mudança e a garantir uma transição suave.
28. Avaliação e Monitoramento: Avaliar regularmente o progresso da implementação das práticas lean nos processos ETO e monitorar os resultados alcançados.
29. Criação de uma Cultura lean Sustentável: Promover uma cultura organizacional que valorize os princípios lean e a melhoria contínua. Incentivar o aprendizado contínuo, a inovação e o compartilhamento de melhores práticas entre os membros da equipe.
30. Desenvolvimento de Hipóteses ou Pressupostos: Com base na revisão da literatura e na análise das variáveis, desenvolver hipóteses ou pressupostos que possam orientar o framework conceitual. Essas hipóteses podem servir como proposições a serem testadas empiricamente.
31. Organização e Estruturação: Organizar e estruturar variáveis identificadas em um formato lógico e coeso. Isso pode envolver a criação de diagramas, modelos visuais ou mapas conceituais que ilustrem as relações entre as diferentes partes do framework.
32. Verificação e Refinamento: Após a criação inicial do framework conceitual, verificar por meio de discussões, especialistas na área e potenciais usuários do framework.
33. Realização da Coleta de Dados: Executar o plano de coleta de dados conforme planejado. Isso pode envolver a realização de entrevistas, a aplicação de questionários, a observação direta do comportamento ou a análise de documentos, dependendo das fontes de dados selecionadas.
34. Verificação e Confiabilidade dos Dados: Verificar a validade e a confiabilidade dos dados coletados, buscando garantir que sejam precisos, completos e representativos do fenômeno em estudo.
35. Interpretação dos Resultados: Considerar o significado prático e teórico dos resultados e como eles contribuem para a compreensão do processo.
36. Discussão e Implicações: Discutir as implicações dos resultados para teoria, prática e políticas relevantes. Explorar as possíveis ramificações dos resultados e como eles podem informar decisões futuras ou influenciar o campo de estudo.

37. Identificação de Áreas de Melhoria: Com base nos resultados e lições aprendidas, identificar áreas específicas que podem se beneficiar de recomendações para melhorias. Isso pode incluir processos, políticas, práticas ou estratégias que foram identificadas como problemáticas ou que oferecem oportunidades de otimização.
38. Desenvolvimento de Recomendações Específicas: Desenvolver recomendações concretas e acionáveis para abordar as áreas identificadas para melhoria.
39. Elaboração do Relatório Final: Estruturar o relatório de forma lógica e coerente, incluindo uma introdução, metodologia, resultados, discussão, conclusões e, finalmente, recomendações.
40. Solicitação de Feedback: Solicitar feedback, incluindo membros da equipe, clientes, fornecedores e outras partes envolvidas no processo.
41. Análise do Feedback Recebido: Analisar o feedback recebido, identificando padrões, tendências e áreas de oportunidade para melhorias adicionais. Classificar e priorizar as sugestões de acordo com sua relevância e impacto potencial.
42. Implementação das Melhorias: Executar os planos de ação conforme planejado, garantindo uma implementação eficaz e oportuna das melhorias identificadas. Monitorar de perto o progresso e fazer ajustes conforme necessário ao longo do tempo.

Exemplo de como foi aplicado:

Valor	1	2	3	4	5
Atividade	Sem importância	Menos importante	Regularmente	Importante com frequência	Muito importante Sempre

1. Entendimento do Processo *engineer-to-order*: Aprofundar-se no conceito, entendendo os princípios e características do processo "*engineer-to-order*". Isso pode incluir a compreensão de como esse processo difere de outras abordagens de produção.

	1	2	3	4	5
Qual a importância desta FT durante a implementação de práticas lean?	☐	☐	☐	☐	☐
Qual é o benefício desta FT na implementação de práticas lean?	☐	☐	☐	☐	☐

