



Philippe da Silva Simões

**Melhoria de desempenho em sistemas produtivos
engineer-to-order por meio de uma implementação
bem-sucedida da abordagem Lean Six Sigma**

Dissertação de Mestrado

Qualificação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do Carmo
Coorientadora: Prof. Taciana Mareth

Rio de Janeiro
agosto de 2022



Philippe da Silva Simões

**Melhoria de desempenho em sistemas produtivos
engineer-to-order por meio de uma implementação bem-
sucedida da abordagem Lean Six Sigma**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo.

Prof. Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do Carmo
Orientador
PUC-Rio

Prof. Taciana Mareth
Coorientadora
UNISINOS

Prof. Rodrigo Goyannes Gusmão Caiado
PUC-Rio

Prof. Daniel Pacheco Lacerda
UNISINOS

Rio de Janeiro, 17 de agosto de 2022

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Philippe da Silva Simões

Graduou-se em Engenharia de Produção na Universidade Federal Fluminense (UFF) em abril de 2016. Possui MBA em Gestão da Cadeia de Suprimentos na UFF. Atualmente, atua como Analista de Planejamento e Controle da Produção no setor midiático e como mestrando na área de concentração em Operações e Negócios em Engenharia na PUC-Rio.

Ficha Catalográfica

Simões, Philippe da Silva

Melhoria de desempenho em sistemas produtivos engineer-to-order por meio de uma implementação bem-sucedida da abordagem Lean Six Sigma / Philippe da Silva Simões ; orientador: Luiz Felipe Scavarda ; coorientador: Taciana Mareth. – 2022.

94 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2022.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Six sigma (6σ). 3. Produção enxuta. 4. Fatores críticos de sucesso. 5. Nível de maturidade. 6. Engineer-to-order. I. Scavarda, Luiz Felipe. II. Mareth, Taciana. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD:658.5

Agradecimentos

Ao meu professor e orientador Luiz Felipe Scavarda, por toda sua experiência, diligência e segurança. Sou grato pela sua imensa contribuição nesta dissertação e, principalmente, no meu desenvolvimento como pesquisador. Muito obrigado por compartilhar seu conhecimento e por toda orientação.

A minha coorientadora Taciana Mareth, por contribuir com toda sua experiência e parceria. Sempre com conselhos valiosos que ajudaram a delinear este trabalho. Obrigado pelo suporte e sabedoria durante toda orientação.

Aos membros da banca de defesa professores Dr. Rodrigo Goyannes Gusmão Caiado e Dr. Daniel Pacheco Lacerda, por toda contribuição nesta pesquisa e por aceitarem participar dessa importante etapa de minha formação.

À liderança da Rede Globo que me apoiou e me deu todo suporte para a realização desta pesquisa, me incentivando, conciliando a minha jornada de trabalho com a grade de aulas, e ainda, participando intimamente do tema desta pesquisa. Muito obrigado pela confiança e parceria Gleiber Morato, Regina Esperança, Thiago Brandão e Matheus Villela.

Aos meus pais, Ana Maria e Faustino Antunes por todo amor, suporte e educação que vocês me deram desde sempre com muito esforço. Graças a vocês, eu tive condições para chegar até aqui e pude abraçar oportunidades como esta. Obrigado, amo vocês.

Ao meu amor Alex Barroso, um agradecimento especial por me incentivar a explorar mais do mundo acadêmico, por toda paciência, suporte e companheirismo durante períodos difíceis que enfrentamos juntos durante nossos mestrados. Te amo.

Aos meus amigos e colegas, que conviveram comigo durante o mestrado, eu gostaria de agradecer por entenderem e me apoiarem nos períodos de estresse, pelo sumiço das redes e das confraternizações. Vocês são minha força, obrigado por me resgatarem sempre.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo

Simões, Philipe da Silva; Scavarda do Carmo, Luiz Felipe R. R. (Orientador); Mareth, Taciana (Coorientadora). **Melhoria de desempenho em sistemas produtivos *engineer-to-order* por meio de uma implementação bem-sucedida da abordagem Lean Six Sigma.** Rio de Janeiro, 2022. 94p. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O *Lean Six Sigma* (LSS) vem impulsionando diversas organizações ao redor do mundo, aprimorando seus negócios através da melhoria de qualidade e de desempenho. Diversos estudos apontam os resultados esperados pela abordagem LSS depende do sucesso do processo de implementação. Embora existam alguns *frameworks* que guiam as organizações no processo de implementação, poucos estudos consideram as especificidades dos sistemas produtivos *Engineer-to-Order* (ETO). Esta dissertação de mestrado se propõe a preencher essa lacuna desenvolvendo um *framework* de implementação desenvolvido em Pesquisa-Ação. Para isso, foi utilizado um modelo de maturidade híbrido cujos principais parâmetros são os Fatores Críticos de Sucesso (FCS). O modelo e os parâmetros foram levantados e explorados na literatura por meio de Revisões de Escopo. Para refletir e avaliar o contexto ETO, esses parâmetros foram validados, estruturados e ponderados por grupos focais de especialistas, através dos métodos *Item-Objective Congruence* (IOC), *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e a estatística *Kappa de Fleiss*. Em seguida, uma Pesquisa-Ação foi realizada junto a uma empresa do setor midiático, perseguindo ciclo *check-action-plan-do* (CAPDo). Como resultado, a organização direcionou seus esforços de melhoria contínua, resultando no rápido aumento do nível de maturidade. Essa pesquisa exploratória deu origem um *framework* apresentado como um guia de implementação LSS para organizações ETO. Algumas oportunidades de melhoria e limitações, como a subjetividade da ferramenta de avaliação e a necessidade de novas aplicações práticas, que requerem tempo, são indagadas como sugestões de melhoria para pesquisas futuras.

Palavras-chave

Six Sigma (6σ), Produção Enxuta, Fatores Críticos de Sucesso, Nível de Maturidade, *Engineer-to-Order*, Pesquisa Ação.

Abstract

Simões, Philipe da Silva; Scavarda do Carmo, Luiz Felipe R. R. (Advisor); Mareth, Taciana (Coadvisor). **Improved performance of engineer-to-order production systems through successful implementation of the Lean Six Sigma approach**. Rio de Janeiro, 2022. 94p. Dissertação de Mestrado –Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Lean Six Sigma (LSS) has been driving many organizations around the world, enhancing their business through quality and performance improvement. Several studies point out the results expected from the LSS approach depend on successful implementations. Although there are some frameworks that guide organizations through the implementation process, few studies consider the specifics of Engineer-to-Order (ETO) production systems. This master dissertation proposes to fill this gap by developing an implementation framework developed in Action Research. For this, a hybrid maturity model was used, whose main parameters are the Critical Success Factors (CSF). The model and parameters were identified and explored in the literature through Scoping Reviews. To reflect and evaluate the ETO context, these parameters were validated, structured and weighted by focus groups with experts using Item-Objective Congruence (IOC), Analytic Hierarchy Process (AHP) methods and Fleiss' Kappa statistic. Next, a Research-Action was conducted within a media sector company, pursuing the check-action-plan-do (CAPDo) cycle. As a result, the organization directed its continuous improvement efforts, resulting in a rapid increase in maturity level. This exploratory research gave rise to a framework presented as an LSS implementation guide for ETO organizations. Some opportunities for improvement and limitations, such as the subjectivity of the assessment tool and the need for further practical applications, which require time, are inquired as improvement suggestions for future research.

Keywords

Six Sigma (6σ), Lean Manufacturing, Critical Success Factors, Level of Maturity, Engineer-to-Order, Action Research.

Sumário

1 Introdução	13
2 Referencial Teórico	18
2.1 Disseminação da abordagem Lean Six Sigma	18
2.2 Fatores críticos de sucesso na implementação do LSS	20
2.3 Ciclo de maturidade do processo de implementação do LSS	21
2.4 A implementação do LSS em sistemas ETO	23
2.4 Oportunidades para pesquisas futuras	24
3 Metodologia de pesquisa	26
3.1 Revisões de Escopo	27
3.1.1. Fatores críticos para o processo de implementação	28
3.1.2 Modelos de Maturidade Enxuta	30
3.2 Ferramenta de avaliação do nível de maturidade LSS	32
3.2.1 Definição da estrutura hierárquica	34
3.2.2 Cálculo de prioridades pelo método AHP	35
3.2.3 Agregação dos julgamentos	37
3.3 Pesquisa-Ação	38
3.3.1 A implementação do LSS na organização colaboradora	39
4 Resultados das Revisões de Escopo	41
4.1 A utilização dos FCS na implementação de LSS	41
4.1.1 Perfil dos artigos selecionados	41
4.1.2. Fatores Críticos de Sucesso para implementação de LSS	44
4.2 Modelos de maturidade enxuta	49
4.2.1 Perfil dos artigos selecionados	49
4.2.2 Os Modelos de Maturidade em implementações de práticas enxutas	51
4.3 Principais resultados das revisões	54
5 A maturidade enxuta no contexto ETO	57
5.1 Desenvolvimento do Modelo de Maturidade em LSS	57
5.1.1 Nível de Maturidade LSS em sistemas ETO	58
5.2 Desenvolvimento do questionário de avaliação de maturidade	59

5.2.1 Definição dos parâmetros de avaliação	59
5.2.2 Cálculo dos pesos dos critérios de avaliação	62
5.2.3 Desenvolvimento da ferramenta de avaliação do nível de maturidade	64
5.3 Pesquisa Ação: rodada no ciclo de melhoria contínua	65
5.3.1 Check: Aplicação da avaliação de maturidade	66
5.3.2 Análise: Resultado do nível de maturidade enxuta	67
5.3.3 Plan: Planejamento para aumentar a maturidade enxuta	69
5.3.4 Do: Desenvolvimento das ações de melhoria	71
6 Discussões	73
7 Conclusão	78
8 Referências bibliográficas	82
Apêndices	90
I Grupo focal: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	90
II Pesquisa Online: Comparação par-a-par	91
III Grupo focal: validação dos FCS pelo método IOC	91
IV Grupo focal: Atribuindo os FCS em dimensões	92
V Pesquisa Online: Atribuindo os FCS em dimensões (parte 2)	93
VI Pesquisa Ação: Avaliação de maturidade LSS na organização	94

Siglas

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AIJ	Agregação Individual de Julgamentos
AIP	Agregação Individual de Prioridades
ANP	Processo de Rede Analítica
BWM	<i>Best Worst Method</i>
CAPDo	<i>Check-Action-Plan-Do</i>
CMM	<i>Capability Maturity Model</i>
DMAIC	<i>Define-Measure-Analyze-Improve-Control</i>
ETO	<i>Engineer-to-Order</i>
GLS	Green Lean Six Sigma
IC	Índice de Consistência
IEQMS	<i>Integrated Educational Quality Management System</i>
IES	Instituições de Ensino Superior
IOC	<i>Item-Objective Congruence</i>
ISM	<i>Interpretive Structural Modeling</i>
LAT	<i>Lean Assessment Tool</i>
LCMM	<i>Lean Construction Maturity Model</i>
LSS	<i>Lean Six Sigma</i>
LSSGI	<i>Lean Six Sigma Global Index</i>
MCDM	Métodos de Decisão Multicritério
MICMAC	<i>Matrice d'Impacts Croisés Multiplication Appliqués à un Classement</i>
MME	Modelos de Maturidade Enxuta
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PME	Pequenas e Médias Empresas
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
SEM	<i>Structural Equation Modeling</i>
SMD	Sistemas de Medição de Desempenho
TOPSIS	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
WoS	<i>Web Of Science</i>

Lista de Figuras

Figura 1 - Resumo da metodologia híbrida utilizada	26
Figura 2 - Diagrama de fluxo PRISMA – seleção de FCS em LSS	29
Figura 3 - Diagrama de fluxo PRISMA – seleção de MM	31
Figura 4 - Evolução das publicações nos últimos 10 anos	42
Figura 5 - Setor onde foi realizada a implementação do LSS	43
Figura 6 - Local do estudo	43
Figura 7 – Escala LSSGI adaptada de Moya <i>et al.</i> (2019)	58
Figura 8 - Índice de maturidade LSS para cada dimensão	67
Figura 9 - Gráficos Mapa de Árvore para análise dos pesos gerais	69
Figura 10 - Meta para os índices de maturidade LSS	70
Figura 11 - <i>Framework</i> de implementação LSS em organizações ETO	77

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Escala de Saaty, adaptada de Saaty (2008)	36
Tabela 2 - Fatores Críticos de Sucesso	45
Tabela 3 - Aplicabilidade dos MME por setor	50
Tabela 4 - Aplicabilidade dos MME por localização	50
Tabela 5 - Modelos de Maturidade Enxuta selecionados	52
Tabela 6 - Método IOC	60
Tabela 7 - Alocação dos Fatores a dimensões por Kappa de Fleiss	62
Tabela 8 - Pesos de cada dimensão	63
Tabela 9 - Pesos de cada fator em relação a sua dimensão	64
Tabela 10 - Influência dos FCS na implementação do LSS	68

Lista de Quadros

Quadro 1 - Grade de maturidade adaptada de De Paula <i>et al.</i> (2012)	23
Quadro 2 - Grade de Maturidade inspirada no Modelo AIDA	65

1 Introdução

As abordagens *Six Sigma* (6σ) e produção enxuta (em inglês, *Lean Manufacturing*), antes de serem aplicadas conjuntamente como *Lean Six Sigma* (LSS), traçaram seus próprios caminhos e o sucesso dos seus resultados as levou a se expandir por diversas empresas no mundo (ANTONY *et al.*, 2017). Segundo Singh e Rathi (2020), a implementação do LSS foi iniciada em diversos setores da indústria com o objetivo de atingir a excelência, sendo uma abordagem para melhorar o desempenho, a eficiência e a satisfação do cliente, impulsionando maior competitividade nos negócios. Além disso, Singh e Rathi (2020) também sintetizam os principais benefícios, tais como: redução de estoque; custos reduzidos de baixa qualidade; busca a satisfação máxima do cliente; tempo de ciclo e lead time reduzidos; processos livres de defeitos; e melhoria da produtividade.

Apesar do LSS ser reconhecida como uma abordagem de melhoria de processos organizacionais, ainda existem muitos desafios na adaptação de suas ferramentas, conceitos e filosofias a novos setores, bem como a pequenas e médias empresas e novas tecnologias (MOYA *et al.*, 2019; e ANTONY *et al.*, 2017). Segundo a pesquisa de Antony *et al.* (2017) – que fornece uma visão geral das tendências passadas, presentes e futuras da LSS – os principais desafios enfrentados pela abordagem são: agregar um pensamento mais estratégico; dar maior foco na melhoria holística; identificar e solucionar problemas críticos; incluir o uso de Big Data em suas análises; considerar a variação humana em suas metodologias; e, por fim, sustentar os ganhos das iniciativas de melhoria. Seu estudo sugere que o futuro do LSS será exigente e estimulante para todos os envolvidos (profissionais e acadêmicos). Devido a esses desafios, alguns artefatos foram surgindo na literatura no estudo do processo de implementação, tais como os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) e Modelos de Maturidade (MMs).

Durante a implementação da abordagem LSS, as organizações lidam com forças e fraquezas que funcionam como facilitadores ou barreiras do processo – os fatores críticos de sucesso ou insucesso. Os FCS são os aspectos críticos para o sucesso de qualquer empreendimento e difundiu sua utilização como base para entender as necessidades de informações estratégicas das organizações. Assim,

se algum desses fatores falhar ou faltar durante os estágios de desenvolvimento e implementação de um programa, isto pode ser decisivo para o fracasso de todo o processo, resultando em desperdício de recursos, esforço, tempo e dinheiro (ANTONY e BANUELAS, 2002).

Diversos estudos comprovam que são altas as chances de falha na implementação direta da estrutura LSS sem conhecer os FCS (ALBLIWI *et al.*, 2014; WALTER e PALADINI, 2019; PATEL *et al.*, 2019; SWARNAKAR *et al.*, 2020). Fica claro que, esses podem ser a base estratégica para uma organização se preparar para uma implementação bem estruturada (SWARNAKAR *et al.* 2020). Já, outras pesquisas estudam os fatores críticos de insucesso, ou seja, as barreiras no processo de implementação do LSS. Neste contexto, este estudo se propõe a entender como esses fatores críticos auxiliam o processo de implementação e avaliação da abordagem LSS.

Para além da falta de conhecimento sobre os FCS, a falta de maturidade das organizações ao utilizarem abordagens de melhoria contínua também pode comprometer a implementação do LSS (ANTHONY *et al.*, 2021). Segundo os autores, algumas organizações estão implementando a abordagem LSS apenas em partes dos seus processos e utilizando técnicas pouco adequadas. Por isso, as pesquisas sobre MM em programas da qualidade vêm ganhando força. Os MM podem indicar às organizações o seu atual nível de maturidade e os pontos a serem desenvolvidos e melhorados. Além do nivelamento, alguns modelos também auxiliam nas soluções de melhoria para maturação (ANTHONY, *et al.*, 2020; MOYA, *et al.*, 2019). Apesar da melhoria contínua ser incentivada pelas organizações na busca por melhoria de desempenho, o processo de implementação de abordagens deste tipo é longo e desafiador (ANTHONY *et al.*, 2021). Nesse ciclo de aperfeiçoamento, uma ferramenta de avaliação de maturidade pode ser útil para o entendimento do progresso de implantação.

Além da organização conhecer os FCS e o seu nível de maturidade, fica claro que o processo de implementação deve ser contínuo. As organizações devem traçar uma trajetória evolutiva para a consolidação da abordagem. Devido a esse contexto, o processo de implementação da abordagem LSS vem ganhando espaço entre os assuntos abordados por acadêmicos. Os objetivos desses trabalhos têm sido desenvolver *frameworks* que auxiliem a expansão da abordagem em outros contextos de modo a diminuir os riscos do investimento (PATEL *et al.*, 2019; MOYA *et al.*, 2019; ANTHONY e ANTONY, 2021). Essas soluções ganham relevância, uma vez que, há um grande desprendimento de

recursos pelas organizações nessa fase inicial e uma implementação malsucedida pode resultar em um grande prejuízo para a companhia (YADAV e DESAI, 2016)

Segundo Chiera *et al.* (2021), o processo de implementação pode ser ainda mais desafiador em empresas cujos sistemas produtivos são do tipo *Engineer-to-Order* (ETO). Nesse caso, os conceitos LSS, ferramentas e filosofias precisam ser adaptados a um sistema onde cada produto é único e produzido para um cliente específico. Os autores desenvolveram uma estrutura de avaliação do nível de maturidade utilizando como parâmetros os Princípios Enxutos, identificados na literatura (específicos para cenários ETO). Os autores apontam algumas interferências entre os princípios, mas não qualquer tipo de ponderação que mesure sua relevância. Além disso, o modelo não explora os FCS, largamente utilizados na literatura para criação de MMs enxuta (Simões e Scavarda, 2021), e abrange apenas a abordagens enxuta, sem considerar os aspectos ou princípios do Six Sigma.

Para além desse estudo, não foram encontrados outros focados na adaptação da abordagem LSS para sistemas produtivos ETO, apesar de sua importância em novas pesquisas (Carvalho *et al.*, 2016; Shurrab *et al.*, 2022). O alto grau de personalização na produção dessas indústrias é o responsável por maiores margens de vendas, e não o volume produzido, afetando diretamente a eficiência dos processos produtivos. Dado as diferenças nesses sistemas produtivos, há um crescente interesse em adaptar abordagens de melhoria de desempenho para organizações ETO (BIRKIE e TRUCCO, 2016). Contudo, aplicações em cenários de ETO ainda são escassas (CHIERA *et al.*, 2021).

Neste contexto, esta dissertação de mestrado tem a seguinte questão central de pesquisa: como implementar o LSS com sucesso em sistemas produtivos ETO? Assim, o objetivo deste é desenvolver um *framework* para apoiar a implementação do LSS em sistemas produtivos ETO a partir da combinação dos FCS e da maturidade enxuta. Para isso, uma metodologia multimétodo é aplicada de modo a perseguir as seguintes etapas: identificação e análise dos FCS em LSS; identificação e análise de MM e seus elementos em práticas enxutas; estruturação do *framework* para implementação do LSS para ETO. A abordagem multimétodo utilizada para atingir esse objetivo engloba a Revisão de Escopo, um método de pesagem *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e a Pesquisa-Ação.

Inicialmente, a síntese dos principais FCS em LSS (Simões & Scavarda, 2021) e os conceitos de níveis de maturidade enxuta (Simões *et al.*, 2022) foram obtidos por meio de pesquisas de revisão de escopo (ARKSEY e O'MALLEY, 2005). Em seguida, o AHP, método de pesagem proposto por Saaty (1990), é

utilizado para estruturação hierárquica dos FCS, de forma específica, para sistemas produtivos ETO. A partir dessa ponderação, fornecida pelo método AHP, uma ferramenta de avaliação de maturidade pode ser desenvolvida. Além do proporcionar a avaliação do nível atual de maturidade, o *framework* desenvolvido por este estudo deve ser capaz de apontar as diretrizes para avançar de nível sob a ótica de ciclos de melhoria contínua. Finalmente, uma Pesquisa-Ação foi conduzida para explorar o processo de implementação com maior profundidade (Coughlan e Coughlan, 2002). Vale ressaltar que, essa metodologia depende do tempo de colaboração da companhia e dos esforços empregados pela mesma na realização das ações de melhoria, sendo a validação dos resultados obtidos limitada a uma única organização, por meio de Pesquisa-Ação. A organização utilizada para a pesquisa-ação é uma grande empresa do setor midiático, a qual está implementando o LSS há três anos por meio de um Programa de Qualidade. A diretoria entende que, embora a organização possua facilitadores, ela encontra dificuldades na adaptação do Lean Six Sigma em seu sistema produtivo (ETO). Falta clareza sobre quais são os fatores críticos do processo de implementação e como a empresa está em cada um deles. Ou seja, não há um modelo de implementação estruturado que guie a organização em direção a maturidade enxuta, abrindo assim o ambiente para a presente pesquisa.

Nesse contexto, esta dissertação de tem como objetivo desenvolver um framework para implementação do LSS baseado no ciclo *check-action-plan-do* (CAPDo) que seja aderente a realidade sistemas produtivos ETO. Para isso, foi utilizado um MM híbrido cujos principais parâmetros são os FCS. O MM e seus parâmetros foram levantados e explorados na literatura através de Revisão de Escopo. Ao perseguir esse objetivo, pretende-se responder à questão central de pesquisa: como implementar o LSS com sucesso em sistemas produtivos ETO? Para isso, uma metodologia multimétodo é aplicado de modo a perseguir as seguintes metas:

- i. Identificação e análise dos FCS em LSS;
- ii. Identificação e análise de MM e seus elementos em práticas enxutas;
- iii. Estruturação do framework para implementação do LSS para ETO.

De forma a atingir seu objetivo, esta dissertação está estruturada em sete capítulos, sendo este primeiro o introdutório. O segundo capítulo apresenta o referencial teórico sobre o tema, contextualizando a abordagem LSS e a utilização de FCS e MM em seu processo de implementação. Nesse capítulo, são discutidos os gaps associado ao problema de implementação de LSS em sistemas ETO. O

terceiro capítulo descreve a metodologia *multi-method* adotada pela pesquisa, iniciando pela Revisão de Escopo, depois o uso do AHP para então descrever o uso da pesquisa-ação. Os capítulos quatro e cinco apresentam e analisam, respectivamente, os resultados teóricos e práticos obtidos pela pesquisa. O sexto capítulo oferece as discussões dos resultados. Por fim, o sétimo e último capítulo oferece as principais conclusões do autor sobre a contribuição deste trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2 Referencial Teórico

O presente capítulo oferece aspectos relevantes sobre a abordagem LSS e seu processo de implementação. Discute-se também como a literatura vem explorando FCS e Modelos de Maturidade Enxuta no processo de implementação e avaliação do LSS. Com isso, objetiva-se verificar a relevância atual da abordagem para a melhoria de desempenho das organizações. Por fim, o capítulo encerra com uma seção que descreve as oportunidades identificadas para trabalhos futuros.

2.1 Disseminação da abordagem Lean Six Sigma

A abordagem *Lean Manufacturing*, também conhecida como Produção Enxuta, tem como objetivo direcionar as organizações a ter foco em eficiência, visando uma produção com menor custo e processos mais ágeis (WOMACK, 1997). Já o 6σ , se trata de uma abordagem que busca diminuir a variação dos processos produtivos com foco na redução de falhas e custos, por meio da aplicação rigorosa de análise estatística de processos (SCHROEDER, 2008). A abordagem 6σ não tem como foco a eliminação de desperdício de um processo como as práticas enxutas (*lean*), que por sua vez, não controla o processo através de técnicas estatísticas para redução de variações (SNEE, 2010).

Por isso, algumas empresas decidiram fundir as metodologias para superar essas fraquezas, resultando no *Lean Six Sigma*: uma solução mais robusta que alcança maior desempenho e de forma mais rápida do que ambas abordagens antecessoras implementadas separadamente (ALBLIWI *et al.*, 2014; SALAH *et al.* 2010). Segundo Antony *et al.*, (2017), foi por volta dos anos 2000 que o termo *Lean Six Sigma* começou a ser introduzido na literatura, e a partir de 2003, já existiam treinamentos que abrangiam ambas as abordagens. Contudo, os autores ressaltam que, a combinação apropriada de ferramentas *Lean* e *Six Sigma* depende da natureza do problema específico que está sendo solucionado.

As abordagens enxutas são reconhecidas há muito tempo como uma vantagem competitiva. No entanto, existem poucas medidas que avaliem a

implementação geral da abordagem (PAKDIL e LEONARD, 2014; MOYA *et al.*, 2019). Segundo Pakdil e Leonard (2014), é necessário avaliar a eficácia e eficiência da implementação do *lean* em toda a organização. Nesse sentido, os autores desenvolveram uma ferramenta de avaliação chamada *Lean Assessment Tool* (LAT), utilizando tanto abordagens quantitativas (diretamente mensuráveis e objetivas) quanto qualitativas (percepções de indivíduos) por meio da lógica Fuzzy. Posteriormente, o estudo de Moya *et al.* (2019) apresenta um indicador chamado Lean Six Sigma Global Index. Este foi desenvolvido com foco na abordagem Lean Six Sigma e utiliza os FCS bem como o método de pesagem AHP.

O estudo de Antony *et al.* (2017) – uma revisão que discute o passado, o presente e o futuro da abordagem LSS – estabelece uma relação importante entre a melhoria contínua no processo de adaptabilidade da abordagem à novos modelos produtivos. Os autores argumentam que novas tecnologias podem auxiliar o processo de implementação de abordagens de melhoria contínua. Então, para garantir melhor adaptabilidade da abordagem em novos contextos e garantir a evolução da mesma, o processo de implementação do LSS deve ser baseado em conceitos de melhoria contínua. Em suma, as organizações que estão no processo de implementação devem buscar aumentar o nível de maturidade enxuta deve ser contínua.

O método *plan-do-check-act* (PDCA) é largamente utilizado pelas organizações para estabelecer melhoria contínua. Podem ser tomados como exemplos, os sistemas de Gestão da Qualidade (ISO 9001: 2015), de Meio Ambiente (ISO 14001: 2015) e de Segurança (OSHAS: 2007). Inspirados nesses sistemas, Moumen e Elaoufir (2018) também utilizaram o PDCA para desenvolver um modelo genérico de melhoria contínua em Gestão de Sistemas de Informação.

Dessa mesma forma, outros trabalhos também vêm adaptando a abordagem de ciclos PDCA na implementação de práticas enxutas para melhorar o desempenho das organizações (CHONG e PERUMAL, 2019; YUIK e PUVANASVARAN, 2020). Vale ressaltar que, além do PDCA, outros métodos são utilizados como base metodológica para o desenvolvimento de *frameworks* de melhoria iterativa, como o DMAIC (*define, measure, analyze, improve e control*). Usando o ciclo DMAIC padrão como principal motivador no processo de implementação, o estudo de Thomas *et al.* (2017) desenvolveu um *framework* integrado dentro do ensino superior, oferecendo uma perspectiva única de implementação de LSS em Instituições de Ensino Superior (IES).

Embora o ciclo PDCA seja amplamente reconhecido e aplicado em processos de melhoria contínua, Ani *et al.* (2019) aponta a versão *check-action-plan-do* (CAPDo) como a mais adequada para colher recompensas tangíveis de abordagens de melhoria contínua, como o LSS. Além disso, segundo os autores, essa “versão ajustada” é mais apropriada quando não há conhecimento sobre o problema suficiente e uma avaliação inicial do contexto atual é necessária. Por isso, neste trabalho, a estrutura para maturação enxuta de uma organização ETO é projetada em torno do ciclo CAPDo.

Diversos conceitos podem ser utilizados na construção de modelos de implementação de abordagens enxutas, dentre eles este trabalho destaca os FCS e os Modelos de Maturidade Enxuta (MME). Nas seções subsequentes, apresenta-se uma discussão sobre como esses artefatos podem influenciar no sucesso da implementação de LSS.

2.2

Fatores críticos de sucesso na implementação do LSS

A implementação do LSS deve ser bem estruturada, de modo a provocar mudanças de níveis culturais nas organizações, já que não se trata apenas de um método ou de um conjunto de ferramentas, mas de uma abordagem sistêmica, um pensamento ou filosofia organizacional (YADAV e DESAI 2016). Nesse sentido, existem diversos desafios na implementação de programas de qualidade enxuta. O quanto uma organização está preparada para enfrenta-los depende de diversos fatores.

Os FCS representam os aspectos positivos (facilitadores) ou negativos (barreiras) que uma organização possui ao conduzir um processo de implementação do programa LSS. Ou seja, se trata das forças e fraquezas, aspectos decisivos para o fracasso ou sucesso de todo o processo (ANTONY & BANUELAS, 2002). No entanto, sendo barreira ou facilitador, podemos entender esses como fatores críticos, por exemplo, a barreira “Falta de engajamento da alta gerência” e o facilitador “Engajamento da Alta Gerência” se referem ao mesmo aspecto. Por isso, consideramos neste trabalho que o termo FCS pode se referir também a barreiras transcritas. Para melhor entender o processo de implementação do LSS em diversos setores ou sistemas produtivos, é sempre válido identificar e discutir esses aspectos, conforme diversos outros trabalhos

acadêmicos vêm fazendo (ALI *et al.*, 2020; ANTONY *et al.* 2019; YADAV *et al.*, 2018a; MOYA *et al.*, 2019).

O fator “Engajamento da alta gerência” é indicado por diversos estudiosos como o mais relevante para o sucesso da implementação de *Lean Six Sigma* (SWARNAKAR *et al.*, 2020; STANKALLA *et al.*, 2018; ALBLIWI *et al.*, 2014). Outro exemplo de FSC em LSS é o “Processo de formação/treinamento em LSS” (Sony *et al.*, 2020). Fatores distintos podem ser encontrados literatura e, para melhor compreendê-los, a luz de um novo setor ou contexto, alguns autores os submetem a Métodos de Decisão Multicritério (MCDM) com participação de especialistas no assunto (SINGH e PANT, 2021). Neste caso, os MCDM são úteis como métodos de pesagem de modo a identificar a importância relativa dos FCS no processo de implementação através de painéis ou questionários com especialistas em LSS (YADAV *et al.*, 2018a; PANDEY *et al.*, 2018).

2.3

Ciclo de maturidade do processo de implementação do LSS

Anthony *et al.* (2021) indicam que a falta de maturidade (ou prontidão) das organizações ao implementarem abordagens de melhoria contínua tem sido um impulsionador de pesquisas sobre MMs utilizados em programas de qualidade. Os autores ainda argumentaram que algumas organizações estão implementando as práticas enxutas apenas em partes dos seus processos e utilizando técnicas muito simples.

Jørgensen *et al.* (2007) destacaram os Modelos de Maturidade Enxuta (MME) como estruturas capazes de avaliar o nível de maturidade de uma organização de forma a auxiliar seus gerentes durante a implementação da abordagem enxuta. A origem dos primeiros MMs foi em Gestão da Qualidade com o livro intitulado “*Quality Is Free: The Art of Making Quality Certain*” escrito por Crosby publicado em 1979, sendo considerado um grande avanço em direção a abordagens de melhoria de desempenho (ESTAMPE *et al.*, 2013).

Os MM podem ser definidos como: artefatos que possuem elementos arranjados em uma escala evolutiva com transições mensuráveis de um nível para outro e podem ser utilizados para benchmarking, auto avaliação e melhoria contínua (METTLER *et al.* 2010). O nível de maturidade de um processo ou organização é a medida avaliativa da capacidade de cumprir objetivos pré-estabelecidos. No contexto de programas de melhoria contínua, se o processo de

avaliação da maturidade for falho ou excessivamente burocrático, o sucesso dessas abordagens pode ser comprometido.

O *Capability Maturity Model* (CMM) é a estrutura mais conhecida para atingir a maturidade de um processo (VELDMAN *et al.*, 2009). Desenvolvido no final dos anos 1980 pelo Instituto de Engenharia de Software, o CMM teve como objetivo inicial avaliar a capacidade de Softwares dos governos federais dos Estados Unidos. A partir do seu sucesso, diversos trabalhos adaptaram o modelo para outras áreas, tais como: construção (RODEGHERI *et al.*, 2020), automações industriais (KOSIERADZKA e CIECHAŃSKA, 2018) e desenvolvimento de novos produtos (DOOLEY *et al.*, 2001). Em 2002, a mesma instituição aperfeiçoou o modelo para o que chamaram de *Capability Maturity Model Integrated* (CMMI), um resultado da integração do CMM com dois *frameworks*: um para engenharia de sistemas e outro para maturidade de desenvolvimento de produtos e processos. Devido a essa integração, o novo modelo apresenta maior capacidade de orientar a melhoria do processo em outras áreas além da engenharia de software (CMMI, 2010).

Fraser *et al.* (2002) conceitua em seu estudo os aspectos-chaves sobre modelos de maturidade. Segundo os autores, os modelos de maturidade são compostos pelo arranjo dos seguintes componentes: série de níveis de qualidade; nomes dos níveis; breves descrições sobre cada nível, dimensões do tema; série de elementos que compõem essas dimensões; breves descrições desses elementos. Segundo os autores, todo MM deve possuir níveis de maturidade (contínuos ou discretos) e um conjunto de dimensões (ou processos). Em alguns casos essas dimensões podem ser desdobradas em elementos (ou atividades). Os autores classificaram os MM em três tipos: Grade de Maturidade, Híbridos e CMM.

O primeiro possui complexidade moderada e consiste em descrições textuais de atividades para cada nível de maturidade, como a grade de gerenciamento de qualidade de Crosby (1979, apud ESTAMPE *et al.*, 2013). Segundo De Paula *et al.* (2012), as grades de maturidade fornecem uma descrição qualitativa de cada área de processo, ou seja, cada célula da grade contém descrições de desempenhos esperados em diferentes níveis de maturidade. Assim, as melhores práticas em cada área de conhecimento do processo são descritas dentro de cada nível de maturidade, desde o mais imaturo até o mais avançado. Os autores ressaltam que esse tipo de modelo é mais comum para gestão de processos ou área de conhecimento. O Quadro 1 apresenta uma visão adaptada de uma grade de maturidade, onde F representam os aspectos

relevantes à implementação (FCS) e N os níveis de maturidade. Para cada combinação, a grade deve apresentar uma descrição do desempenho esperado.

		Nível de Maturidade					
		N1	N2	N3	N4	..	Nn
Fatores Críticos	F1	Descrições de texto de desempenho esperado em diferentes níveis de maturidade					
	F2						
	F3						
	...						
	Fm						

Quadro 1 - Grade de maturidade adaptada de De Paula *et al.* (2012)

O segundo tipo, são modelos que combinam as definições de maturidade com a utilização de questionários, por exemplo, os do tipo *Likert*. Esses questionários são desenvolvidos para avaliar o desempenho da organização em relação às melhores práticas, descritas em cada nível. O modelo fornece a descrição de atividades e dimensões, como nas Grades de Maturidade, os tipos híbridos também avaliam essas atividades por meio de critérios e classificam a organização em um nível específico de maturidade (DE PAULA *et al.*, 2012; FRASER *et al.*, 2002).

Por fim, o último tipo se refere a modelos que possuem uma arquitetura específica e formal, inspirados nos CMM. Nesses casos, para abordar os objetivos requeridos (a maturidade), recursos comuns e práticas organizacionais são organizados por áreas de processo. Os modelos da família CMM, podem não conter descrições individuais para cada atividade em cada nível de maturidade. De Paula *et al.* (2012) indica a principal diferença entre esse tipo de modelo e as Grades de Maturidade: embora ambos estratificam os processos de interesse em áreas de conhecimento para classificação do nível de maturidade, os modelos de capacidade vão além, definindo objetivos e práticas a serem realizadas em cada nível, para cada área de conhecimento.

2.4

A implementação do LSS em sistemas ETO

No cenário de sistemas ETO, o único trabalho encontrado que apresenta uma avaliação da maturidade enxuta é o de Chiera *et al.* (2021). O modelo de

avaliação desenvolvido pelos autores tomou como base a avaliação de dez princípios enxutos para ETO e foi validado em um caso na indústria de máquinas para marcenaria na Itália. Após a aplicação do modelo, os autores observam que há interferência entre os princípios, ou seja, eles não são independentes. Além da dependência, o peso ou a contribuição de cada princípio no sucesso da abordagem enxuta não são considerados no modelo, sendo todos os princípios considerados com a mesma influência.

O modelo adaptado e aplicado nesta pesquisa se diferencia do estudo de Chiera *et al.* (2021) principalmente por mensurar o nível de maturidade da abordagem *Lean Six Sigma*, não apenas a maturidade enxuta (ou *lean*). Dessa forma, os princípios enxutos utilizados pelos autores não são suficientes para abarcar a abordagem 6σ .

Buscando preencher essa lacuna, esta pesquisa utiliza os FCS ponderados para o cenário ETO como parâmetros para o MME, inspirado em estudos anteriores (YADAV e DESAI, 2017b; YADAV *et al.*, 2018b; YADAV *et al.*, 2018a; BEN *et al.*, 2018; RAVAL *et al.*, 2018a; MOYA *et al.*, 2019; SWARNAKAR *et al.*, 2020; ALI *et al.*, 2020; SINGH e RATHI, 2020). Por isso, ao selecionar um MME na literatura, são consideradas as seguintes premissas: as dimensões níveis de maturidade devem ser compatíveis a *Lean Six Sigma* e os parâmetros constituintes do modelo devem ser os FCS.

Hicks *et al.* (2001) argumenta que há diferenças entre as organizações ETO, propondo a tipologia de quatro diferentes tipos. O primeiro, se configura por empresas verticalmente integrada. O Tipo II terceiriza a fabricação de componentes, mas mantém as atividades de montagem e construção internamente. Já os últimos dois tipos terceirizam todos os processos físicos.

2.4 Oportunidades para pesquisas futuras

Embora diversos trabalhos tenham desenvolvido modelos de implementação para abordagens enxutas, raros são aqueles que oferecem um portfólio de melhorias para empresas com base em seu nível de maturidade. Soares *et al.* (2021) argumenta que uma das limitações para isso é a impossibilidade de apresentação dos resultados às empresas, principalmente devido à limitação do tempo de pesquisa.

Yadav *et al.* (2018a) apontou que, embora os FCS sejam largamente utilizados em LSS, poucos trabalhos discutem soluções sobre como fomentar os

facilitadores (ou superar as barreiras) para uma implementação com maior sucesso. Em seu estudo sobre as barreiras que impedem sucesso da implementação do LSS, os autores destacam a relevância da utilização de técnicas de tomada de decisão multicritério (MCDM) para entender o comportamento dos FCS.

O *Lean Manufacturing* e o 6σ foram essencialmente desenvolvidos para indústrias de manufatura – sistemas produtivos repetitivos com baixa variabilidade de produtos e alto volume de produção – com o objetivo de redução de custos e melhoria contínua de processos. Em um cenário produtivo ETO, onde os sistemas são baseados em *pulls*, o volume de produção é baixo e existe um alto nível de personalização nos produtos, a implementação de abordagens enxutas é considerada desafiadora (Chiera et al., 2021), abrindo um contexto importante para pesquisas no tema, como é o caso desta dissertação de mestrado.

3 Metodologia de pesquisa

Este capítulo apresenta as etapas metodológicas que compõem a abordagem multimétodo utilizada nesta dissertação. A Figura 1 apresenta um fluxograma que ilustra a metodologia de pesquisa empregada.

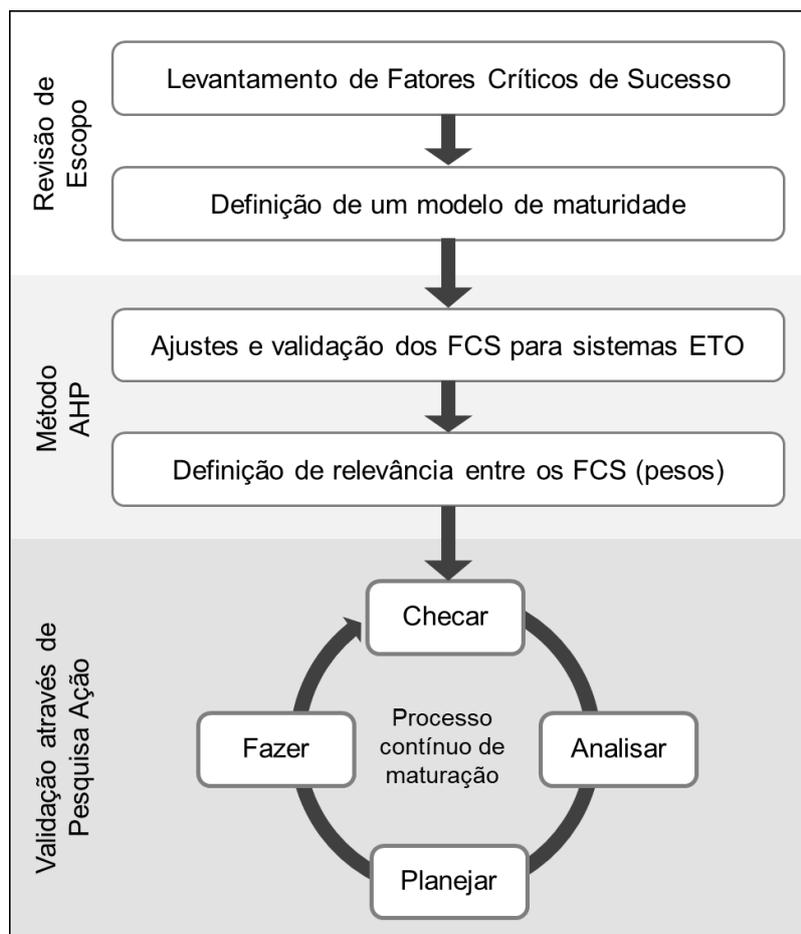


Figura 1 - Resumo da metodologia híbrida utilizada

A primeira seção apresenta o desenvolvimento de revisões de escopo que contribuem na compreensão e identificação de FCS e MM em LSS. Os resultados dessas pesquisas são entradas para a metodologia apresentada na segunda seção deste capítulo. Essa é responsável por descrever o desenvolvimento de uma ferramenta de avaliação de maturidade enxuta através de uma estrutura hierarquia de FCS ponderados – desenvolvida pelo método AHP. Por fim, a última

seção define passos: i. para a construção de um *framework*, baseado no método CAPDo; e ii. para a aplicação e validação por meio de Pesquisa-Ação.

3.1 Revisões de Escopo

Segundo Munn *et al.* (2018), a Revisão de Escopo é um método de estudo relativamente novo e cada vez mais popular para sintetizar evidências de pesquisa. Embora sejam úteis por si só, os autores ressaltam que esse tipo de revisão pode indicar a relevância dos critérios de pesquisa para futuras revisões sistemáticas.

As revisões de escopo desta dissertação foram realizadas para examinar a extensão, o alcance e a natureza da aplicação de FCS e MM que impulsionam o sucesso de implementação de LSS pelas organizações. Seus propósitos atendem aos objetivos dessa pesquisa, em particular estão alinhados ao desta pesquisa: identificação e análise dos FCS em LSS; e identificação e análise de MM e seus elementos em práticas enxutas. Ambas as revisões foram temas dos artigos Simões & Scavarda (2021) e Simões *et al.* (2022), publicados nos congressos ENEGEP 2021 e IJCIEOM 2022, respectivamente.