APÊNDICE B - Relatório de pesquisa

Empresa A			Frequencia para escala de valores					Desvio padrão	Ranking médio	Desvio padrão geral
	Atividade	Questão	1	2	3	4	5			
1	Entendimento do Processo engineer-to-order	Importância	0	2	3	5	0	1,90	3,30	3,164
		Benefício	1	2	2	4	1	1,10	3,20	
2	Análise de Vantagens e Desafios	Importância	0	0	5	2	3	1,90	3,80	
		Benefício	0	0	4	4	2	1,79	3,80	
3	Identificação de Atividades Não Essenciais	Importância	0	3	1	3	3	1,26	3,60	
		Benefício	0	3	2	1	4	1,41	3,60	
4	Análise das Causas Raiz	Importância	0	0	1	5	4	2,10	4,30	
		Benefício	0	0	4	3	3	1,67	3,90	
5	Seleção de Ferramentas e Técnicas	Importância	0	1	2	3	4	1,41	4,00	
		Benefício	0	1	3	3	3	1,26	3,80	
6	Realização de Análises Detalhadas	Importância	0	1	1	5	3	1,79	4,00	
		Benefício	0	1	3	2	4	1,41	3,90	
7	Priorização e Plano de Ação	Importância	0	0	3	5	2	1,90	3,90	
		Benefício	0	0	1	6	3	2,28	4,20	
8	Identificação de Benefícios	Importância	0	0	3	3	4	1,67	4,10	
		Benefício	0	0	2	4	4	1,79	4,20	
9	Comunicação dos Benefícios	Importância	0	2	3	3	2	1,10	3,50	
		Benefício	0	2	2	5	1	1,67	3,50	
10	Alinhamento com os Objetivos Organizacionais	Importância	0	0	3	2	5	1,90	4,20	
		Benefício	0	1	4	2	3	1,41	3,70	
11	Envolvimento da Alta Administração	Importância	0	2	3	3	2	1,10	3,50	
		Benefício	2	0	3	2	3	1,10	3,40	
12	Definição de Metas e Indicadores	Importância	0	0	3	5	2	1,90	3,90	
		Benefício	0	0	3	6	1	2,28	3,80	
13	Aplicabilidade nos Processos e Projetos	Importância	0	0	1	1	8	3,03	4,70	
		Benefício	0	0	1	2	7	2,61	4,60	
14	Comunicação e Engajamento	Importância	0	0	1	6	3	2,28	4,20	
		Benefício	0	1	3	2	4	1,41	3,90	
15	Estudo dos Princípios Fundamentais	Importância	0	1	2	3	4	1,41	4,00	
		Benefício	0	1	1	4	4	1,67	4,10	
16	Participação em Treinamentos e Workshops	Importância	0	0	2	4	4	1,79	4,20	
		Benefício	0	0	4	2	4	1,79	4,00	
17	Estudo de Casos e Exemplos de Sucesso	Importância	0	1	1	5	3	1,79	4,00	
		Benefício	0	1	3	3	3	1,26	3,80	
18	Adaptação do lean aos Processos engineer-to-order	Importância	0	0	3	5	2	1,90	3,90	
		Benefício	0	1	3	3	3	1,26	3,80	
19	Análise dos Processos Atuais	Importância	0	0	3	5	2	1,90	3,90	
		Benefício	1	2	2	3	2	0,63	3,30	
20	Priorização das Oportunidades	Importância	0	0	2	7	1	2,61	3,90	