O propósito dessas revisões não é descrever os resultados da pesquisa em detalhes, mas sim mapear os FCS e MM existentes e visualizar de forma sintetizada a gama de material que pode estar disponível. Segundo Arksey e O'Malley (2005), o método de Revisão de Escopo pode atender justamente a esses objetivos em um período relativamente curto, se comparado com uma revisão sistemática completa (e.g., Thomé *et al.*, 2016). A revisão de escopo é utilizada para identificar as lacunas na base de evidências, resumir os resultados da pesquisa e apresenta-los em de forma acessível (ARKSEY e O'MALLEY, 2005). Em ambas as pesquisas realizadas neste trabalho, foram seguidas as etapas metodológicas propostas por Armstrong *et al.* (2011):

- i. Identificação da questão de pesquisa;
- ii. Identificação dos estudos relevantes;
- iii. Seleção do estudo;
- iv. Mapeamento de dados;
- v. Agrupamento, revisão e relato dos resultados.

Para melhor compreensão dessas etapas, são apresentados neste capítulo dois fluxogramas PRISMA (Figuras 2 e 3) apresentada em Page *et al.* (2021) cuja tradução livre se refere a uma declaração de itens de relatório preferidos para

revisões sistemáticas e meta-análises. A estrutura, publicada em 2009, foi desenvolvida para auxiliar pesquisadores a relatar de forma transparente como os autores conduziram a revisão de literatura e o que encontraram (PAGE *et al.*, 2021). Por meio desse fluxograma, este trabalho descreveu as fontes, números e destinos de todos os registros identificados e selecionados pelas revisões. A estrutura também permite a ilustração do desgaste de registros irrelevantes ao longo do processo de revisão. A versão utilizada nesse estudo é a da declaração PRISMA 2020, que oferece fluxogramas revisados para revisões originais e atualizadas.

Nas próximas seções são descritas as etapas metodológicas utilizadas na condução das revisões de escopo em busca do entendimento da utilização dos FCS e MM no processo de implementação do LSS. A partir dessas, espera-se sintetizar os principais FCS em LSS e identificar um modelo de maturidade passível de adaptação para este estudo.

3.1.1.

Fatores críticos para o processo de implementação

Conforme sugerido por Arksey e O'Malley (2005), a questão geral desta pesquisa foi definida de forma abrangente: “O que se sabe da literatura existente sobre os fatores críticos de sucesso (ou insucesso) para a implementação de *Lean Six Sigma*?”. Por meio dessa, todo o escopo da pesquisa foi determinado de forma a responder os seguintes itens: Q1. Com que frequência esse tema vem aparecendo na literatura? Q2. Quais os objetivos das pesquisas que analisam os FCS em LSS? Q3. Quais os setores produtivos analisados? Q4. Quais foram os países onde essas pesquisas foram realizadas? Q5. Há estudos sobre a priorização (*rankings*) dos FCS? Q6. Quais métodos foram usados para análise dos FCS? E, e por fim, Q7. Quais são os FCS em empresas de manufatura mais frequentes na literatura recente?

O levantamento dos artigos, objetos de estudo deste trabalho, foi realizado a partir de buscas nas bases de periódicos Scopus e Web of Science (WoS) no portal eletrônico da CAPES/MEC. A escolha se deu por serem bases complementares (MONGEON e PAUL-HUS, 2016; THOMÉ *et al.*, 2016) e bem populares na Gestão de Operações (MONGEON e PAUL-HUS, 2016; THOMÉ *et al.*, 2016; CAIADO *et al.*, 2022, KREUTER *et al.*, 2022, MACHADO *et al.*, 2022). Os termos-chave utilizados para a busca foram a combinação de “*Lean Six Sigma*” com os possíveis termos relacionados aos FCS: “Critical Success Factors”, “Key

Success Factors", "Barriers" e "Enablers". A busca foi realizada nos campos de títulos, resumos e palavras-chave. Apenas artigos em inglês publicados entre 2010 e 2020 foram selecionados para análise. O levantamento dos estudos ocorreu em 17 de janeiro de 2021, limitando-se, portanto, a inclusão de estudos publicados até esta data. Assim, foram encontrados 101 artigos na base da WoS e 104 artigos na base da Scopus. Desse total de 205 artigos, 46 artigos duplicados e 2 publicados em conferências foram retirados, sobrando 157 para a análise de seleção do estudo. O processo de revisão está ilustrado pelo diagrama de fluxo PRISMA (Figura 2).

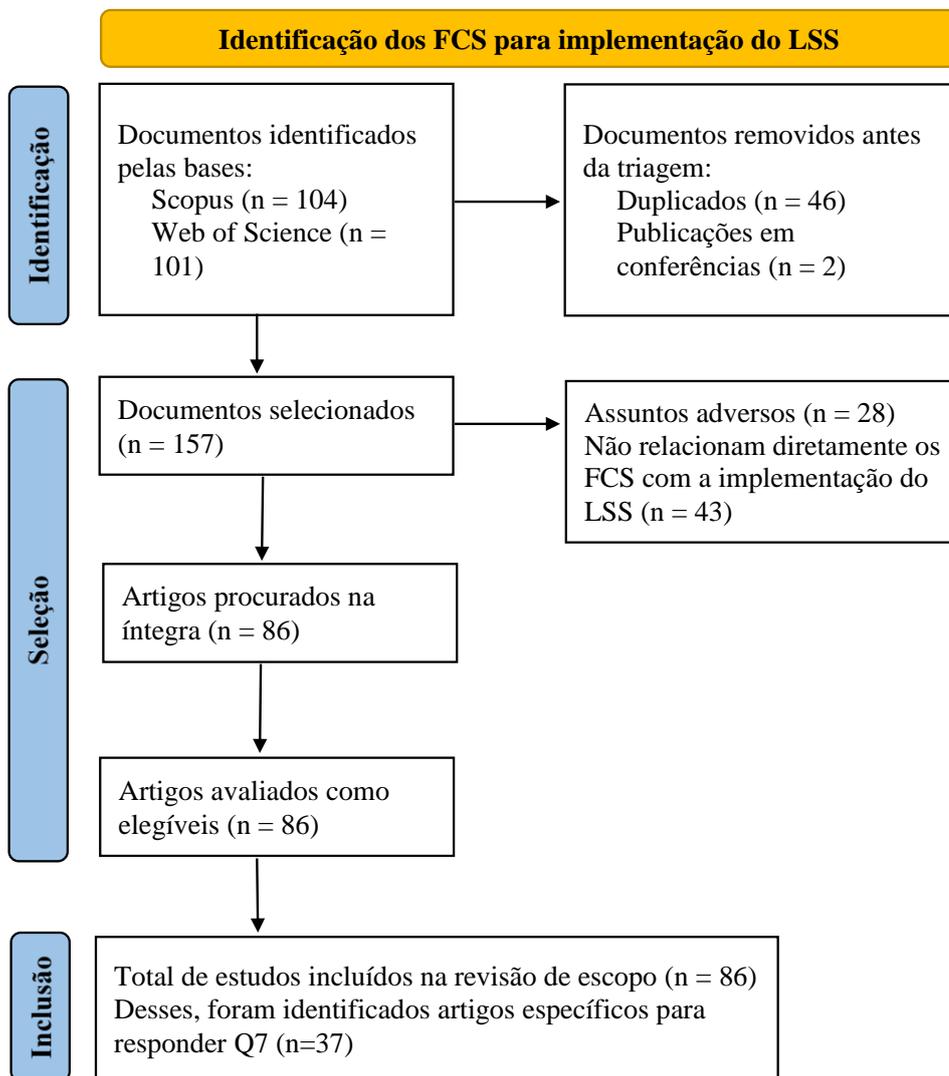


Figura 2 - Diagrama de fluxo PRISMA – seleção de FCS em LSS

Conforme visto na revisão da literatura, já era esperado uma alta frequência de FCS em referências bibliográficas, resultando em um número elevado de

artigos para análise. A etapa de seleção do estudo auxilia a direcionar a pesquisa para o assunto de interesse. Como critério de inclusão utilizou-se a necessidade do artigo em estudar os Fatores Críticos de Sucesso (ou insucesso) como um objeto de análise. Toda a seleção foi realizada utilizando a análise de conteúdo (CERYNO *et al.*, 2013). Assim, foram identificados e excluídos 28 artigos cujos temas eram adversos ao estudo dos FCS em LSS. Seguindo a investigação preliminar dos artigos foram eliminados outros 43, ou porque não abordavam os FCS, ou porque não focava especificamente em LSS, mas em outros programas de melhoria contínua, ou seja, não atendendo a regra básica de seleção deste estudo. Assim, dos 176 artigos identificados inicialmente para análise de seleção, foram identificados 86 artigos que de fato levantam e tomaram como objeto de análise os FCS na fase de implementação do LSS.

Seguindo a proposta da metodologia *Scoping Review*, a etapa de mapeamento de dados possibilita um desenvolvimento específico da estrutura de dados de acordo com os objetivos do estudo. Assim, para responder à pergunta de pesquisa foram extraídos dos artigos selecionados algumas informações descritivas como ano de publicação e periódico. Além disso, a estrutura conta com as seguintes informações coletadas através da análise dos artigos: local onde o estudo foi realizado; o setor e o tamanho das empresas estudadas. Diferindo das demais questões, a Q7 foi respondida a partir de 34 artigos resultantes do filtro dos artigos que, além de utilizarem os FCS em LSS como objeto de análise, eram direcionados para a implementação do LSS em empresas manufatureiras de grande porte. Seguindo a lógica de Pareto, também aplicada por Jeyaraman e Teo (2010) em sua busca pelos FCS em LSS, foram identificados os fatores mais frequentes na literatura – correspondem a, pelo menos, 80% do total. Os resultados da revisão são apresentados na seção 4.2.

3.1.2 Modelos de Maturidade Enxuta

Da mesma forma que a revisão da subseção anterior, a questão principal dessa revisão foi definida de forma abrangente (ARKSEY e O'MALLEY, 2005): o que se sabe da literatura existente sobre os modelos de maturidade desenvolvidos para auxiliar a implementação de abordagens enxutas? De forma mais específica, pretende-se com essa revisão responder aos seguintes itens: Q1. Quais são os modelos existentes na literatura? Q2. Quais são os tipos mais frequentes, segundo tipologia proposta por Fraser *et al.* (2002)? Q3. Em que setores

produtivos esses modelos foram aplicados? Q4. Quais foram os países onde os estudos foram realizados?

Novamente, as bases de pesquisa Scopus e WoS foram escolhidas para cobrir a literatura interdisciplinar de diferentes tipos de periódicos. A escolha se deu pelos mesmo motivos da revisão de escopo anterior, por serem bases complementares e populares na gestão de operações. A busca foi realizada nos campos de títulos, resumos e palavras-chave. A pesquisa combinou os termos "lean six sigma" ou "lean" com os possíveis termos relacionados aos MM: "maturity model", "maturity grid" e "maturity level". Apenas artigos em inglês publicados até 2021 foram selecionados para análise. Todo o processo de identificação e seleção de artigos está descrito e resumido no diagrama de fluxo PRISMA (Figura 3). Foram encontrados 46 artigos na base da WoS e 58 artigos na base da Scopus. Desse total de 104 documentos, 30 estavam duplicados e um não eram artigos científicos, sobrando 73 artigos para investigação.

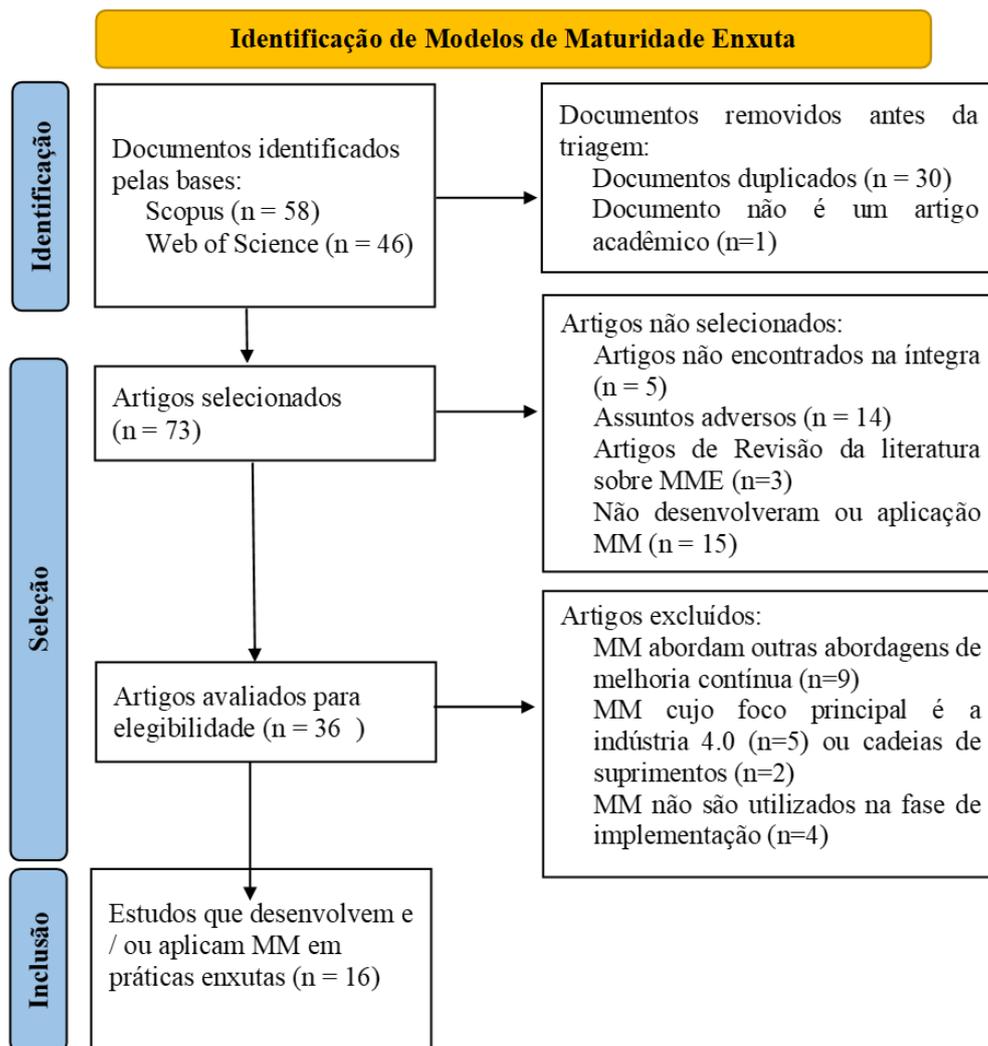


Figura 3 - Diagrama de fluxo PRISMA – seleção de MM

Para seleção dos estudos, a análise de conteúdo foi utilizada (CERYNO *et al.*, 2013). Em uma primeira análise, a partir da leitura do resumo, foram desconsiderados 15 artigos que não desenvolveram ou utilizaram MM; 14 artigos que abordam temas adversos ao desta pesquisa; e 5 artigos que, por falta de acesso, não foram encontrados na íntegra.

A partir dessa primeira seleção, 39 artigos seguiram na pesquisa para ser lidos na íntegra. Nessa etapa, os seguintes critérios de exclusão foram utilizados: MM que abordam melhoria contínua, mas não foram aplicados a nenhuma vertente da abordagem enxuta (9 artigos); MM cuja a mensuração de maturidade estava direcionada à indústria 4.0 (5 artigos) ou a cadeias de suprimentos (2 artigos); artigos de revisão da literatura (3 artigos); MM não utilizados na fase de implementação (4 artigos). Concluindo essa seleção sobraram, 16 artigos para análise.

Seguindo a metodologia proposta, com os artigos de interesse selecionados, um mapeamento de dados foi realizado, possibilitando um desenvolvimento específico de estrutura de dados de acordo com os objetivos deste estudo. Assim, para responder à pergunta de pesquisa, foram extraídos de cada artigo selecionado informações descritivas como local onde o estudo foi realizado, o setor de aplicação, ano de publicação e periódico. Além disso, foi feita a análise do tipo de modelo de maturidade – seguindo a tipologia proposta por Fraser *et al.* (2002). Os resultados da revisão são apresentados na seção 4.2.

3.2

Ferramenta de avaliação do nível de maturidade LSS

A ferramenta de avaliação proposta por este estudo busca ser capaz de mensurar o nível de maturidade em LSS para que uma organização possa executar a implementação dessa abordagem com sucesso. Para isso, a relevância dos critérios que influenciam no processo de implementação pode ser mensurada por Métodos de Decisão Multicritério (MCDM) (YADAV *et al.*, 2018a; PANDEY *et al.*, 2018). Os MCDM podem servir como métodos de pesagem de forma a determinar com precisão a importância relativa de diversos aspectos (fatores ou princípios) no processo de implementação. Essa “importância relativa” de cada critério é representada por pesos e determinada por um conjunto de julgamentos de especialistas no assunto (SINGH e PANT, 2021).

Dentre os métodos de pesagem, o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) se destaca como uma ferramenta poderosa e flexível que pode classificar alguns fatores por hierarquia e/ou por nível de representatividade (SAATY, 1990). Segundo Singh e Pant (2021), o AHP já provou seu potencial para resolver os mais diversos problemas de tomada de decisão. Embora outros métodos – como o *Analytic Network Process* (ANP) ou *Best-Worse Method* (BWM) – também contribuam para a otimização multicritério, o método AHP vem sendo utilizado amplamente no contexto do LSS e, segundo Moya *et al.* (2019), o seu uso é defendido por muitos autores. Dentre as aplicações, se destaca o trabalho de Yadav *et al.* (2018a) que desenvolveu um *framework* para facilitar a implementação do LSS utilizando a metodologia AHP para priorização e classificação das soluções e superação de barreiras. Além disso, a estrutura hierárquica fornecida pelo modelo pode ser a mesma estrutura utilizada posteriormente pela avaliação de maturidade enxuta.

Indicando mais uma aplicação no auxílio de implementações de abordagens na esfera da qualidade, Ho e Ma (2018), em sua revisão da literatura sobre as aplicações do AHP, identificaram a relação entre o método AHP e a abordagem de implantação do Desdobramento da *Quality Function Deployment* (QFD). Segundo análise dos autores, diversos trabalhos utilizaram o AHP para quantificar as classificações de importância relativa e as ponderações de relação das dimensões da qualidade.

Voltando para a implementação de abordagens enxutas, além de Yadav *et al.* (2018a), os estudos de Moya *et al.* (2019) e Pandey *et al.* (2018) também utilizaram o AHP para incluir a perspectiva de especialistas em seus modelos de modo a ponderar os FCS em relação ao contexto de Pequenas e Médias Empresas (PME) e o *Green Lean Six Sigma* (GLS), respectivamente. Dessa mesma forma, o método pode ser útil neste trabalho para a ponderação dos FCS em sistemas produtivos ETO. É notório que o AHP é um método de auxílio à tomada de decisão que permite a resolução de problemas multicritério e, por isso, é válida para a estruturação dos FCS. Sendo assim, o método AHP é utilizado neste trabalho para estruturação hierárquica de FCS e para estabelecer relevância entre esses fatores em relação ao sucesso da implementação de LSS em sistemas ETO. Para isso, a metodologia proposta por Saaty (2008) foi adaptada conforme as subseções a seguir.

Colaboraram com este estudo sete especialistas certificados, 1 em *Green Belt*, 3 em *Black Belt* e 3 em *Master Black Belt*. Além disso, vale destacar o tempo de experiência deles com a abordagem LSS: três trabalham com o LSS há mais

de 8 anos, dois entre 5 e 8 anos e os dois últimos com menos de 5 anos. Para que a estrutura hierárquica do modelo fosse definida de forma mais assertiva, outra premissa estabelecida foi que todos os participantes deveriam ser engenheiros e possuísem clareza sobre as diferenças entre o sistema de produção ETO dos demais. Para validade desta pesquisa e segurança dos participantes, um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi assinado por todos os envolvidos (veja o modelo no Apêndice I).

3.2.1 Definição da estrutura hierárquica

A estrutura hierárquica é constituída com base nos FCS (definidos na subseção 4.1.2) e do Modelo de Maturidade (definido a partir dos resultados da subseção 4.2.2.). No entanto, antes dessa estruturação, os fatores levantados são validados por meio de um painel com especialistas no assunto. Pois, além de garantir que os fatores representam aspectos efetivamente relevantes, essa validação permite que os especialistas proponham novos fatores – específicos para sistemas ETO, que não apareceram na literatura levantada. Para isso, a lista de fatores é avaliada por meio do método *Item-Objective Congruence* (IOC) (Turner e Carlson, 2003). Esse método foi escolhido devido à sua praticidade em convergir opiniões subjetivas de especialistas afim julgar a relevância dos fatores para implementação.

Sete especialistas participaram desse grupo, sendo metade consultores experientes que auxiliam a implementação do LSS em diversas empresas e a outra metade vivenciam o LSS na prática em empresas ETO. Para Zamanzadeh et al. (2015), quanto maior o número de especialistas, menor é a probabilidade de concordância ao acaso. Os autores afirmam que é recomendado uma quantidade mínima de cinco especialistas para garantir um acordo casual.

Adaptando o método IOC, os especialistas avaliaram os fatores segundo sua relevância para o sucesso da implementação do LSS em organizações ETO. Todos os fatores devem ser classificados como “Pouco relevante”, “Relevante” ou “Essencial”, representando as pontuações “-1”, zero e “+1”, respectivamente (TURNER e CARLSON, 2003). Segundo os autores, embora a pontuação média aceitável seja um critério flutuante, o valor mínimo geralmente aceito é de 0,75 – dentre os 22 FCS identificados na literatura, apenas 7 atingiram o valor mínimo, passando para próxima fase.

Após a definição dos fatores efetivamente relevantes no processo de implementação, o próximo passo é atribuí-los a dimensões de modo a estruturar uma hierarquia – que será utilizada na subseção a seguir pelo método AHP. Com esse propósito, aproveitando o mesmo painel com especialistas, cada fator é atribuído a uma (única) dimensão. Para garantir que haja concordância entre os participantes da pesquisa, a estatística *Kappa de Fleiss* (Fleiss, 1971) é utilizada. Sua aplicação é aconselhada para a avaliação de fatores ou critérios por meio de especialistas da área (NANTEE e SUREEYATANAPAS, 2021; ZAIN et al., 2016).