		Benefício	1	1	4	4	0	1,67	3,10
21	Desenvolvimento de Soluções lean	Importância	0	2	1	3	4	1,41	3,90
		Benefício	1	1	1	2	5	1,55	3,90
22	Identificação das Características lean adaptáveis	Importância	0	2	3	1	3	1,17	3,56
		Benefício	2	1	2	3	2	0,63	3,20
23	Customização dos Princípios lean	Importância	0	1	2	4	3	1,41	3,90
		Benefício	0	1	3	3	3	1,26	3,80
24	Avaliação dos Princípios lean atuais	Importância	0	0	3	4	3	1,67	4,00
		Benefício	0	1	3	3	3	1,26	3,80
25	Geração de Ideias	Importância	0	0	2	7	1	2,61	3,90
		Benefício	0	0	2	4	4	1,79	4,20
26	Desenvolvimento de Planos de Ação	Importância	0	0	1	5	4	2,10	4,30
		Benefício	0	1	2	3	4	1,41	4,00
27	Implementação Gradual	Importância	1	1	3	3	2	0,89	3,40
		Benefício	2	0	2	3	3	1,10	3,50
28	Avaliação e Monitoramento	Importância	0	0	3	4	3	1,67	4,00
		Benefício	0	1	3	4	2	1,41	3,70
29	Criação de uma Cultura lean Sustentável	Importância	0	1	4	3	2	1,41	3,60
		Benefício	0	1	2	2	5	1,67	4,10
30	Desenvolvimento de Hipóteses ou Pressupostos	Importância	0	1	1	4	4	1,67	4,10
		Benefício	1	0	2	5	2	1,67	3,70
31	Organização e Estruturação	Importância	0	0	5	2	3	1,90	3,80
		Benefício	1	0	2	4	3	1,41	3,80
32	Verificação e Refinamento	Importância	0	1	3	3	3	1,26	3,80
		Benefício	1	1	3	2	3	0,89	3,50
33	Realização da Coleta de Dados	Importância	0	1	2	5	2	1,67	3,80
		Benefício	0	2	3	2	3	1,10	3,60
34	Verificação e Confiabilidade dos Dados	Importância	0	1	2	4	3	1,41	3,90
		Benefício	0	3	2	4	1	1,41	3,30
35	Interpretação dos Resultados	Importância	0	0	4	3	3	1,67	3,90
		Benefício	0	1	4	2	3	1,41	3,70
36	Discussão e Implicações	Importância	0	0	2	3	5	1,90	4,30
		Benefício	0	0	1	5	4	2,10	4,30
37	Identificação de Áreas de Melhoria	Importância	0	1	2	5	3	1,72	3,91
		Benefício	1	1	2	3	3	0,89	3,60
38	Desenvolvimento de Recomendações Específicas	Importância	0	0	2	4	4	1,79	4,20
		Benefício	0	2	2	3	3	1,10	3,70
39	Elaboração do Relatório Final	Importância	0	0	2	4	4	1,79	4,20
		Benefício	1	0	1	5	3	1,79	3,90
40	Solicitação de Feedback	Importância	0	1	3	1	5	1,79	4,00
		Benefício	0	1	4	1	4	1,67	3,80
41	Análise do Feedback Recebido	Importância	0	1	4	4	1	1,67	3,50
		Benefício	0	2	3	3	2	1,10	3,50
42	Implementação das Melhorias	Importância	0	0	3	3	4	1,67	4,10
		Benefício	0	2	1	2	5	1,67	4,00

Empresa B			Frequencia para escala de valores					Desvio padrão	Ranking médio	Desvio padrão geral
	Atividade	Questão	1	2	3	4	5			
1	Entendimento do Processo engineer-to-order	Importância	0	1	3	2	1	1,02	3,43	3,506
		Benefício	0	3	3	1	0	1,36	2,71	
2	Análise de Vantagens e Desafios	Importância	0	1	0	5	1	1,85	3,86	
		Benefício	0	2	2	2	1	0,80	3,29	
3	Identificação de Atividades Não Essenciais	Importância	0	1	1	1	4	1,36	4,14	
		Benefício	0	2	1	4	0	1,50	3,29	
4	Análise das Causas Raiz	Importância	0	2	2	1	2	0,80	3,43	
		Benefício	0	3	1	2	1	1,02	3,14	
5	Seleção de Ferramentas e Técnicas	Importância	0	1	3	3	0	1,36	3,29	
		Benefício	0	1	1	4	1	1,36	3,71	
6	Realização de Análises Detalhadas	Importância	0	2	3	1	1	1,02	3,14	
		Benefício	3	1	1	1	1	0,80	2,43	
7	Priorização e Plano de Ação	Importância	0	1	2	3	1	1,02	3,57	
		Benefício	0	3	3	1	0	1,36	2,71	
8	Identificação de Benefícios	Importância	0	1	3	3	0	1,36	3,29	
		Benefício	1	1	4	0	1	1,36	2,86	
9	Comunicação dos Benefícios	Importância	0	1	2	3	1	1,02	3,57	
		Benefício	1	2	1	2	1	0,49	3,00	
10	Alinhamento com os Objetivos Organizacionais	Importância	0	1	2	3	1	1,02	3,57	
		Benefício	0	0	1	3	3	1,36	4,29	
11	Envolvimento da Alta Administração	Importância	0	1	2	1	3	1,02	3,86	
		Benefício	0	1	2	2	2	0,80	3,71	
12	Definição de Metas e Indicadores	Importância	0	0	2	3	2	1,20	4,00	
		Benefício	1	1	4	0	1	1,36	2,86	
13	Aplicabilidade nos Processos e Projetos	Importância	1	0	3	1	2	1,02	3,43	
		Benefício	1	1	2	2	1	0,49	3,14	
14	Comunicação e Engajamento	Importância	0	0	2	1	4	1,50	4,29	
		Benefício	1	3	1	0	2	1,02	2,86	
15	Estudo dos Princípios Fundamentais	Importância	1	1	0	2	3	1,02	3,71	
		Benefício	1	0	3	1	2	1,02	3,43	
16	Participação em Treinamentos e Workshops	Importância	0	1	3	1	2	1,02	3,57	
		Benefício	0	2	1	3	1	1,02	3,43	
17	Estudo de Casos e Exemplos de Sucesso	Importância	0	3	2	1	1	1,02	3,00	
		Benefício	1	2	3	0	1	1,02	2,71	
18	Adaptação do lean aos Processos engineer-to-order	Importância	0	3	0	1	3	1,36	3,57	
		Benefício	1	4	0	1	1	1,36	2,57	
19	Análise dos Processos Atuais	Importância	0	2	1	3	1	1,02	3,43	
		Benefício	2	1	2	1	1	0,49	2,71	
20	Priorização das Oportunidades	Importância	1	1	4	1	0	1,36	2,71	
		Benefício	0	2	3	1	1	1,02	3,14	