Os valores de Kappa variam de zero a 1,0 – quanto mais próximo de um, maior é a concordância do grupo, sendo 1 indicando a concordância absoluta e zero quando não há concordância alguma. Segundo Zain et al., (2016) não há um consenso em relação ao valor aceitável do coeficiente Kappa. Contudo, utilizou-se a escala proposta por Fleiss (1981 apud Zain et al., 2016) como referência, onde o nível de concordância é ruim, quando for menor que 0,40; intermediário a bom, entre 0,40 e 0,75; e, por fim, excelente, quando for maior que 0,75. Quando os valores encontrados forem baixos, Nantee e Sureeyatanapas (2021) indicam a necessidade de revisões das descrições dos fatores (que podem possuir palavras ambíguas) e, posteriormente, uma nova rodada com os especialistas. Neste trabalho, o processo de cálculo desse indicador é realizado utilizando o software Minitab por meio da funcionalidade “Análise de concordância de atributos”.

3.2.2 Cálculo de prioridades pelo método AHP

As prioridades no método AHP são representadas por pesos calculados através da percepção de cada especialista participante da pesquisa. Para isso, este trabalho segue a metodologia definida por Saaty (2004). A percepção dos especialistas deve ser captada por meio de uma comparação par a par entre todos os elementos do mesmo nível hierárquico, de modo a estruturar uma matriz de decisão quadrada. Essas comparações são realizadas por meio da escala pré-definida de Saaty (1990), ilustrada na Tabela 1. Segundo o autor, essa escala possui eficácia comprovada e seu desenvolvimento utilizou experimentos psicológicos para levar em consideração as limitações humanas em processos decisórios.

Considerando que n_i critérios estão ligados ao elemento i da hierarquia AHP, ao realizar comparação por pares, o número de julgamentos deve ser $n_i(n_i-$

1)/2. Os julgamentos de cada indivíduo j devem ser arranjados em matrizes quadradas M_{ij} , cujas dimensões são n_i . Por exemplo, considerando que existem quatro FCS a serem avaliados em uma mesma dimensão, o número de julgamentos será $4(4-1)/2 = 6$, arranjados em uma matriz quadrada de dimensão 4. Além da comparação entre fatores da mesma dimensão, as dimensões do modelo de maturidade também devem ser comparadas para obtenção dos seus pesos. Nesse caso, cada dimensão é um critério e o elemento que elas estão ligadas é o sucesso na implementação do LSS.

Tabela 1 - Escala de Saaty, adaptada de Saaty (2008)

Valores numéricos	Definição
1	Levemente mais importante
3	Moderadamente mais importante
5	Muito mais importante
7	Muito fortemente mais importante
9	Extremamente mais importante
2,4,6,8	Valores intermediários

A diagonal principal da matriz compara um fator com ele mesmo, por isso é preenchida como 1. O preenchimento das demais posições da matriz é realizado de modo espelhado de modo que se o julgamento do fator 1 em relação ao fator 2 for a o julgamento do fator 2 em relação ao fator 1 não precisa ser julgado novamente e é inferido de forma equivalente a $1/a$, conforme ilustrado em Saaty (2004).

$$M_{ij} = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & a_{n_{ij}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{n_{ii}} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Segundo Saaty (2003), o autovetor principal é uma representação necessária das prioridades derivadas de uma matriz M_{ij} , pois, ao fornecer julgamentos numéricos, o respondente procura estimar sequencialmente uma escala de razão subjacente e sua matriz consistente de razões equivalentes. Assim, o vetor w_{ij} dado por $M_{ij} \cdot w_{ij} = \lambda \cdot w_{ij}$, representa o vetor de prioridades ou os pesos de cada critério.

$$M_{ij} \cdot w_{ij} = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & a_{n_{ij}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{n_{ii}} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_{ij1} \\ \vdots \\ w_{ijn} \end{bmatrix} = \lambda \cdot \begin{bmatrix} w_{ij1} \\ \vdots \\ w_{ijn} \end{bmatrix}$$

Segundo Saaty (2004), é possível fazer até menos de 10 julgamentos, contanto que o resultado seja compensado por um número mínimo de julgamentos inconsistentes. O método AHP permite que as matrizes de comparações não sejam perfeitamente consistentes. Por isso, Saaty desenvolveu um Índice de Consistência (IC) para validar os julgamentos realizados. O IC é proporcional à diferença entre o autovalor máximo (λ_{max}) da matriz M_{ij} e do valor que teoricamente ele teria caso a matriz fosse consistente. Conforme indicado por Saaty, foram considerados válidas as respostas cujo IC é maior que 10%.

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n_i}{n_i - 1}$$

As atribuições individuais válidas serão utilizadas como parâmetros para definição de pesos generalizados para cada fator e cada dimensão seguindo a metodologia da subseção 3.2.3. Dessa forma, é esperado que cada respondente dê origem a uma matriz para cada dimensão, mensurando assim os pesos de cada fator em relação a dimensão; e uma matriz que julgue as dimensões em relação ao problema principal, ou seja, a importância relativa de cada dimensão em relação ao sucesso da implementação do LSS. Para auxiliar nos processos estatísticos, todos os cálculos são realizados pela linguagem R, por meio do pacote “*ahpsurvey*”.

3.2.3 Agregação dos julgamentos

Segundo Forman e Peniwati (1998), o método AHP pode ser utilizado na decisão em grupo para obter os pesos de uma forma generalizada. Segundo os autores, forma com que as informações são analisadas e agrupadas depende do comportamento do grupo respondente. Se o grupo atua como uma unidade, de forma homogeneia, utiliza-se a abordagem Agregação Individual de Julgamentos (AIJ). Por outro lado, quando os grupos são compostos por indivíduos com diferentes percepções e pontos de vista (grupo heterogênic), utiliza-se a Agregação Individual de Prioridades (AIP).

Conforme apresentado na subseção 3.2.1, durante o grupo focal, os especialistas obtiveram clareza sobre a definição dos FCS e suas relevâncias para solução do problema dado. Contudo, ao responderem a pesquisa de comparação par-a-par (Apêndice II), cada decisor analisou o problema individualmente, de acordo com sua experiência. Vale ressaltar a aqui que grupo selecionado possui alta diversidade no que diz respeito ao tempo de atuação em *Lean Six Sigma* e o

setor de atuação – se dividindo entre colaboradores de empresas ETO e empresas de consultoria.

Por isso, a abordagem AIP é utilizada neste trabalho, visto que o grupo respondente é formado por profissionais que com interesses divergentes e responderam à pesquisa de acordo com suas percepções individuais. Nesse caso, para determinar a decisão a ser tomada pelo grupo deve-se considerar a análise de decisão de cada indivíduo separadamente. Para isso, deve-se realizar o método AHP completo (definido na subseção 3.2.2) para cada um dos indivíduos j , como se fossem um único decisor. Em seguida, as prioridades individuais encontradas podem ser sintetizadas por meio da média geométrica ou média aritmética. Forman e Peniwati (1998) argumentam que ambas as médias são válidas estatisticamente para o processo de agregação AIP. Por isso, neste trabalho a média geométrica foi escolhida arbitrariamente. Nesta etapa, o pacote “*ahpsurvey*” em R também auxiliou a utilização da abordagem AIP.

3.3 Pesquisa-Ação

Como não foram encontrados trabalhos que utilizam FCS como parâmetros para avaliação da maturidade LSS em organizações ETO, uma pesquisa exploratória pode ajudar a validar o MM desenvolvido e elaborar um *framework* capaz de guiar o processo. A literatura de gestão da qualidade oferece pouco direcionamento sobre a medição e monitoramento de fatores críticos subjacentes as abordagens de gestão estratégica da qualidade, como o LSS (PRYBUTOK e RAMASESH, 2005). Entende-se que é difícil conduzir experimentos ou observar diretamente o comportamento de FCS ao longo de um processo de implementação. Por isso, uma pesquisa em situações reais pode ser essencial para impulsionar a melhoria de desempenho das organizações que operam esse tipo de produção.

Diversos autores propõem a metodologia de Pesquisa-Ação para superar as limitações de observação. (PRYBUTOK e RAMASESH, 2005; COUGHLAN e COUGHLAN, 2002). Bishop e Reeves (2022), em sua recente pesquisa sobre os FCS para a implementação da abordagem enxuta em PME, ressaltam que existem poucos estudos de pesquisa na literatura que fornecem os *insights* práticos, como os alcançados pela Pesquisa-Ação.

O método de Pesquisa-Ação caracteriza-se principalmente por investigar mais do que ações, sendo participativa (ocorrendo simultaneamente com a ação) e desencadeando uma sequência de eventos e abordagens utilizadas para resolver problemas (COUGHLAN e COGHLAN, 2002). Os autores ainda destacam que esse tipo de pesquisa é apropriado para a compreensão do processo de mudança ou melhoria, como é o caso. Por essa razão, entre as abordagens de pesquisa encontradas na literatura, a pesquisa de ação parece fornecer a maneira mais adequada para organizar e dirigir a investigação.

Para isso, o autor deste trabalho atuou diretamente junto a equipe de implementação de LSS na empresa colaboradora, durante seis meses de Pesquisa-Ação. Este projeto de pesquisa conta com a aprovação e o apoio da alta direção da organização. No entanto, é claro que essa colaboração não se trata de um contrato de prestação de serviço, como acontecem com as consultorias, mas de uma pesquisa científica de ganho mútuo.

Conforme discutido na seção 2.1, em algumas situações o ciclo PDCA – amplamente reconhecido e aplicado em processos de melhoria contínua – precisa ser adequado ao processo para alcançar a melhor solução do problema. Nesta pesquisa, como não havia nenhuma medição do nível de maturidade LSS atual da companhia, a versão adaptada por CAPDo (Ani et al., 2019) foi utilizado.

O CAPDo consiste em quatro etapas, iniciando pela etapa *Check*. Nesta etapa, a avaliação de maturidade deve ser aplicada na organização através da ferramenta desenvolvida na seção 5.2. A partir do resultado dessa avaliação, inicia-se a etapa *Analyze*, onde é possível analisar a performance de cada família de fatores, permitindo assim identificação de forças e fraquezas da companhia. Em seguida, a terceira etapa é a *Plan*, onde objetivos da empresa e os objetivos deste projeto devem convergir para obter sinergia e elaborar planos de ação para alcançar os resultados esperados. Por fim, a última etapa (*Do*) começa com a aplicação das ações para avançar na maturidade enxuta. Nessa etapa os fatores das dimensões mais “fracas” devem ser tratados como temas para projetos de melhoria da organização. Ao fim do ciclo, inicia-se novamente a etapa *Check*, na qual devem ser verificados os ganhos de maturidade resultados do ciclo anterior.

3.3.1

A implementação do LSS na organização colaboradora

A validação e ajustes no Modelo de Implementação de LSS em sistemas ETO, este estudo desenvolveu uma Pesquisa-Ação junto à uma empresa

brasileira do setor midiático. O sistema produtivo desse tipo de organização possui demandas artísticas específicas, que resulta em produções cenográficas e de figurino caracterizadas pelo ETO. Desse modo, as fábricas de cenário e de figurino possuem etapas bem definidas, mas sempre produzem um produto específico e único para um cliente pré-determinado. Essa alta especificidade resulta na dificuldade de medição de processos.

A organização teve o primeiro contato com a abordagem LSS em 2018, por meio da aplicação de ferramentas simples de resoluções de problemas. Para isso, um programa de qualidade foi criado com a finalidade de realizar os treinamentos nas ferramentas lean, fazer a governança das ações de melhoria e direcionar o processo implementação LSS. Diversos resultados impulsionaram o programa ao passar dos anos, como o aumento da produtividade, identificação de valor para o cliente, incentivo a liderança dos colaboradores treinados e redução de desperdícios. Visando os projetos *belts* para redução de custos, a organização investiu em aplicações e processos para coleta de dados, possibilitando a realização dos primeiros projetos em 2021. Embora a empresa possuísse um plano de implementação LSS a longo prazo, ele não estava atrelado a algum MM tampouco a alguma métrica de nível da maturidade. Sem essa medição, conseqüentemente, não havia clareza quanto o nível de maturidade atual e sobre suas principais forças e fraquezas no processo.

Segundo a tipologia proposta por Hicks et al. (2001), a organização colaboradora se encaixa no tipo Tipo II, sendo uma empresa com competências essenciais em design, montagem e gerenciamento de projetos. Essas empresas, terceirizam da fabricação de componentes, mas os processos de montagem de alto valor agregado são mantidos internamente. Segundo os autores, a vantagem competitiva desse tipo de organização está baseada na integração de sistemas e da coordenação ampla de processos internos e externos. Além disso, os riscos de utilização da capacidade e recuperação de despesas gerais são menores do que as organizações do Tipo I. Esse aumento na terceirização, exige mais compartilhamento de conhecimento com os fornecedores.

4 Resultados das Revisões de Escopo

Este capítulo apresenta os resultados das Revisões de Escopo, analisando seu estado da arte e o comportamento dos dados obtidos. A síntese dos principais FCS em LSS foi estruturada por Simões & Scavarda (2021) e publicada no ENEGEP 2021 – seção 4.1; e a síntese dos principais MMs em abordagens enxutas foram levantados em Simões *et al.* (2022) e publicada no IJCIEOM 2022 – seção 4.2. Em ambos os casos, são apresentados os perfis dos artigos encontrados, e em seguida, uma análise dos resultados, apontando inovações e lacunas encontradas.

4.1 A utilização dos FCS na implementação de LSS

Embora os fatores críticos apareçam na literatura como aspectos que resultam no sucesso ou insucesso da implementação do LSS, esta pesquisa considera ambos os casos como apenas FCS. Por exemplo, os fatores “Engajamento da Alta Gerência” e “Falta de engajamento da alta gerência” foram entendidos e contabilizados como um único fator.

4.1.1 Perfil dos artigos selecionados

Entre os 86 artigos selecionados ao final da metodologia aplicada (Armstrong *et al.*, 2011), somente 24 foram publicados no período entre 2010 e 2017, reforçando a atualidade do tema. Conforme ilustrado na Figura 4 (Simões e Scavarda, 2021), a partir de 2018, há uma considerável alta no número de publicações, sugerindo uma tendência de crescimento da utilização dos FCS como objeto de análise em LSS pela academia. Isso possivelmente é efeito dos estudos do início da década ou até mesmo anteriores a esse período – que identificaram os FCS, criando um ambiente favorável para análise dos mesmos ou até a sua utilização na criação de modelos de implementação.

Segundo a literatura, as distinções dos FCS em LSS podem ocorrer devido ao tamanho da empresa em questão ou pelo local (país) de implantação. A Figura

5 (Simões e Scavarda, 2021) revela que 24,7% dos artigos não direciona sua pesquisa em um setor específico do mercado. Os estudos em setores manufatureiros ainda são a maioria, com 45,5%. A medida que o LSS vem ampliando sua aplicação para o setor de serviços, novos estudos nesse sentido apresentam uma tendência positiva, com ênfase especial para o setor da saúde, que representa 9,1% dos estudos.

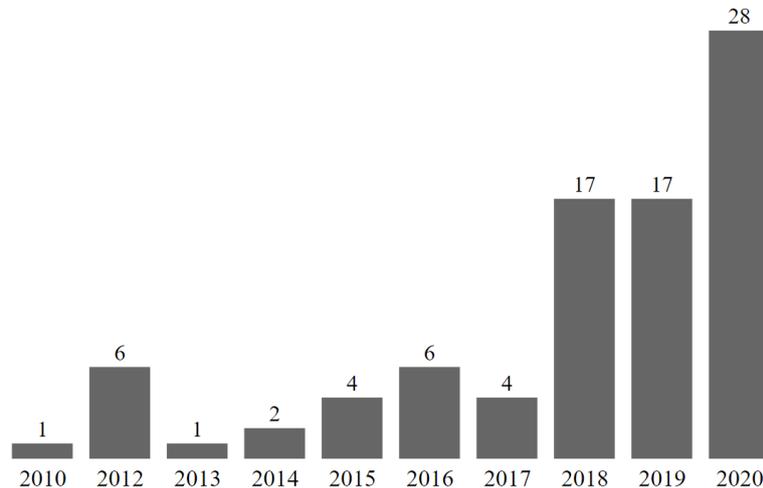


Figura 4 - Evolução das publicações nos últimos 10 anos

Entre os 86 artigos selecionados, grande parte (58,1%) não direciona a pesquisa para um país ou região específica, adotando um escopo generalista – ver Figura 6 (Simões e Scavarda, 2021). Alguns trabalhos aglomeram grupo de países, como o de Mustapha *et al.* (2019) que pesquisaram os FCS em países em desenvolvimento e o de Papic *et al.* (2017) que focaram na América do Norte e na Europa. A Índia merece destaque, como o país com mais estudos sobre os FCS em LSS, seguido da Malásia e Brasil. Devido a granularidade dos países observados, a Figura 6 concentra alguns países em continentes e destaca a participação do Brasil em relação aos demais países em desenvolvimento. Segundo Walter e Paladini (2019), o Brasil tem grande interesse em pesquisar os FCS com o objetivo de minimizar a falha na implementação do LSS.

Os principais meios de publicação para as pesquisas sobre FCS em LSS são os periódicos *Lean Six Sigma Internacional*, *International Journal of Quality & Reliability* e *TQM Journal*, que juntos abrangem cerca de 40% das publicações no tema. O restante das publicações se concentram em 31 diferentes periódicos de diversas áreas (em particular de gerência de operações), o que se explica pela natureza diversa dos assuntos relacionados ao LSS (SALAH *et al.* 2010). Em 2020, 10 novos periódicos entraram pela primeira vez nessa lista, revelando novos

interesses sobre esse assunto e novamente confirmando sua aplicabilidade diversa (WALTER e PALADINI, 2019).

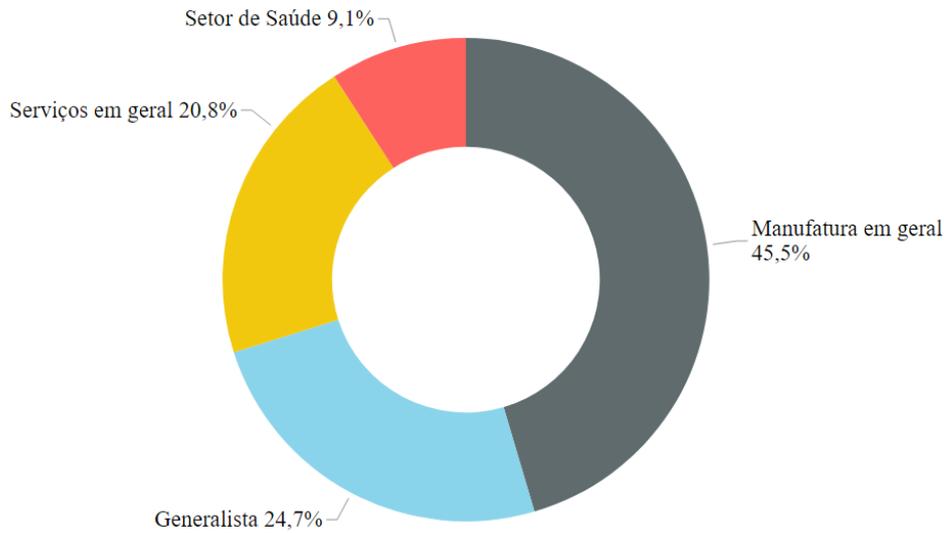


Figura 5 - Setor onde foi realizada a implementação do LSS

Essa revisão (Simões e Scavarda, 2021) permitiu identificar algumas convergências dos artigos analisados, quanto ao seus objetivos e fluxos metodológicos empregados. Basicamente, os artigos selecionados possuem 3 principais objetivos: i. listar os FCS mais frequentes na literatura; ii. identificar as relações entre os FCS; e iii. desenvolver um *framework* para guiar as implementações de LSS. Vale ressaltar ainda, que não foi encontrada nenhuma pesquisa que identificou ou empregou os FCS exclusivamente para a implementação da abordagem 6 σ , mas sim, para a abordagem híbrida *Lean Six Sigma* ou outras vertentes do *Lean Manufacturing*.

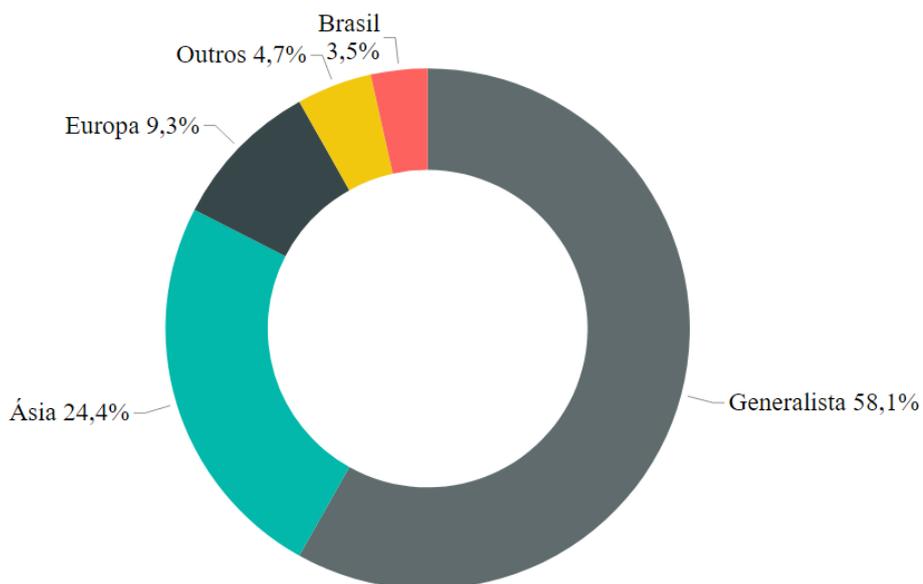


Figura 6 - Local do estudo

As demais revisões de literatura encontradas sobre o tema possuem focos distintos. Stankalla *et al.* (2018) demonstra que há diferenças entre as implementações do LSS em pequenas, médias e grandes empresas através da comparação dos seus FCS. Já a revisão de Sreedharan *et al.* (2018a) emprega os FCS para compreender as diferenças entre as implementações de vários programas de melhoria contínua. Por fim, o estudo de Walter e Paladini (2019) se destaca por pesquisar o LSS especificamente no contexto brasileiro, obtendo entre seus diversos resultados, os FCS mais frequentes no país.

4.1.2. Fatores Críticos de Sucesso para implementação de LSS

A Tabela 2 (Simões e Scavarda, 2021) apresenta os 22 FCS encontrados em processos manufatureiros e os ordena pela frequência na qual aparecem literatura entre 2010 e 2020. Foram excluídos da análise 54 fatores cujo o percentual acumulado da frequência em que aparecem na literatura é menor que 20%.

Observa-se que há uma concordância geral entre a maior parte dos estudiosos sobre a relevância absoluta do fator “Engajamento da alta gerência”. Além de se destacar pela frequência que aparece na literatura, alguns estudos revelam que esse fator possui maior influência sobre os demais (YADAV *et al.*, 2018a; STANKALLA *et al.*, 2018; SWARNAKAR *et al.*, 2020; WALTER e PALADINI, 2019). Dessa mesma forma, nessa revisão, esse foi o fator mais frequente, seguido pelos “Processo de formação/ treinamento em LSS” e “Cultura de mudança organizacional”.

Para definir *rankings* de relevância, estabelecer algum tipo de hierarquia ou agrupamento entre os FCS, os autores utilizaram desde questionários cuja confiabilidade fora aferida pelo *Alfa* de Cronbach (ANTONY *et al.*, 2019), até modelos multicritérios mais estruturados como o *Interpretive Structural Modeling (ISM)*, o *Structural Equation Modeling (SEM)*, a *Fuzzy Matrice d’Impacts Croisés Multiplication Appliqués à un Classement* (Fuzzy MICMAC), o *Best Worst Method (BWM)*, o algoritmo *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)*, o *Integrated Educational Quality Management System (IEQMS)* e o *Analytic Hierarchy Process (AHP)* (MOYA *et al.*, 2019; SWARNAKAR *et al.*, 2020; ALI *et al.*, 2020; SINGH e RATHI, 2020).

Tabela 2 - Fatores Críticos de Sucesso

FCS	DESCRIÇÃO	REFRÊNCIAS
1. Engajamento da alta gerência	A alta gerência deve atuar como principal impulsionador principal na implementação do LSS, comunicar aos funcionários sobre as metas organizacionais, se envolver, liderar e se comprometer a conduzir à cultura LSS.	DOUGLAS <i>et al.</i> (2015); NAROTTAM <i>et al.</i> (2020); SWARNAKAR <i>et al.</i> (2020); DE LA VEGA <i>et al.</i> (2020); SONY <i>et al.</i> (2020); ALI <i>et al.</i> (2020); LAUREANI e ANTONY (2018a); ABU <i>et al.</i> (2015); ALBLIWI <i>et al.</i> (2014); RAY <i>et al.</i> (2012); HILTON e SOHAL (2012); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); JEYARAMAN e TEO (2010); PAPIC <i>et al.</i> (2017); PATEL <i>et al.</i> (2019); YADAV <i>et al.</i> (2018a); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); YADAV e DESAI (2017b); ALHURAISH <i>et al.</i> (2017); YADAV e DESAI (2017a); YADAV e DESAI (2016); ANTONY <i>et al.</i> (2019); MUSTAPHA <i>et al.</i> (2019); WALTER e PALADINI (2019); STANKALLA <i>et al.</i> (2018); LAUREANI e ANTONY (2018b); YADAV <i>et al.</i> (2018b); RAVAL <i>et al.</i> (2018b); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018b); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018a)
2. Processo de formação/treinamento em LSS	Um programa de treinamento deve ser bem estruturado para promover conhecimentos relacionados à qualidade e habilidades de resolução de problemas a todos os funcionários. Esses skills irão desenvolver um programa de LSS de sucesso.	DOUGLAS <i>et al.</i> (2015); NAROTTAM <i>et al.</i> (2020); SWARNAKAR <i>et al.</i> (2020); DE LA VEGA <i>et al.</i> (2020); SONY <i>et al.</i> (2020); ALI <i>et al.</i> (2020); ABU <i>et al.</i> (2015); ALBLIWI <i>et al.</i> (2014); RAY <i>et al.</i> (2012); HILTON e SOHAL (2012); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); PATEL <i>et al.</i> (2019); YADAV <i>et al.</i> (2018a); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); YADAV e DESAI (2017b); ALHURAISH <i>et al.</i> (2017); YADAV e DESAI (2017a); YADAV e DESAI (2016); ANTONY <i>et al.</i> (2019); MUSTAPHA <i>et al.</i> (2019); WALTER e PALADINI (2019); STANKALLA <i>et al.</i> (2018); LAUREANI e ANTONY (2018b); YADAV <i>et al.</i> (2018b); RAVAL <i>et al.</i> (2018b); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018b); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018a)
3. Cultura de mudança organizacional	A Cultura Organizacional da empresa deve incentivar a Mudança, de modo a promover um ambiente de trabalho que não seja resistente, mas ao contrário, seja propenso a aderir a boas mudanças.	DOUGLAS <i>et al.</i> (2015); SWARNAKAR <i>et al.</i> (2020); SONY <i>et al.</i> (2020); ALI <i>et al.</i> (2020); RAY <i>et al.</i> (2012); HILTON e SOHAL (2012); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); PATEL <i>et al.</i> (2019); YADAV <i>et al.</i> (2018a); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); YADAV e DESAI (2017b); ALHURAISH <i>et al.</i> (2017); YADAV e DESAI (2017a); YADAV e DESAI (2016); ANTONY <i>et al.</i> (2019); MUSTAPHA <i>et al.</i> (2019); WALTER e PALADINI (2019); STANKALLA <i>et al.</i> (2018); LAUREANI e ANTONY (2018b); YADAV <i>et al.</i> (2018b); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018a)
4. Alinhamento da implementação com a estratégia do negócio	Assim como outros programas de melhoria contínua, o LSS não performa todo o seu valor se não for utilizado como filosofia suporte ao planejamento estratégico da companhia.	DOUGLAS <i>et al.</i> (2015); NAROTTAM <i>et al.</i> (2020); SWARNAKAR <i>et al.</i> (2020); SONY <i>et al.</i> (2020); ABU <i>et al.</i> (2015); ALBLIWI <i>et al.</i> (2014); HILTON e SOHAL (2012); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); PATEL <i>et al.</i> (2019); YADAV <i>et al.</i> (2018a); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); YADAV e DESAI (2017b); ALHURAISH <i>et al.</i> (2017); YADAV e DESAI (2017a); YADAV e DESAI (2016); ANTONY <i>et al.</i> (2019); MUSTAPHA <i>et al.</i> (2019); WALTER e PALADINI (2019); STANKALLA <i>et al.</i> (2018); LAUREANI e ANTONY (2018b); YADAV <i>et al.</i> (2018b); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018a)

		(2016); WALTER e PALADINI (2019); STANKALLA <i>et al.</i> (2018); LAUREANI e ANTONY (2018b); YADAV <i>et al.</i> (2018b); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018a)
5. Estrutura de Comunicação	Uma boa comunicação e avisos regulares são importantes para atualizar o status do LSS para a equipe e colaborar para a atingir os objetivos da implementação.	ALI <i>et al.</i> (2020); JEYARAMAN e TEO (2010); YADAV e DESAI (2017a); YADAV <i>et al.</i> (2018a); SWARNAKAR <i>et al.</i> (2020); SONY <i>et al.</i> (2020); HILTON e SOHAL (2012); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); PATEL <i>et al.</i> (2019); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); YADAV <i>et al.</i> (2018b); ALHURAISH <i>et al.</i> (2017); YADAV e DESAI (2016); ANTONY <i>et al.</i> (2019); MUSTAPHA <i>et al.</i> (2019); STANKALLA <i>et al.</i> (2018); LAUREANI e ANTONY (2018b); RAVAL <i>et al.</i> (2018b); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018b); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018a)
6. Seleção e priorização de projetos	O processo de seleção e priorização de projetos LSS deve acelerar os ganhos do programa e deve considerar as metas estratégicas da empresa como principais indicadores de melhoria.	DOUGLAS <i>et al.</i> (2015); NAROTTAM <i>et al.</i> (2020); SWARNAKAR <i>et al.</i> (2020); SONY <i>et al.</i> (2020); ALBLIWI <i>et al.</i> (2014); RAY <i>et al.</i> (2012); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); JEYARAMAN e TEO (2010); PAPIC <i>et al.</i> (2017); PATEL <i>et al.</i> (2019); YADAV <i>et al.</i> (2018b); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); YADAV e DESAI (2017a); YADAV e DESAI (2016); MUSTAPHA <i>et al.</i> (2019); STANKALLA <i>et al.</i> (2018); LAUREANI e ANTONY (2018b); RAVAL <i>et al.</i> (2018b); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018a)
7. Gestão de projetos Lean Six Sigma	Um projeto LSS deve entregar todo o resultado proposto no tempo definido no Project Charter. Para isso, o líder <i>belt</i> deve ter uma boa Gestão de Projetos.	DOUGLAS <i>et al.</i> (2015); LAUREANI e ANTONY (2018a); ABU <i>et al.</i> (2015); RAY <i>et al.</i> (2012); HILTON e SOHAL (2012); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); YADAV <i>et al.</i> (2018b); YADAV e DESAI (2017a); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018a); PATEL <i>et al.</i> (2019); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); ALHURAISH <i>et al.</i> (2017); YADAV e DESAI (2016); ANTONY <i>et al.</i> (2019); STANKALLA <i>et al.</i> (2018); LAUREANI e ANTONY (2018b); RAVAL <i>et al.</i> (2018b); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018)
8. Sustentação Financeira	A implementação do LSS requer algum investimento financeiro para suprir todas as necessidades do programa (softwares, programa de treinamento, governança, recursos humanos, etc.).	NAROTTAM <i>et al.</i> (2020); SWARNAKAR <i>et al.</i> (2020); SONY <i>et al.</i> (2020); ALI <i>et al.</i> (2020); LAUREANI e ANTONY (2018a); ALBLIWI <i>et al.</i> (2014); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); JEYARAMAN e TEO (2010); PATEL <i>et al.</i> (2019); YADAV <i>et al.</i> (2018b); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); YADAV e DESAI (2017b); YADAV e DESAI (2017a); YADAV e DESAI (2016); LAUREANI e ANTONY (2018b)
9. Habilidades e expertises dos belts	Para cada nível <i>belt</i> , existe qualificações mínimas. Por isso, é importante que todos os níveis serão experientes e possuam o conhecimento exigido para seu nível, caso contrário o sucesso do LSS pode ser comprometido.	NAROTTAM <i>et al.</i> (2020); ALI <i>et al.</i> (2020); ABU <i>et al.</i> (2015); ALBLIWI <i>et al.</i> (2014); RAY <i>et al.</i> (2012); JEYARAMAN e TEO (2010); PATEL <i>et al.</i> (2019); YADAV <i>et al.</i> (2018b); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); ALHURAISH <i>et al.</i> (2017); YADAV e DESAI (2016); ANTONY <i>et al.</i> (2019); LAUREANI e ANTONY (2018b); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018)
10. Contribuição dos funcionários no	A motivação dos colaboradores é essencial para que o processo de	DOUGLAS <i>et al.</i> (2015); SWARNAKAR <i>et al.</i> (2020); ALI <i>et al.</i> (2020); YADAV <i>et al.</i> (2018b); PATEL <i>et al.</i> (2019); YADAV <i>et al.</i> (2018a); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); YADAV e

processo de implementação	implementação seja bem-sucedido.	DESAI (2016); MUSTAPHA <i>et al.</i> (2019); WALTER e PALADINI (2019); YADAV e DESAI (2017a); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018b); YADAV e DESAI (2017b)
11. Mentoria e revisão de projetos LSS	Os Projetos LSS devem ser monitorados e revisados por um instrutor, de modo a realizar uma mentoria, monitorar o status e medir seus ganhos.	NAROTTAM <i>et al.</i> (2020); SONY <i>et al.</i> (2020); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); JEYARAMAN e TEO (2010); PATEL <i>et al.</i> (2019); YADAV e DESAI (2017b); YADAV e DESAI (2017a); YADAV e DESAI (2016); ANTONY <i>et al.</i> (2019); MUSTAPHA <i>et al.</i> (2019); LAUREANI e ANTONY (2018b); YADAV <i>et al.</i> (2018a); RAVAL <i>et al.</i> (2018b)
12. Infraestrutura organizacional	A empresa deve oferecer uma infraestrutura mínima para a implementação do LSS, como computadores, internet, salas de treinamento.	DOUGLAS <i>et al.</i> (2015); ALI <i>et al.</i> (2020); ABU <i>et al.</i> (2015); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); YADAV e DESAI (2017a); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018a); PATEL <i>et al.</i> (2019); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); YADAV e DESAI (2016); STANKALLA <i>et al.</i> (2018); YADAV <i>et al.</i> (2018a); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018b)
13. Boa utilização das Ferramentas e metodologias LSS	Embora o LSS siga uma metodologia específica de resolução de problemas, o DMAIC, a escolha das ferramentas em cada etapa é definida pelo líder do projeto e, por isso, está sujeito a erros.	DOUGLAS <i>et al.</i> (2015); NAROTTAM <i>et al.</i> (2020); SWARNAKAR <i>et al.</i> (2020); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); PATEL <i>et al.</i> (2019); YADAV <i>et al.</i> (2018b); ALHURAISH <i>et al.</i> (2017); YADAV e DESAI (2016); STANKALLA <i>et al.</i> (2018); LAUREANI e ANTONY (2018b); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018b); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018a)
14. Gestão da qualidade orientada por dados	Visto que o LSS conta com poderosas análises estatísticas, algumas podem depender de um confiável sistema de medição em vigor	HABIDIN e YUSOF (2013); HILTON e SOHAL (2012); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); YADAV e DESAI (2017b); PATEL <i>et al.</i> (2019); YADAV <i>et al.</i> (2018a); YADAV e DESAI (2016); MUSTAPHA <i>et al.</i> (2019); LAUREANI e ANTONY (2018b); YADAV <i>et al.</i> (2018b); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018a)
15. Sistema de recompensa	O sistema de recompensa promove o sentimento de recompensa essencial para o envolvimento dos funcionários, que por sua vez, ficam mais motivados e colaboram mais com o LSS.	SONY <i>et al.</i> (2020); RAY <i>et al.</i> (2012); JEYARAMAN e TEO (2010); PATEL <i>et al.</i> (2019); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); YADAV e DESAI (2017b); ALHURAISH <i>et al.</i> (2017); YADAV e DESAI (2017a); ANTONY <i>et al.</i> (2019); MUSTAPHA <i>et al.</i> (2019); LAUREANI e ANTONY (2018b); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018)
16. Liderança em LSS	O LSS requer uma liderança adaptada ao modelo de gestão que procurar sempre gerar cada vez mais valor ao cliente, buscando excelência na produção e redução de custos através da filosofia enxuta.	NAROTTAM <i>et al.</i> (2020); DE LA VEGA <i>et al.</i> (2020); HABIDIN e YUSOF (2013); HILTON e SOHAL (2012); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); YADAV e DESAI (2016); LAUREANI e ANTONY (2018b); YADAV <i>et al.</i> (2018b); STANKALLA <i>et al.</i> (2018); RAVAL <i>et al.</i> (2018b); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018)
17. Relação entre a empresa e seus fornecedores	Uma boa relação com os fornecedores é essencial fortalecer a cadeia de suprimentos de modo a	DOUGLAS <i>et al.</i> (2015); SWARNAKAR <i>et al.</i> (2020); DE LA VEGA <i>et al.</i> (2020); HABIDIN e YUSOF (2013); PATEL <i>et al.</i> (2019); YADAV <i>et al.</i> (2018b); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); YADAV e DESAI (2017b); YADAV e DESAI (2016); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018b)

	possibilitar a empresa ser mais enxuta e responsiva.	
18. Relação entre o LSS e os consumidores	Entregar o máximo de valor aos clientes requer conhecê-los bem e entender os seus desejos. Para tanto, estreitar essa relação é essencial.	DOUGLAS <i>et al.</i> (2015); HABIDIN e YUSOF (2013); DE LA VEGA <i>et al.</i> (2020); SONY <i>et al.</i> (2020); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); PATEL <i>et al.</i> (2019); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); ALHURAISH <i>et al.</i> (2017); YADAV e DESAI (2017b); YADAV e DESAI (2016); STANKALLA <i>et al.</i> (2018); LAUREANI e ANTONY (2018b); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018b)
19. Seleção estratégica dos belts	A seleção dos colaboradores que possuem perfis específicos para se tornarem <i>belts</i> é essencial em todos os níveis. Além disso, pode ser mais relevante ter um <i>belt</i> em cada área da empresa do que ter muitos em uma só área. Por isso sua distribuição deve ser estratégica para promover equipes multifuncionais.	LAUREANI e ANTONY (2018a); HILTON e SOHAL (2012); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); PAPIC <i>et al.</i> (2017); PATEL <i>et al.</i> (2019); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); YADAV e DESAI (2017b); YADAV e DESAI (2017a); YADAV e DESAI (2016); LAUREANI e ANTONY (2018b); YADAV <i>et al.</i> (2018a)
20. Relação dos Recursos Humanos com o LSS	A área de recursos humanos tem um importante papel na implementação e sustentação do programa LSS. Ela deve gerir a capacidade de pessoas treinadas em todos os níveis <i>belts</i> da empresa, atuando em contratações e gerindo o programa de treinamento dos <i>belts</i> .	ALBLIWI <i>et al.</i> (2014); SETIJONO <i>et al.</i> (2012); PATEL <i>et al.</i> (2019); YADAV <i>et al.</i> (2018a); ALHURAISH <i>et al.</i> (2017); YADAV e DESAI (2016); STANKALLA <i>et al.</i> (2018); YADAV <i>et al.</i> (2018b); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018a); YADAV e DESAI (2017a)
21. Contribuição dos fornecedores no processo de implementação	Uma cadeia de suprimentos enxuta só é possível com fornecedores bem alinhados, e responsáveis às demandas.	SETIJONO <i>et al.</i> (2012); PATEL <i>et al.</i> (2019); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); ALHURAISH <i>et al.</i> (2017); YADAV e DESAI (2017b); YADAV e DESAI (2016); STANKALLA <i>et al.</i> (2018); LAUREANI e ANTONY (2018b)
22. Modelo de implementação utilizado	Um modelo bem estruturado pode guiar estrategicamente a implementação por um caminho de maior sucesso.	SWARNAKAR <i>et al.</i> (2020); SREEDHARAN <i>et al.</i> (2018a); YADAV <i>et al.</i> (2018a); RAVAL <i>et al.</i> (2018a); YADAV e DESAI (2017b); YADAV e DESAI (2017a); YADAV <i>et al.</i> (2018b); MURALIRAJ <i>et al.</i> (2018)

Em diversas pesquisas, que se propuseram em desenvolver um modelo de implementação, foi identificado a seguinte metodologia recorrente: os estudos começam com a busca dos FCS na literatura, depois analisam suas inter-relações ou hierarquias – geralmente utilizando pesos levantados por especialistas no assunto – e utilizam essas relações para criação de um modelo de implementação por meio de diferentes combinações entre as análises multicritérios citadas acima

(ANTONY *et al.* 2019; ALI *et al.*, 2020; MOYA *et al.* 2019, SWARNAKAR *et al.* 2020).

4.2 Modelos de maturidade enxuta

Essa seção tem o objetivo de explorar a relevância de MMs no processo de implementação do LSS. A seguir, é apresentado uma síntese dos modelos existentes e como foram desenvolvidos para auxiliar esse processo.

4.2.1 Perfil dos artigos selecionados

Entre os artigos selecionados, o primeiro a sugerir diferentes níveis de desenvolvimento das habilidades de melhoria contínua foi o de Bessant *et al.* (2001). No entanto, nesta pesquisa considera-se sua versão adaptada à produção enxuta (Stålberg e Fundin, 2018). Analisando, especificamente, os MM utilizados na implementação de abordagens enxutas, o primeiro modelo foi desenvolvido e aplicado em Lemieux, *et al.* (2013) e Lemieux, *et al.* (2015) – uma Grade de Maturidade adaptável a organizações da indústria de produtos de luxo. Após essas publicações pontuais, em 2016, surgiram três novos estudos sobre o tema. Já entre 2018 e 2021, todos os anos tiveram pelo menos duas publicações. Embora, o número de publicações tenha subido para quatro em 2020, isso ainda não é suficiente para afirmar algo sobre a evolução temporal das publicações sobre o tema.

Os principais meios de publicação para pesquisas sobre o tema são os periódicos *Lean Six Sigma Internacional*, *Total Quality Management & Business Excellence* e *Technical Journal*, os quais correspondem a 37,50% dos estudos analisados. As demais publicações ocorreram em 10 diferentes periódicos em áreas diversas (em particular de gerência de operações), o que se justifica pela natureza diversa dos assuntos relacionados às abordagens enxutas (SALAH *et al.* 2010).

A Tabela 3 e 4 (Simões *et al.*, 2022) ilustra as respostas para Q3 e Q4, respectivamente. A pesquisa revela que 25% dos estudos não levaram em consideração o setor no qual a abordagem enxuta estava sendo implementada, respondendo a Q3 de pesquisa.

Tabela 3 - Aplicabilidade dos MME por setor

Autores	Setor
Nesensohn <i>et al.</i> (2016)	Construção
Omotayo <i>et al.</i> (2019)	Construção
Rodegheri e Serra (2020)	Construção
Reis <i>et al.</i> (2018)	Indústria do Café
Zanon <i>et al.</i> (2020)	Indústria Química
Anthony e Antony (2020)	Instituições Acadêmicas
Bento e Tontini (2018)	Manufatura em geral
Bento e Tontini (2019)	Manufatura em geral
Moya <i>et al.</i> (2019)	Manufatura em geral
Stålberg e Fundin (2018)	Manufatura em geral
Lemieux <i>et al.</i> (2013)	Setor de Luxo
Lemieux <i>et al.</i> (2015)	Setor de Luxo
Maasouman e Demirli (2016)	Generalizado
Maier <i>et al.</i> (2020)	Generalizado
Maier <i>et al.</i> (2021)	Generalizado
Verrier <i>et al.</i> (2016)	Generalizado

Os setores de Manufaturas (em geral) e Construção se destacam, abrangendo 25% e 18,75% dos casos, respectivamente. Já sobre a Q4, esta revisão indica que os MM estão sendo estruturados como guia de implementação de abordagens enxutas em diversos lugares do mundo. No entanto, há uma grande divergência entre os países que desenvolveram, ou aplicaram, esses artefatos com esse propósito. A pesquisa revela que, uma grande parcela dos artigos analisados (43,75%) sequer menciona o país ou a localidade na qual o modelo foi aplicado e validado.