21	Desenvolvimento de Soluções lean	Importância	1	2	0	2	2	0,80	3,29
		Benefício	0	2	2	3	0	1,20	3,14
22	Identificação das Características lean adaptáveis	Importância	1	0	2	2	2	0,80	3,57
		Benefício	0	1	3	3	0	1,36	3,29
23	Customização dos Princípios lean	Importância	1	0	2	2	2	0,80	3,57
		Benefício	0	3	2	1	1	1,02	3,00
24	Avaliação dos Princípios lean atuais	Importância	1	0	1	4	1	1,36	3,57
		Benefício	1	0	5	1	0	1,85	2,86
25	Geração de Ideias	Importância	0	1	4	0	2	1,50	3,43
		Benefício	0	2	3	2	0	1,20	3,00
26	Desenvolvimento de Planos de Ação	Importância	0	2	2	2	1	0,80	3,29
		Benefício	2	1	2	0	2	0,80	2,86
27	Implementação Gradual	Importância	0	0	3	3	1	1,36	3,71
		Benefício	1	3	0	3	0	1,36	2,71
28	Avaliação e Monitoramento	Importância	0	1	0	5	1	1,85	3,86
		Benefício	2	1	3	1	0	1,02	2,43
29	Criação de uma Cultura lean Sustentável	Importância	0	0	1	3	3	1,36	4,29
		Benefício	1	1	1	3	1	0,80	3,29
30	Desenvolvimento de Hipóteses ou Pressupostos	Importância	1	0	2	2	2	0,80	3,57
		Benefício	2	1	1	2	1	0,49	2,86
31	Organização e Estruturação	Importância	1	1	2	1	2	0,49	3,29
		Benefício	1	2	2	2	0	0,80	2,71
32	Verificação e Refinamento	Importância	0	2	2	1	2	0,80	3,43
		Benefício	0	2	3	1	1	1,02	3,14
33	Realização da Coleta de Dados	Importância	0	1	2	2	2	0,80	3,71
		Benefício	0	0	3	2	2	1,20	3,86
34	Verificação e Confiabilidade dos Dados	Importância	0	1	1	2	3	1,02	4,00
		Benefício	0	0	1	3	3	1,36	4,29
35	Interpretação dos Resultados	Importância	0	0	1	3	3	1,36	4,29
		Benefício	0	2	1	0	4	1,50	3,86
36	Discussão e Implicações	Importância	0	1	2	2	2	0,80	3,71
		Benefício	0	3	2	1	1	1,02	3,00
37	Identificação de Áreas de Melhoria	Importância	0	0	3	1	3	1,36	4,00
		Benefício	1	0	4	2	0	1,50	3,00
38	Desenvolvimento de Recomendações Específicas	Importância	0	1	2	2	2	0,80	3,71
		Benefício	1	2	2	1	1	0,49	2,86
39	Elaboração do Relatório Final	Importância	1	1	3	1	1	0,80	3,00
		Benefício	3	2	1	0	1	1,02	2,14
40	Solicitação de Feedback	Importância	0	0	2	4	1	1,50	3,86
		Benefício	0	1	5	1	0	1,85	3,00
41	Análise do Feedback Recebido	Importância	0	0	0	4	3	1,74	4,43
		Benefício	0	1	0	6	0	2,33	3,71
42	Implementação das Melhorias	Importância	0	0	1	4	2	1,50	4,14
		Benefício	0	1	1	4	1	1,36	3,71