Tabela 4 - Aplicabilidade dos MME por localização

Autores	Local
Maier <i>et al.</i> (2020)	Áustria
Maier <i>et al.</i> (2021)	Áustria
Bento e Tontini (2018)	Brasil
Bento e Tontini (2019)	Brasil
Rodegheri e Serra (2020)	Brasil
Moya <i>et al.</i> (2019)	Chile e França
Reis <i>et al.</i> (2018)	Colômbia
Omotayo <i>et al.</i> (2019)	Nigéria
Anthony e Antony (2020)	Reino Unido
Lemieux <i>et al.</i> (2013)	Generalizado
Lemieux <i>et al.</i> (2015)	Generalizado
Nesensohn <i>et al.</i> (2016)	Generalizado
Maasouman e Demirli (2016)	Generalizado
Verrier <i>et al.</i> (2016)	Generalizado
Stålberg e Fundin (2018)	Generalizado
Zanon <i>et al.</i> (2020)	Generalizado

Essa falta de especificidade no desenvolvimento desses modelos pode indicar possíveis lacunas. Pois, sem considerar o setor e o local de aplicação, entende-se que não são levados em consideração aspectos contextuais das organizações, tais como: cultura, tamanho, complexidade, parâmetros de planejamento, processos produtivos.

4.2.2

Os Modelos de Maturidade em implementações de práticas enxutas

Considerando a tipologia proposta por Fraser *et al.* (2002), metade dos MMs desenvolvidos ou aplicados nos artigos selecionados são do tipo híbrido, seguidos pelos modelos do tipo Grade de Maturidade (33,33%) e, por fim, pelos modelos de capacidade (CMM) com 12,50%. A Tabela 5 (Simões *et al.*, 2022) apresenta os 12 MME selecionados com uma breve descrição, suas referências.

No processo de desenvolvimento dos MME, os autores buscam caracterizar as melhores práticas e identificar os parâmetros de avaliação para uma implementação de sucesso. Nesses casos, a pesquisa de campo ganha espaço e aparece em muitos modelos com o propósito de buscar dados através da experiência e da vivência de especialistas no tema. Nessa busca por modelagens mais aderentes a realidade de cada sistema produtivo, a grande maioria dos autores apostaram em parâmetros como FCS, indicadores de performance ou Princípios Enxutos na composição do modelo. A comparação dos dois casos (Nesensohn *et al.*, 2016 e Moya *et al.*, 2019) a seguir ilustra, e justifica, a diversidade nos parâmetros utilizados no desenvolvimento desses artefatos.

O estudo de Nesensohn *et al.* (2016) combina a estrutura CMMI com princípios do *Lean Construction* para desenvolver o modelo *Lean Construction Maturity Model* (LCMM). Já o modelo de Moya *et al.* (2019) utiliza os FCS para avaliar o nível de prontidão de PME's para implementar o Lean Six Sigma. Posto isso, observa-se que o primeiro estudo tem o foco específico em empresas do setor de construção. Para tanto, as etapas do desenvolvimento do modelo – desde a pesquisa inicial sobre princípios enxutos até a participação de especialistas – foram realizadas considerando o setor de construção, especificamente. Já no segundo estudo, que abarca a abordagem *Lean Six Sigma*, os autores se limitam a processos produtivos manufatureiros em PME. Ou seja, todo MME deve ser desenvolvido com base em seu contexto: abordagem enxuta, o setor ou área de aplicação, o tamanho da empresa, etc.

Tabela 5 - Modelos de Maturidade Enxuta selecionados

Autores	Breve Descrição dos MME	Tipologia
BESSANT <i>et al.</i> , 2001; STÅLBERG e FUNDIN, 2018	MM para organizações aumentarem sua capacidade de implementar melhoria contínua. A estrutura se baseia no conceito de desenvolvimento de rotinas e na evolução de uma capacidade organizacional.	Grade de Maturidade
LEMIEUX, <i>et al.</i> (2013); LEMIEUX, <i>et al.</i> (2015)	MM desenvolvido para orientar organizações a identificar iniciativas de melhoria <i>leagile</i> adequadas com base em metas de desempenho. A estrutura proposta se trata de uma matriz causal baseada na maturidade.	Grade de Maturidade
VERRIER, <i>et al.</i> , 2016	Modelo baseado na estrutura CMMI visa promover a implementação <i>Lean</i> e <i>Green</i> de forma sinérgica. Contudo, a estrutura não traz métodos de avaliação da maturidade.	Grade de Maturidade
MAASOUMAN e DEMIRLI, 2016	Modelo desenvolvido através da relação de ferramentas e processos da abordagem <i>Lean Manufacturing</i> com medidas de desempenho das atividades necessárias ao nível das operações.	Híbrido
NESENHORN <i>et al.</i> , 2016; RODEGHERI e SERRA, 2020	MM desenvolvido para guiar a implementação do <i>Lean Construction</i> , fornecendo avaliação, suporte e orientação no processo de maturação. O modelo foi desenvolvido através de atributos-chave do <i>Lean</i> .	CMM
REIS, <i>et al.</i> , 2018	MM integrado dos sistemas <i>Lean</i> e <i>Green</i> por meio da formulação de uma estrutura conceitual. A estrutura mensura a maturidade através de métricas capazes de avaliar os aspectos-chave das práticas.	Híbrido
BENTO e TONTINI, 2018; BENTO e TONTINI, 2019	MM desenvolvido com base nos princípios de gestão da Toyota. A dimensionalidade e validade convergente da ferramenta são avaliadas por meio de análise fatorial confirmatória.	CMM
MOYA, <i>et al.</i> , 2019	Modelo avalia o nível de prontidão de PME para implementar o <i>Lean Six Sigma</i> através de um indicador calculado a partir de FCS. O indicador é inspirado no modelo AIDA.	Híbrido
OMOTAYO, <i>et al.</i> , 2019	Modelo desenvolvido para implementar práticas enxutas em PME de construção. A estrutura foi construída partir da identificação de variáveis essenciais e uma abordagem de pensamento sistêmico.	Híbrido
ANTHONY E ANTONY, 2020	MM que auxilia a implementação do <i>Lean Six Sigma</i> através de planos de ação em instituições acadêmicas. A estrutura foi desenvolvida através de revisão da literatura, questionários e estudos de caso.	Grade de Maturidade
ZANON, <i>et al.</i> , 2020	MM integrado das práticas <i>Lean</i> e do sistema de medição de desempenho (SMD) com o objetivo de alavancar esforços de melhoria. Os níveis de maturidade de ambas abordagens são levantados e combinados.	Híbrido
MAIER, <i>et al.</i> , 2020; MAIER, <i>et al.</i> , 2021	MM visa orientar as organizações na implementação da abordagem <i>Lean Smart Maintenance</i> . O modelo combina aspectos tradicionais das práticas enxutas com aspectos inovadores da indústria 4.0.	Híbrido

As Grades de Maturidade têm o objetivo de orientar os gerentes na identificação de melhorias e consolidar as melhores práticas. Sua aplicação em MME se destaca pela sua reprodução em trabalhos futuros. Como Lemieux, *et al.* (2015), que aplicaram a matriz de maturidade desenvolvida em Lemieux, *et al.*, (2013) com o objetivo de auxiliar a implementação da abordagem *Leanaglie*.

O modelo de Bessant *et al.* (2001) foi utilizado posteriormente por Stålborg e Fundin (2018) para analisar como a implementação da produção enxuta é afetada por condições externas. Embora os autores dos artigos analisados tenham realizado uma revisão da literatura sobre o tema, apenas metade dos MME utilizaram ou adaptaram modelos desenvolvidos anteriormente.

Apenas dois artigos apresentaram modelos cuja classificação foi CMM. Coincidentemente, ambos tratam do mesmo modelo, o LCMM (NESENSOHN *et al.*, 2016; RODEGHERI e SERRA, 2020). De modo geral, o LCMM é uma combinação das definições do CMMI com princípios do *Lean Construction* e possui o objetivo principal de indicar o estado atual de maturidade. O diferencial desse modelo é que além de verificar a maturidade enxuta, ele apoia a empresa na escalada de maturidade enxuta, fornecendo uma ferramenta para alinhar e medir as melhorias contínuas. Por isso, o LCMM merece destaque como o único modelo que descreve os níveis de maturidade, avalia o estado atual de uma organização e, ainda, desenvolve e controla ações de melhoria que impulsionam a implementação da prática. Embora apenas dois modelos sejam considerados do tipo CMM, metade dos modelos analisados neste trabalho utilizam os níveis de maturidade do CMM na íntegra ou como inspiração, reforçando a relevância da estrutura como o MM mais tradicional.

Além de suportar o processo de implementação de abordagens enxutas, os MM surgiram como um artefato capaz de prover sinergia entre diferentes abordagens. É o caso do *Lean Smart Maintenance* (Schmiedbauer *et al.*, 2020), modelo que combina aspectos tradicionais das práticas enxutas com aspectos inovadores da indústria 4.0. Segundo Schumacher *et al.* (2020), existe uma necessidade latente de adaptar as práticas enxutas às transformações digitais. Dentre os modelos analisados, o de Zanon *et al.*, (2020) provavelmente é o que melhor exemplifica essa capacidade de integração. Nesse caso, a estrutura integrou o *Lean Manufacturing* com Sistemas de Medição de Desempenho (SMD), levantando os níveis de maturidade de ambas abordagens na literatura e, posteriormente, os correlacionando. Os resultados ilustram como o *Lean* e o PMS podem evoluir de forma sinérgica através esforços de melhoria contínua. Por fim,

outro exemplo de integração são os modelos que abordam conjuntamente os sistemas *Lean* e *Green* (REIS, *et al.*, 2018; VERRIER, *et al.*, 2016). Nesses casos, os estudos conseguiram formular uma estrutura conceitual capaz de prover sinergia entre os princípios das duas abordagens.

A maior parte dos MME selecionados foram validados a partir de estudos de casos. Em todos esses, os artefatos obtiveram resultados positivos e, de fato, contribuíram para implementações de sucesso. Ao analisar os MME, percebe-se que eles entregam: i. uma síntese de melhores práticas enxutas (separadas por dimensões, processos e níveis de maturidade); ii. uma ferramenta personalizada para a mensuração da maturidade enxuta; e iii. os planos de melhorias para alavancar o processo de maturação enxuta. Embora apenas os modelos CMM apoiem e suportam diretamente as melhorias de alavancagem enxuta, todos os modelos podem auxiliar indiretamente na maturação enxuta. Em diversos estudos de casos, apenas o acesso a matriz de maturidade ou ao resultado de avaliação do nível de maturidade foram suficientes para gerentes das organizações criarem, por conta própria, planos de melhoria para avançar na implementação com sucesso (ANTHONY, *et al.*, 2021; MOYA, *et al.*, 2019).

4.3 Principais resultados das revisões

A utilização dos FCS em LSS como objeto de análise vem se intensificando na literatura. Por meio das evidências levantadas pela Revisão de Escopo fica claro que se trata de um assunto que cresceu expressivamente nos últimos dois anos; possui estudos direcionados para países específicos, e está indo cada vez mais além do chão de fábrica, apresentando trabalhos em diversos setores, embora a maioria dos estudos ainda sejam aplicados a manufatura em geral.

A pesquisa revelou que diversos estudos buscam quantificar os FCS com o objetivo de construir *rankings* de priorização ou comparação. Para isso, a análise da frequência na qual os fatores aparecem na literatura e/ou através dos resultados de surveys aplicados a especialistas no assunto possibilita estimar pesos de relevância ou relação entres os FCS.

Além dos *rankings*, alguns autores também estão construindo mapas de hierarquia ou para agrupar os FCS em aspectos mais abrangentes. Para isso, são utilizadas análises multicritério, tais como: ISM, SEM Fuzzy MICMAC, TOPSIS, IEQMS e AHP. Essas, ou até mesmo uma combinação dessas, viabilizam o desenvolvimento de *frameworks* que auxiliam na implementação do LSS.

A revisão de Simões & Scavarda (2021) ainda indica uma tendência crescente dos estudos que empregam os FCS na construção de modelos e *frameworks* que contribuam para o sucesso das implementações de LSS, além de atualizar a lista dos fatores e metodologias mais recorrentes na literatura na última década. A partir dessa lista de fatores e das metodologias levantadas pelo artigo, novos modelos podem ser desenvolvidos para auxiliar a implementação do LSS.

Assim como os FCS, os MME também são artefatos que podem auxiliar a implementação da abordagem enxuta. A segunda revisão realizada (Simões *et al.*, 2022), revela a diversidade de modelos – desenvolvidos para auxiliar a implementação de abordagem LSS – que vem surgindo na literatura recente. Em sua maioria, são do tipo híbrido e altamente generalizáveis. Os principais parâmetros constituintes dessas estruturas são os FCS em abordagens enxutas, KPI's de performance e Princípios Enxutos. A revisão revela que a medida que a abordagem LSS se adapta a novos sistemas produtivos, esses parâmetros devem ser atualizados, podendo assim, originar novos modelos.

A maioria dos modelos analisados são considerados reproduzíveis pelos seus autores. Os modelos de Nesensohn (2014) e Bessant *et al.* (2001) foram reproduzidos e adaptados por Rodegheri, *et al.* (2020) e Stalberg, *et al.* (2018), respectivamente, ilustrando a relevância do desenvolvimento de um modelo generalizável para a literatura. Na verdade, há algumas limitações práticas para essa adaptação e a principal delas é o tipo de negócio ou organização. Isso fica claro, por exemplo, quando pensamos que não faz sentido uma instituição acadêmica aplicar um modelo desenvolvido a partir dos princípios do *Lean Construction*. Seguindo essa linha, conclui-se que o modo no qual os modelos são desenvolvidos pode limitar sua reprodução em organizações de diferentes tamanhos, países onde operam ou tipo de processo produtivo.

De modo geral, um MME pode auxiliar no processo de implementação, indicando às organizações o seu nível de maturidade enxuta e os pontos a serem desenvolvidos. Embora alguns MME também auxiliem nas soluções de melhoria para maturação, diversos estudos de caso mostraram que apenas o acesso à matriz de maturidade ou ao resultado de avaliação do nível de maturidade foram suficientes para gerentes das organizações criarem, por conta própria, planos de melhoria para avançar na implementação com sucesso (ANTHONY, *et al.*, 2020; MOYA, *et al.*, 2019).

Os estudos selecionados nessa revisão de escopo mostram como as práticas e princípios enxutos estão se adaptando a sistemas produtivos e se unindo a novas abordagens, como a Indústria 4.0 e Sistemas Green. Esse

movimento de adaptação e integração traz muitas oportunidades de pesquisa e levanta a necessidade de novos modelos específicos para atender a esses novos arranjos.

Ao verificar a síntese dos MME existentes na literatura e seus parâmetros, o modelo desenvolvido por Moya *et al.* (2019) foi selecionado como base para esta pesquisa. O modelo foi escolhido, principalmente, por utilizar como parâmetro os FCS em LSS, indo de encontro com a tendência verificada na primeira revisão de escopo. Nesse estudo, os FCS são avaliados por um questionário baseado em grades de maturidade, desenvolvida a partir do Modelo AIDA (RAWAL, 2013). O modelo utiliza o método de pesagem AHP para calcular um indicador quantitativo de maturidade enxuta. A estrutura é validada de dois estudos de caso. No caso deste trabalho, os FCS foram definidos especificamente para o cenário ETO, e estruturados hierarquicamente em diferentes dimensões pelo método AHP.

5 A maturidade enxuta no contexto ETO

O presente capítulo apresenta os resultados associados ao modelo de maturidade em LSS, ao questionário de avaliação de maturidade e à pesquisa ação.

5.1 Desenvolvimento do Modelo de Maturidade em LSS

Conforme visto na subseção 4.2.2, diversos MMs foram desenvolvidos na literatura para auxiliar a implementação de práticas enxutas. A revisão indicou os FCS em LSS como importantes parâmetros constituintes desses modelos. Em diferentes modelos produtivos os aspectos considerados “críticos” podem variar, dando origem a novos modelos.

Neste trabalho, o modelo de maturidade utilizado por Moya *et al.* (2019) foi adaptado ao cenário de organizações ETO. Os autores desenvolveram uma ferramenta para avaliar e comparar o nível de maturidade enxuta de organizações na França e no Chile. A estrutura utiliza os FCS como critérios do método AHP para mensurar o nível de maturidade LSS em PME.

A principal adaptação realizada no presente modelo é a substituição dos fatores críticos para implementação do LSS em PME pelos aqueles críticos para sistemas ETO – identificados e validados na subseção 5.2.1. Os autores agruparam os FCS em dimensões, as quais, foram adaptadas para este trabalho, da seguinte forma:

1. **Relações Externas:** verifica todos os processos da organização em relação ao seu ambiente, como fornecedores e clientes;
2. **Gestão de Recursos Humanos:** avaliando os aspectos de liderança no negócio, incluindo as competências de gestão e empenho dos colaboradores no trabalho;
3. **Gerenciamento de Projetos:** essa dimensão avalia todas as atividades relacionadas aos projetos corporativos e a existência de uma cultura organizacional.

4. **Estratégia** avaliando como a organização administra seus objetivos e metas, de modo a fomentar o processo de implementação do LSS no curto e longo prazo.
5. **Gestão de processos:** verifica todas as atividades relacionadas ao sistema produtivo da empresa: processos produtivos, informações gerenciais e medidas e controles.

5.1.1 Nível de Maturidade LSS em sistemas ETO

Os níveis de maturidade do modelo são inspirados no Modelo AIDA (Rawal, 2013), comumente aplicado no contexto de marketing e vendas. A estrutura é composta por quatro níveis são distribuídos em uma escala evolutiva, representando as fases cognitiva que um consumidor vivencia antes de um novo produto ou conceito. Moya *et al.* (2019) adaptaram a escala para representar a maturidade LSS em PME, assim como outros trabalhos vêm adaptando o modelo AIDA para outros contextos. Conforme ilustrado na Figura 7, este trabalho adapta novamente a escala para avaliar o nível de maturidade LSS em sistemas ETO.

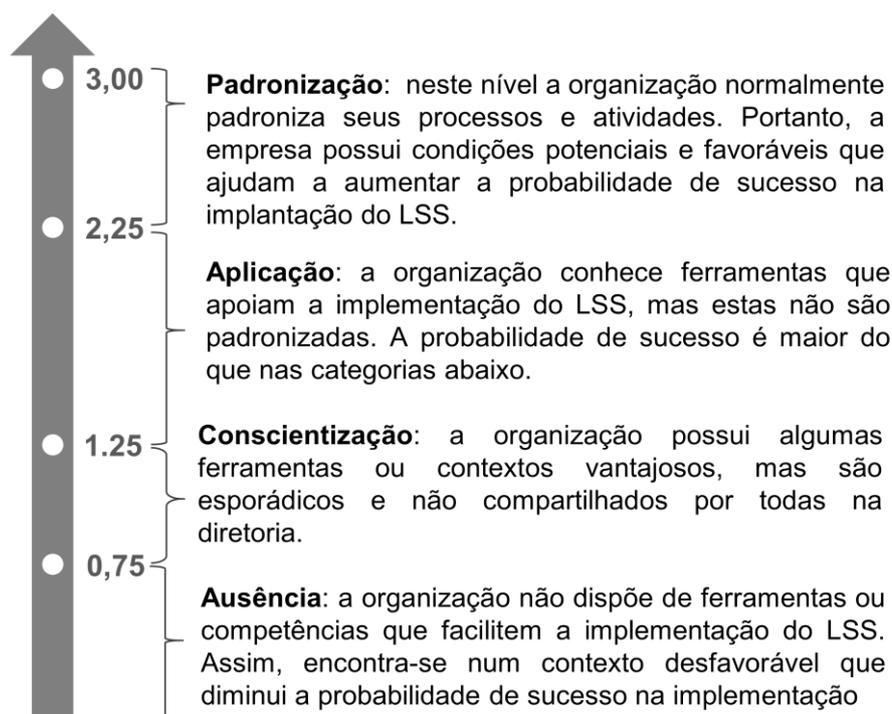


Figura 7 – Escala LSSGI adaptada de Moya *et al.* (2019)

Diversas escalas que categorizam as organizações quanto ao potencial de abordagens enxutas são encontradas na literatura (Simões *et al.*, 2022). Assim

como o Modelo AIDA, Maasouman e Demirli (2016) também utilizaram quatro níveis para mensurar a maturidade enxuta: i. entendimento; ii. implementação; iii. melhorias; iv. Sustentabilidade. Outro exemplo de escala de quatro níveis é o de Zanon, *et al.* (2020), que mensura a maturidade integrada das práticas enxutas e do Sistema de Medição de Desempenho.

O diferencial do modelo adaptado por Moya *et al.* (2019) é a relação que ele estabelece entre a escala e um índice contínuo, utilizando o método AHP. Os autores denominaram este indicador de *Lean Six Sigma Global Index (LSSGI)*, cujo valor mínimo é zero e o máximo é três, conforme ilustrado na Figura 7. A seção a seguir descreve o processo de desenvolvimento da ferramenta de avaliação atrelada à escala de maturidade, além de apresentar com maiores detalhes como o indicador LSSGI é calculado a partir dos pesos obtidos pelo AHP.

5.2

Desenvolvimento do questionário de avaliação de maturidade

O desenvolvimento da ferramenta para mensurar o nível de maturidade enxuta foi feito com base no cenário de um sistema produtivo ETO, conforme metodologia descrita na seção 3.2. Para isso, é incorporado a este trabalho a experiência de especialistas em LSS que, ou atuam como consultores no processo de implementação em diversos tipos de organização, ou atuam diretamente em empresas ETO. Foram convidados 15 profissionais para compor os painéis de especialistas, sendo que 7 participaram efetivamente de todas as etapas.

5.2.1

Definição dos parâmetros de avaliação

A síntese dos 22 FCS mais frequentes na literatura foi levantada como resultado da revisão de escopo (detalhada na subseção 4.1.2) e publicada em Simões e Scavarda (2021). Para validação desses fatores no contexto ETO, um painel de especialistas foi realizado, utilizando o método IOC (Turner e Carlson, 2003), conforme indicado na subseção 3.2.1. O modelo de questionário utilizado nessa etapa pode ser verificado no Apêndice III. Assim, dos 22 FCS em questão, apenas 7 foram considerados essenciais para a implementação de LSS em sistemas ETO – por resultarem em um IOC maior que 0,75 (TURNER e CARLSON, 2003). A Tabela 6 ilustra o resultado da metodologia aplicada para validação dos fatores.

Tabela 6 - Método IOC

Fator crítico avaliado	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 4	Exp 5	Exp 6	Exp 7	IOC
Contribuição dos funcionários no processo de implementação	1	1	1	1	1	1	1	100%
Engajamento da alta gerência	1	1	1	1	1	1	1	100%
Cultura de melhoria contínua presente em todos os colaboradores da organização	1	1	1	0	1	1	1	86%
Processo de formação/treinamento em LSS	1	0	1	1	1	1	1	86%
Seleção e priorização de projetos	1	0	1	1	1	1	1	86%
Alinhamento da implementação com a estratégia do negócio	1	1	0	1	1	1	1	86%
Sistema de medição estruturado para gestão da qualidade (orientada a dados)	1	0	1	1	1	1	1	86%
Liderança em LSS	0	0	1	1	1	1	1	71%
Estrutura de Comunicação	1	1	0	1	1	1	0	71%
Mentoria e revisão de projetos LSS	1	0	0	1	1	1	0	57%
Projetos LSS / Ações <i>Lean</i> têm como foco principal entregar valor para o cliente	0	1	0	1	0	1	1	57%
Seleção dos <i>belts</i> (Six Sigma) e agentes de mudança (<i>Lean</i>)	1	0	1	1	0	0	0	43%
Modelo de implementação utilizado	1	0	0	0	0	1	1	43%
Habilidades e expertises dos <i>belts</i>	0	0	0	1	0	1	0	29%
Gestão de projetos <i>Lean Six Sigma</i>	0	0	1	0	0	1	0	29%
Relação dos Recursos Humanos com o LSS	0	0	0	1	0	1	0	29%
Infraestrutura organizacional	0	-1	1	0	1	1	-1	14%
Sustentação Financeira	0	0	0	0	0	1	0	14%
Contribuição dos fornecedores no processo de implementação	0	0	0	-1	0	1	0	0%
Boa utilização das Ferramentas e metodologias LSS	0	0	-1	1	0	0	0	0%
Sistema de recompensa	-1	1	0	0	0	1	-1	0%
Relação entre a empresa e seus fornecedores	-1	0	0	0	0	1	0	0%

O fator “Processo de formação/treinamento em LSS”, validado nessa etapa, foi dividido nos fatores “Processo de certificação *Lean Six Sigma*” e “Processo de treinamento de ferramentas *Lean*”. Os especialistas destacaram a necessidade de dividir os fatores, pois as ferramentas lean podem ser aplicadas de forma isolada, já as certificações Lean Six Sigma requerem projetos mais complexos que abarcam uma gama de ferramentas *lean* e *six sigma*.

Além desses 8 fatores validados, 3 novos fatores foram sugeridos, especificamente para empresas ETO: “Sistema de gestão da padronização de processos críticos”, “Sustentabilidade dos projetos e melhorias realizadas” e “Acompanhamento interdepartamental da produção (visão sistêmica)”. O primeiro foi elencado como fator crítico também por Albliwi *et al.* (2014) e Raval *et al.* (2018b), já os outros dois não foram encontrados na literatura, sendo potencialmente inéditos. Dessa forma, foram definidos 11 fatores válidos para a implementação do LSS.

Seguindo a metodologia para estruturar a hierarquia de fatores, o próximo passo foi alocar os 11 fatores nas 5 dimensões propostas por Moya *et al.* (2019). Para isso, utilizou-se a estatística Kappa de Fleiss, indicado para avaliar a concordância de um grupo com mais de três pessoas, conforme descrita na subseção 3.2.1. O questionário utilizado nessa etapa pode ser encontrado no Apêndice IV. A partir do resultado dessa pesquisa, a estatística Kappa de Fleiss foi calculada por meio da Análise de Concordância do software estatístico Minitab.

Em um primeiro momento, o índice Kappa de Fleiss indicou que não havia concordância entre os especialistas. Os coeficientes Fleiss de Kappa foram baixos, indicando a existência de palavras ambíguas e a necessidade de revisões na descrição dos fatores e dimensões (NANTEE e SUREEYATANAPAS, 2021). De fato, durante a dinâmica com os especialistas, foram reportadas algumas ambiguidades nas descrições das dimensões e falta de clareza na descrição dos fatores. Alguns ajustes específicos foram discutidos nos grupos focais, de modo que; i. “Relações Externas” deixou de existir – já que nenhum fator foi alocado a dimensão na primeira rodada; ii. “Gestão de Projetos” deixou de existir, pois sua definição se confundia, algumas vezes, com a dimensão “Gestão de Processos”; por fim, a dimensão “Cultura Organizacional” foi incluída como sugestão de alguns participantes.

Os especialistas foram questionados quanto a clareza das descrições dos critérios e se estava claro a diferença entre as dimensões. Através dos feedbacks

recebidos, as descrições dos fatores e de suas dimensões foram reescritas para a realização de uma nova pesquisa (Apêndice V). Após os ajustes realizados, a pesquisa foi aplicada novamente aos mesmos participantes, relevando dessa vez, índices de Kappa de Fleiss satisfatórios ($> 0,75$), tanto o global quanto os de categoria. Dessa forma, os onze fatores foram alocados nas quatro dimensões, conforme sintetizado na Tabela 7.

Tabela 7 - Alocação dos Fatores a dimensões por Kappa de Fleiss

Dimensão	Resposta	Kappa
Estratégia Organizacional	Alinhamento da implementação com a estratégia do negócio	1.0000
	Governança de metas estratégicas relacionados a implementação do <i>Lean Six Sigma</i>	1.0000
	Identificação de projetos estratégicos	1.0000
Cultura Organizacional	Cultura de melhoria contínua presente em todos os colaboradores da organiza	1.0000
	Disseminação da Cultura <i>Lean Six Sigma</i> pela alta gerência	1.0000
Gestão de Pessoas	Processo de certificação <i>Lean Six Sigma</i>	0.8193
	Processo de treinamento de ferramentas <i>Lean</i>	0.8193
Gestão de Processos	Sistema de gestão da padronização de processos críticos	1.0000
	Sistema de medição estruturado para gestão da qualidade (orientada a dados)	1.0000
	Sustentabilidade dos projetos e melhorias realizadas	1.0000
	Acompanhamento interdepartamental da produção (visão sistêmica)	0.8193

5.2.2 Cálculo dos pesos dos critérios de avaliação

O método AHP é executado, conforme descrito nas subseções 3.2.2 e 3.2.3, a partir da comparação par-a-par realizada pelos especialistas *belts* colaboradores desta pesquisa. A partir das respostas desse formulário, a linguagem R foi utilizada para auxiliar nos cálculos dos pesos individuais e gerais,

por meio do pacote “*ahpsurvey*”. Primeiramente, de forma individual, foram calculados os pesos de cada fator em relação a sua dimensão. Em outras palavras, qual é a relevância relativa de cada fator para aquela dimensão. O mesmo foi feito para estimar a relevância de cada dimensão para solução do problema principal: obter sucesso na implementação do LSS em sistemas ETO.

Assim, cada respondente elaborou 5 matrizes de julgamentos, onde cada fator e dimensão foi ponderado. Considerando que 7 especialistas participaram da pesquisa, foram 35 matrizes de julgamentos. O índice de consistência foi calculado para cada matriz elaborada e nenhum deles apresentou inconsistência ($IC < 10\%$).

Conforme descrito na subseção 3.2.3 a Agregação Individual de Prioridades (AIP) foi realizada para obter os pesos finais de cada fator crítico e de cada dimensão. Os resultados finais estão ilustrados nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 - Pesos de cada dimensão

Dimensão	Relevância
D1 - Estratégia Organizacional	16%
D2 - Cultura Organizacional	42%
D3 - Gestão de Pessoas	28%
D4 - Gestão de Processos	14%

Walter e Paladini (2019) elencou o fator “Cultura Organizacional” como o mais importante no Brasil. Isso é curioso, pois, segundo os autores, em alguns países esse fator ocupa as posições mais baixas. Neste trabalho, esse fator assume o nível de uma dimensão, representado por mais de um fator.

De modo geral, o fator “Disseminação da Cultura Lean Six Sigma pela alta gerência” ou, também transcrito como “Engajamento da alta gerência” é o fator crítico mais relevante. Walter e Paladini (2019), ao fazer um recorte dos FCS na implementação do LSS no Brasil, também indicam esse fator como um dos mais importantes. Diversos outros trabalhos também consideram esse fator o mais relevante (YADAV *et al.*, 2018a; STANKALLA *et al.*, 2018; SWARNAKAR *et al.*, 2020). Para a implementação da abordagem LSS em sistemas ETO, não é diferente, este é o fator mais relevante por ocupar a maior relevância na dimensão de maior peso.

Tabela 9 - Pesos de cada fator em relação a sua dimensão

Dimensão	Fator Crítico	Relevância
Estratégia Organizacional	Alinhamento da implementação do <i>Lean Six Sigma</i> a estratégia da organização	47%
	Identificação de projetos estratégicos	34%
	Governança de metas estratégicas relacionados a implementação do <i>Lean Six Sigma</i>	19%
Cultura Organizacional	Disseminação da Cultura <i>Lean Six Sigma</i> pela alta gerência	84%
	Cultura de melhoria contínua presente em todos os colaboradores	16%
Gestão de Pessoas	Processo de treinamento de ferramentas <i>Lean</i>	81%
	Processo de certificação <i>Lean Six Sigma</i>	19%
Gestão de Processos	Acompanhamento interdepartamental da produção (visão sistêmica)	54%
	Sustentabilidade dos projetos e melhorias realizadas	24%
	Sistema de medição estruturado para gestão da qualidade (orientada a dados)	15%
	Sistema de gestão da padronização de processos críticos e definição de papéis e responsabilidades	7%

5.2.3

Desenvolvimento da ferramenta de avaliação do nível de maturidade

Nas seções anteriores, os critérios de avaliação e seus respectivos pesos foram definidos a luz do cenário de organizações ETO. O Modelo AIDA, utilizado como base para a construção dos níveis de maturidade, apresenta uma escala de quatro estágios. Analogamente, os critérios devem ser avaliados entre quatro opções de maturidade (correspondente a um estágio da escala AIDA).

Para isso, para cada um dos 11 FCS selecionados, devem ser descritas quatro opções de maturidade (correspondente a cada um dos níveis do modelo), conforme o exemplo ilustrado na Quadro 2. O Apêndice VI ilustra a ferramenta de avaliação do nível de maturidade LSS aplicada a organização colaboradora.

Identificação de projetos estratégicos			
1º nível	2º nível	3º nível	4º nível
Não é feito nenhum tipo de seleção para identificação de projetos estratégicos	Existem reuniões esporádicas para a identificação de projetos de melhoria, mas não existe uma metodologia bem estruturada para isso.	Existem reuniões para a identificação de projetos e algumas metodologias são utilizadas nesse processo	Existe uma governança bem estruturada e padronizada para a identificação de projetos através do desdobramento de metas do Planejamento Estratégico

Quadro 2 - Grade de Maturidade inspirada no Modelo AIDA

As avaliações qualitativas de cada fator devem ser correlacionadas a valores quantitativos, de acordo com a escala do indicador LSSGI, que vai de 0 até 3. Assim, as respostas que indicarem os níveis 1, 2, 3 ou 4 contam como 0, 1, 2, ou 3 pontos para o LSSGI, respectivamente.

O agrupamento dos valores para o cálculo do LSSGI deve ser feito como Média Ponderada, utilizando-se os pesos estimados na subseção anterior (5.2.2). Assim, pode-se obter um LSSGI de modo a classificar o nível de maturidade da organização como um todo, ou calcular um índice para cada dimensão, indicando as forças e as fraquezas da organização – no que diz respeito ao processo de implementação do LSS.

5.3

Pesquisa Ação: rodada no ciclo de melhoria contínua

Buscando superar os limites da observação (Coughlan e Coughlan, 2002), a pesquisa-ação é utilizada neste trabalho. Conforme descrito na seção metodológica 3.3, o ciclo *check-action-plan-do* (CAPDo) foi definido como o mais apropriado para a validação do modelo de implementação do LSS proposto. Ani *et al.* (2019) propõem essa “versão adaptada” do PDCA quando não há uma avaliação inicial do problema, como neste trabalho. Pois, a organização desconhece previamente seu nível de maturidade no processo de implementação da abordagem LSS.

O autor desta pesquisa é colaborador da organização onde a pesquisa-ação foi desenvolvida. Toda pesquisa foi direcionada para a diretoria de produção cenográfica e de figurino cujo sistema produtivo é o ETO. As subseções a seguir apresentam o desenvolvimento da rodada do ciclo de melhoria contínua da maturidade LSS.

5.3.1

Check: Aplicação da avaliação de maturidade

A organização colaboradora desta pesquisa acompanhou todo processo de desenvolvimento da ferramenta de avaliação de maturidade LSS. Nessa etapa, ela de fato participa com a estratégia de comunicação para a disseminação e aderência da pesquisa aos principais colaboradores.

Para garantir uma boa aderência à pesquisa, a estratégia adotada para a divulgação foi top-down, do nível hierárquico mais alto até o mais baixo, partindo da direção. Dessa forma, a pesquisa detalhada na seção 5.2 foi aplicada a cinco níveis hierárquicos: gerência, coordenação, supervisão, especialistas e analistas entre 5 departamentos da gerencia de produção, denominados neste trabalho como dpto1, dpto2, dpto3, dpto4 e dpto5.

Para cada FCS, os julgadores apontaram um nível de maturidade, sendo zero o nível mais baixo e 3 o nível mais alto, conforme definido na subseção 5.2.3. Considerando todas as respostas, foi calculada a média ponderada de cada dimensão (considerando os pesos de cada fator). A Figura 8 ilustra o resultado da avaliação para cada uma das quatro dimensões.

Considerando os níveis encontrados para cada dimensão o LSSGI é calculado seguindo a mesma lógica: média ponderada dos valores de cada dimensão em relação aos seus respectivos pesos. Assim, o valor do LSSGI atual da organização é de 2,03. Esses resultados indicam que, de forma geral e em cada dimensão, a organização está no nível de aplicação. Contudo, há uma amplitude de 0,46 pontos entre a maturidade das dimensões, que em ordem decrescente obtiveram as notas 2.20, 2.10, 1.97, 1.74 nas dimensões D1, D2, D3 e D4, respectivamente.

A dimensão D1 foi alavancada por possuir notas altas em ambos fatores constituintes. O fator “Disseminação da Cultura Lean Six Sigma pela alta gerência”, cuja representatividade é a maior entre todos os fatores (84%), obteve avaliação média de 2,09. Já o “Cultura de melhoria contínua presente em todos os colaboradores da EP”, foi avaliado em 2,19.

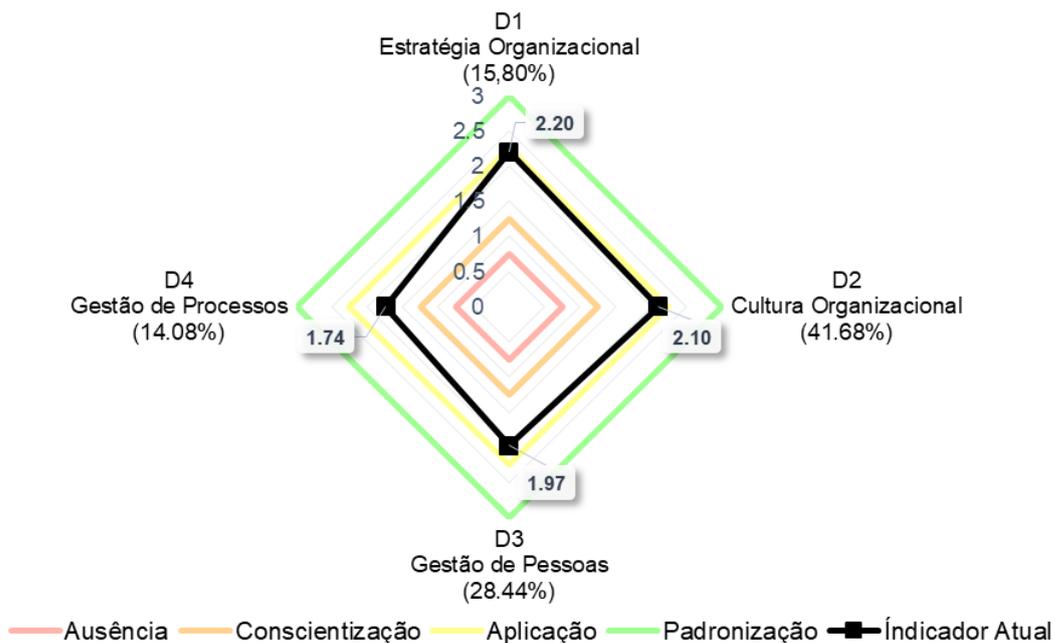


Figura 8 - Índice de maturidade LSS para cada dimensão

Por outro lado, os quatro fatores constituintes da dimensão D4 estão entre as 5 piores avaliações, resultando na dimensão com menor nível de maturidade (1,74). Antes mesmo dos pesos de cada dimensão serem definidos por esta pesquisa, já há alguns anos a alta liderança da companhia vem apostando no desenvolvimento das dimensões D1 e D2. Por isso, o nível de maturidade da organização foi classificado como aplicação, indicando uma alta probabilidade de sucesso da implementação do LSS. Considerando a escala contínua do modelo AIDA, a maturação atual (2,03) da organização mais próxima do nível superior (padronização, de 2,25) do que do nível inferior (conscientização, de 0,75).

5.3.2

Analyze: Resultado do nível de maturidade enxuta

A análise dos dados foi realizada através da estratificação do LSSGI por nível hierárquico e por departamentos da organização. Além disso, os 11 FCS foram classificados em relação a sua influência no LSSGI. Para isso, foram multiplicados os pesos específicos de cada fator com o peso de sua dimensão correspondente, resultando um peso geral que representa sua relevância para a maturidade LSS.

A Tabela 10 ordena os fatores de acordo com o seu peso geral e apresenta sua avaliação média, segundo a organização. Seguindo a premissa priorização

de Pareto, o peso geral acumulado dos fatores indica que os 5 fatores com maior peso representam a maior parte da influência (80% do peso total). Assim, a estratégia inicial tomada pela companhia foi focar na melhoria desses fatores para potencializar o LSSGI com ganhos rápidos.

Tabela 10 - Influência dos FCS na implementação do LSS

Peso geral	Peso acum.	Nota média	#	Fator crítico de sucesso
35%	35%	2.09	F1	Disseminação da Cultura Lean Six Sigma pela alta gerência
23%	58%	2.05	F2	Processo de treinamento de ferramentas Lean
8%	66%	1.72	F3	Acompanhamento interdepartamental da produção (visão sistêmica)
7%	73%	2.31	F4	Alinhamento da implementação do Lean Six Sigma a estratégia da organização
7%	80%	2.19	F5	Cultura de melhoria contínua presente em todos os colaboradores
5%	85%	1.62	F6	Processo de certificação Lean Six Sigma
5%	91%	2.14	F7	Identificação de projetos estratégicos
3%	94%	1.69	F8	Sustentabilidade dos projetos e melhorias realizadas
3%	97%	2.05	F9	Governança de metas estratégicas relacionados a implementação do Lean Six Sigma
2%	99%	1.84	F10	Sistema de medição estruturado para gestão da qualidade (orientada a dados)
1%	100%	1.91	F11	Sistema de gestão da padronização de processos críticos e definição de papéis e responsabilidades

Os gráficos mapa de árvore (veja na Figura 9) ajudam a ilustrar a relevância de cada dimensão bem como os principais fatores de sucesso. A partir dessa análise, uma reunião com os gerentes foi realizada para entender o poder de atuação da companhia em cada um desses 5 fatores principais. Os fatores “Acompanhamento interdepartamental da produção (visão sistêmica)” e “Cultura de melhoria contínua presente em todos os colaboradores” foram classificados como alta complexidade de atuação. Já os fatores “Disseminação da Cultura Lean Six Sigma pela alta gerência” e “Alinhamento da implementação do Lean Six Sigma a estratégia da organização” foram considerados de complexidade média.

E por fim, o único fator classificado com complexidade baixa foi o “Processo de treinamento de ferramentas Lean”.



Figura 9 - Gráficos Mapa de Árvore para análise dos pesos gerais

O fator “Acompanhamento interdepartamental da produção (visão sistêmica)” apresentou uma nota baixa (1,0) para o gerente e os coordenadores do dpto1. De modo geral em todos os cargos, o fator “Processo de treinamento de ferramentas Lean” obteve notas abaixo da média no dpto2 (1,76). A pesquisa apontou algum problema específico de “Disseminação da Cultura Lean Six Sigma pela alta gerência” na percepção de todos no dpto5 e dos analistas do dpto3. O fator “Alinhamento da implementação do Lean Six Sigma a estratégia da organização” não está claro para os coordenadores dos dpto1 e dpto4. Por fim, o nível de maturidade do fator “Cultura de melhoria contínua presente em todos os colaboradores” é baixo na visão dos supervisores do dpto2 e para os coordenadores do dpto1.

5.3.3

Plan: Planejamento para aumentar a maturidade enxuta

Considerando o baixo tempo de atuação para executar o ciclo CAPDo, uma estratégia para um rápido aumento de maturidade foi definida de forma que: para os fatores de alta complexidade de atuação a meta de melhora é aumentar a índice de maturidade em 5%, já os de média complexidade, 8% e os de baixa complexidade, 10%. Aplicando esses ajustes aos 5 principais FCS e projetando

seus resultados no índice de maturidade geral, foi definida a seguinte meta: aumentar o LSSGI deve subir 0,14 pontos, saindo de 2,03 para 2,17 em um ano, conforme ilustra Figura 10. Para isso, cada fator deve ser analisado para verificar se a percepção negativa do nível de maturidade é generalizada ou focalizada em algum cargo ou departamento. Todas as oportunidades de melhoria descritas na subseção anterior devem auxiliar no desenvolvimento de planos de ação para atingimento da meta.

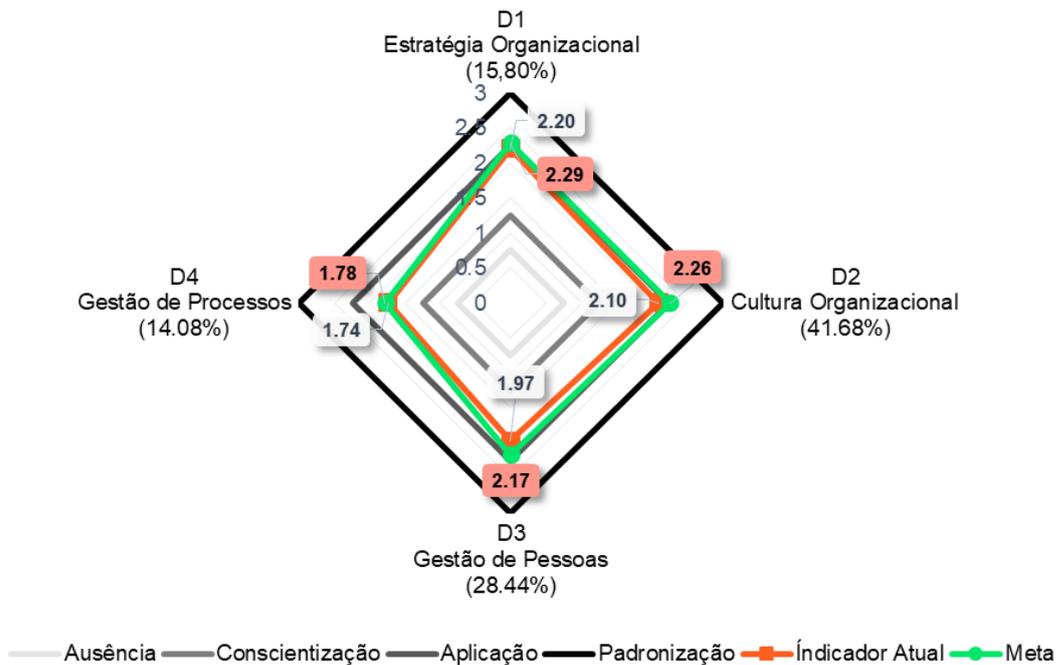


Figura 10 - Meta para os índices de maturidade LSS

Embora o plano elaborado considere melhorias em 5 fatores, esta pesquisa possui limitações quanto ao tempo necessário para o desenvolvimento de todos planos de ação e execução dessas ações. Por isso, apenas um plano de ação será elaborado e executado para a melhoria. O fator selecionado foi o “Processo de treinamento de ferramentas Lean”, devido a sua menor complexidade de atuação. Conforme analisado na subseção anterior, embora esse fator tenha obtido uma nota acima do LSSGI, 2,05, no *dpto2* o nível de maturidade desse fator foi muito inferior, especialmente para os coordenadores e supervisores da área. A estratégia adotada é focar na melhoria desse fator nesse departamento específico, buscando elevar o nível de maturidade desse fator de 2,05 em 12%, conforme definido anteriormente.

Para isso, uma reunião foi convocada com o gerente desse departamento para levantar possíveis causas. Foi verificado que o número de pessoas que fazem parte do programa de qualidade da é menor do que os demais departamentos. Isso porque, o dpto2 é expressivamente maior, em número de pessoas e não existem treinamentos voltados a todos. Em contrates, foi ressaltado que essa é a área da organização que mais utiliza ferramentas enxutas no seu dia-a-dia. Por isso, além da baixa capilaridade do conhecimento sobre a abordagem enxuta, uma outra hipótese é que eles não identifiquem as ferramentas já consolidadas na área como ferramentas enxutas.

Intuitivamente, para elevar o nível de maturidade do fator “Processo de treinamento de ferramentas Lean” é necessário a realização de novos treinamentos. Para isso, a primeira ação definida foi a elaboração de um material para treinamento que fosse didático para todos os níveis hierárquicos do departamento. Após elaborar o material, os treinamentos deveriam ser aplicados da seguinte maneira: primeiro os coordenadores e supervisores deveriam ser treinados e em seguida, cada supervisor deveriam passar o mesmo treinamento para suas equipes. O comitê do Programa de Qualidade da organização ficou responsável por treinar o coordenadores e supervisores do departamento. Segundo o planejamento feito, o período, desde a elaboração do material até a finalização dos treinamentos para todas as equipes (de todos os turnos), poderia durar até um mês.

5.3.4

Do: Desenvolvimento das ações de melhoria

A primeira etapa do plano de ação consistiu em elaborar o material para treinamento da área. Em conjunto com o comitê de qualidade de alguns coordenadores, os seguintes tópicos foram definidos: o contexto histórico da abordagem lean six sigma; os treinamentos das ferramentas já utilizadas, trazendo suas origens e aplicações em outras empresas; a apresentação dos 8 desperdícios do lean (LEKSIC et al., 2020), ilustrando o que já fazemos para combatê-los; e por fim, uma apresentação de como o programa de qualidade funciona e o papel do departamento no processo de implementação e aplicação do lean na organização.

Com o material finalizado, os treinamentos foram marcados em quatro eventos – em diferentes turnos – para que todos os coordenadores e supervisores pudessem participar. A alta nota do fator “Disseminação da Cultura Lean Six

Sigma pela alta gerência” (2,09) indica que, de fato, muito se fala sobre a abordagem na organização. Contudo, durante os treinamentos ficou claro que, de forma estruturada, muitas pessoas estavam ouvindo abordagem pela primeira vez. Muitos não sabiam que práticas que eles já aplicavam todos os dias eram ferramentas enxutas, como, o Takt Time e o Gerenciamento Diário. A segunda parte do treinamento se deu de forma natural, pois os próprios supervisores pediram a apresentação para treinar suas equipes

A aderência ao treinamento foi de cerca 85% do departamento. Essa alta aderência se deve ao compromisso da alta gerência na implementação do LSS e, conseqüentemente, ao apoio à essa pesquisa. Para verificar se houve um aumento no nível de maturidade desse fator, logo após os treinamentos, foi enviado a todos os participantes uma pesquisa. A pergunta realizada foi a mesma da etapa “Check: Aplicação da avaliação de maturidade”. Ao verificar a evolução de maturidade no aspecto “Processo de treinamento de ferramentas lean”, sua nota saiu de 2,05 para 2,25, ultrapassando a meta de 10% de aumento. Os resultados da pesquisa mostraram que o nível de maturidade do fator, especificamente no dpto2, saiu de 1,76 para 2,43, se tornando o departamento mais maduro nesse aspecto. A partir dos resultados dessas ações, foi possível recalcular o LSSGI. A melhoria no fator resultou em um aumento na maturidade da dimensão “Gestão de pessoas”, que passou de 1,97 para 2,13. Assim, o novo valor do LSSGI é 2,08 – um aumento de 0,05.

6 Discussões

Diversos estudos definem *rankings* de FCS com base em sua frequência na literatura (YADAV *et al.*, 2018a; WALTER e PALADINI, 2019; SWARNAKAR *et al.*, 2020). Neste trabalho, uma abordagem multimétodo foi utilizada para definir os principais FCS para implementação de LSS em sistemas ETO. Embora tenham sido, a priori, levantados na literatura, através de um grupo focal com especialistas, passaram por processos de validação, agrupamento e ponderação (de acordo sua relevância). Moya *et al* (2019) desenvolveram um modelo que utiliza esses fatores como principais parâmetros para mensurar o nível de maturidade *Lean Six Sigma*. Como foi exposto na subseção 5.1.1, os autores utilizaram o método AHP para ponderar esses parâmetros e, a partir daí, calcular o índice de maturidade (LSSGI). O diferencial desse MME é a utilização desse indicador quantitativo e contínuo, capaz de classificar as organizações em uma das categorias (Figura 7). Segundo o modelo desenvolvido, os aspectos mais relevantes para a implementação de LSS em PME são: cultura organizacional, estratégia e objetivos, medição e controle, comprometimento dos funcionários, capacidade financeira e gestão da qualidade.

Como o objetivo do modelo proposto por Moya *et al.* (2019) é mensurar o nível de maturidade em LSS especificamente para PME, neste trabalho, a estrutura hierárquica do modelo precisou ser adaptada para considerar cenários ETO. Analisando essa adaptação, o fator “Cultura Organizacional”, considerado o mais relevante para PME, ganhou protagonismo – durante a discussão do grupo focal realizado neste trabalho – e passou a ser considerado uma dimensão. O fator “estratégia e objetivos” continua tendo grande relevância (correspondendo ao fator “Alinhamento da implementação do Lean Six Sigma a estratégia da organização”), assumindo a quarta posição no caso de empresas ETO. Por fim, o fator “medição e controle” – que pode ser comparado ao fator “Sistema de medição estruturado para gestão da qualidade (orientada a dados)” – não obteve grande relevância para empresas ETO em comparação aos demais. Os demais fatores apontados como críticos para PME, não foram validados para o contexto deste estudo.

Dentre novos fatores advindos do grupo focal, especificamente para o tipo de sistema produtivo analisado, o “Acompanhamento interdepartamental da produção (visão sistêmica)” foi o que mais ganhou relevância. Neste caso, esse fator (não encontrado previamente na literatura) aparece como um aspecto de maior peso da dimensão “Gestão de Processos” e o terceiro mais relevante (no geral). O surgimento e a valorização desse fator estão alinhados a busca das organizações ETO do Tipo II por integração de sistemas para ganhar vantagem competitiva (HICKS *et al.*, 2001).

Além dos fatores e pesos serem diferentes, as dimensões também foram reavaliadas pelos especialistas. As dimensões “estratégia” e “gestão de recursos humanos” foram transcritas para “estratégia organizacional”, “gestão de pessoas”, respectivamente, embora não tenham mudado o conceito. A dimensão “gestão de processos” permanece no modelo, englobando também os fatores de “gestão de projetos” – dimensão que não considerada um grupo a parte neste trabalho. Na primeira rodada de relacionamento de FCS as dimensões, nenhum fator foi atribuído a dimensão “relações externas. Moya *et al.* (2019) já indicava a baixa relevância desse agrupamento, sendo a dimensão de menor peso. Por fim, o fator “Cultura Organizacional”, considerado o mais relevante pelos autores, ganhou protagonismo no grupo focal e se tornou uma dimensão.

Todas essas comparações entre o modelo desenvolvido e aplicado nesta pesquisa com o modelo de Moya et al. (2019), poderiam ser feitas em relação ao modelo de Chiera et al. (2021). Nesse caso, seria ainda uma discussão ainda mais relevante por esse ter sido o único modelo encontrado que possui foco em sistemas ETO. No entanto, o modelo de Chiera et al. (2021) é limitado apenas a abordagem Lean Manufacturing, não considerando a abordagem híbrida com o Six Sigma. Isso fica claro na própria construção do modelo, que leva em consideração apenas princípios enxutos (todos com o mesmo peso). Por isso, não é possível estabelecer comparações entre os parâmetros utilizados pelos dois modelos. Em uma comparação prática, pode-se dizer que, o modelo de Chiera et al. (2021) se baseia nos princípios enxutos e na utilização das ferramentas enxutas como facilitadores para o alcance da missão organizacional. Já neste trabalho, a avaliação dos FCS reflete o grau de prontidão da organização, em uma estrutura hierárquica de critérios, ao implementar a abordagem LSS. O modelo de Chiera et al. (2021) foi aplicado apenas a uma organização na Itália e indica que novas aplicações são necessárias para calibrar seus parâmetros e entender a interferência entre os mesmos. Dessa mesma forma, a generalização e

aperfeiçoamento do modelo desenvolvido neste trabalho dependerá de validações em outras organizações ETO.

A aplicação desse modelo foi realizada por meio de Pesquisa-Ação junto a uma organização ETO colaboradora desta pesquisa. Desde o início do processo de implementação do LSS, há cinco anos atrás, o principal desafio da alta gerência foi redirecionar a estratégia da organização dando maior foco em melhoria contínua. Além disso, nessa fase inicial era sabido pelos gerentes que seria necessária uma grande transformação cultural que refletisse um pensamento enxuto dos colaboradores. Essas foram as dimensões com maiores notas: “Estratégia Organizacional” e “Cultura Organizacional” e também as de maiores pesos. A experiência dos gerentes (alguns há haviam implementado LSS em outras organizações), direcionou os esforços para a maioria dos principais fatores e, por isso, em tão pouco tempo a organização atingiu um LSSGI de 2,03.

Os gestores apontaram que, ao verificar os resultados, houve uma confirmação de que o nível de maturidade geral da organização era o de “Aplicação”. Contudo, não havia a acuracidade e a continuidade do nível de maturidade que o LSSGI proporciona, uma vez que o estágio atual (2,03) está mais próximo do próximo nível “Padronização” (2,25) do que do início da fase de “Aplicação” (1,25). Para além dessas confirmações, a organização possui agora maior segurança sobre os seus pontos fortes, fracos e os mais relevantes. Após confrontar os resultados da pesquisa, a organização reforçou a importância da avaliação do nível de maturidade em LSS para o sucesso da abordagem

A utilização de uma métrica única para os níveis de maturidade LSS podem ajudar a comparação de empresas ao redor do mundo. Moya *et al.* (2019) apresentam a comparação entre duas PME, uma no Chile e outra na França, cujos LSSGI mensurados foram 1,51 e 2,1, respectivamente. Neste trabalho, embora os parâmetros e dimensões sejam diferentes, a escala de maturidade adaptada do Modelo AIDA é a mesma. Dessa forma, pode-se concluir que ambas as PME mensuradas bem como a organização colaboradora desta pesquisa estão no nível “Aplicação”. O indicador contínuo, ainda possibilita ordenar as empresas segundo sua maturidade: empresa do Chile (1,51), Organização ETO (2,03) e empresa da França (2,10) – nesse exemplo, em ordem crescente. Diferente do modelo original, a estrutura desenvolvida neste trabalho vai além de mensurar o nível da empresa, mas indica um ciclo de melhoria contínua que guie a organização em um caminho de maior maturidade. Considerando a projeção feita na subseção 5.3.3, a organização ETO deve ocupar o primeiro lugar em maturidade entre as três organizações – após a finalização ciclo de melhoria CAPDo.

Embora não tenha sido possível a concluir de todo o plano descrito na etapa “plan” do CAPDo (subseção 5.3.3), a atuação direcionada da companhia no fator “Processo de treinamento de ferramentas Lean” resultou no aumento de 0,05 ponto. Da meta anual, que prevê um aumento de 0,14 após a atuação em todos os 5 principais fatores, 38,4% foi alcançada com essa melhoria. Na prática, a organização identificou que o processo de treinamento das ferramentas lean não estava claro ou não estava chegando ao dpto2. Esse direcionamento levou a ações de treinamento de modo que o departamento se tornou o mais maduro nesse fator. Vale ressaltar que, o processo de treinamento para esse departamento é muito importante, pois, se trata da área que mais aplica ferramentas lean na companhia.

Assim, verifica-se que o modelo é capaz de direcionar a implementação do LSS, identificando os FCS mais frágeis e os reforçando de modo a alavancar o nível de maturidade da organização. A estratégia de melhoria adotada, a priori, foi atacar os FCS com maiores pesos para alavancar o LSSGI rapidamente. No entanto, esse ciclo de melhoria continua sendo implementado para os demais fatores, conforme definido na etapa *Plan*. Já que o tempo necessário para a finalização completa do ciclo é maior do que o disponível neste trabalho, pesquisas futuras poderão avaliar e discutir os resultados de forma mais ampla. A organização pretende atrelar o CAPDo ao programa da qualidade para garantir a continuidade no aumento da maturidade LSS nos próximos anos, criando oportunidade de verificação de outras estratégias de priorização, como focar nos fatores com notas mais baixas ou em departamentos ou cargos com notas mais baixas. A Figura 11 apresenta o *framework* que sintetiza e ilustra o processo de maturação desenvolvido, partindo da avaliação do nível de maturidade, passando pela análise de oportunidade de melhorias, desenvolvimento conjunto de planos de ação, fase de aplicação das ações e por fim, uma nova medição.

Ao estudar o processo de implementação da abordagem LSS em sistemas ETO, os resultados desta pesquisa revelaram outras duas lacunas na literatura, que podem ser compreendidas em trabalhos futuros. A primeira se refere a utilização de MM em LSS para comparação entre empresas. A utilização da mesma escala e um indicador contínuo permitem classificar as organizações ETO em relação aos seus níveis de maturidade, seja entre empresas de um mesmo país, ou ainda, comparar as empresas nacionais com as internacionais. A segunda lacuna se dá pela subjetividade da percepção dos FCS na avaliação do nível de maturidade e pela possibilidade de alguns fatores serem melhor compreendidos por avaliações quantitativas do que qualitativas. Em alguns

exemplos isso fica bem claro como para o fator “Processo de treinamento de ferramentas Lean” que poderia estar atrelado a algum indicador de taxa de colaboradores treinados. Nesse caso, cada valor quantitativo poderia ser atrelado a cada um dos quatro níveis de maturidade. Já em outros casos como “Disseminação da Cultura Lean Six Sigma pela alta gerência” um único indicador quantitativo talvez não seja suficiente para sua compreensão. A partir dos fatores já validados, uma pesquisa híbrida (qualitativa e quantitativa) pode ser o mais indicado, como as pesquisas realizadas por Chiera et al. (2021) e Pakdil e Leonard (2014). Por fim, embora os pesos dos fatores ajudem a entendê-los, a interdependência entre eles não foi abordada nesta pesquisa e deve ser considerada em trabalhos futuros.

é uma limitação desta pesquisa,

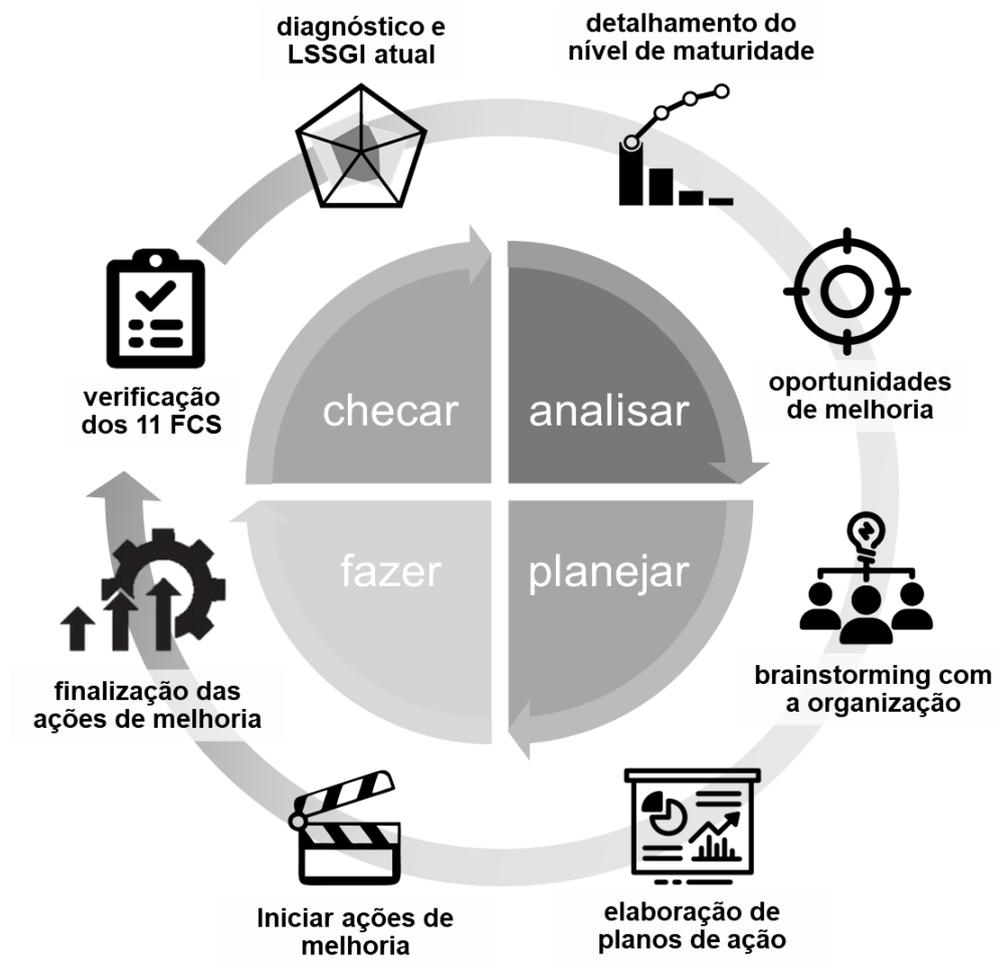


Figura 11 - Framework de implementação LSS em organizações ETO

7 Conclusão

De modo geral, são necessários novos trabalhos científicos que abarquem as questões do sistema de produção ETO (Carvalho et al., 2016). A lacuna preenchida por esta pesquisa diz respeito a artefatos que auxiliam a implementação da abordagem LSS em organizações ETO. Assim, através de uma abordagem multimétodo, o propósito desta dissertação de mestrado foi desenvolver um *framework* capaz de guiar a implementação do LSS em organizações ETO. Esse objetivo foi alcançado, contribuindo para a recente literatura que abarca questões sobre sistemas de produção ETO com o desenvolvimento do *framework*, e ainda, com um MME adaptado neste trabalho.

Para tanto, primeiramente, foram realizadas duas revisões na literatura com a finalidade de identificar os FCS mais frequentes na implementação de LSS (SIMÕES e SCAVARDA, 2021); e explorar como os MME podem ser úteis no processo de implementação de abordagens enxutas (SIMÕES *et al.*, 2022). A revisão de Simões e Scavarda (2021) cumpre seu objetivo de identificação e análise dos FCS em LSS, indicando que a utilização dos FCS em LSS como um objeto de análise vem sendo intensificada na literatura nos últimos dois anos. A pesquisa revelou, ainda, que cada vez mais os FCS vem sendo utilizados na construção de modelos e *frameworks* que auxiliem a implementação de LSS. Embarcando nessa tendência, o modelo desenvolvido e aplicado neste trabalho também utiliza os FCS como parâmetros.

Por outro lado, a partir da revisão de Simões *et al.* (2022), os MM foram identificados e analisados, revelando uma diversidade de estruturas desenvolvidas para apoiar a implementação de abordagens enxutas. Na maioria das vezes, são do tipo híbrido (Fraser et al., 2002), assim como o apresentado neste trabalho para o contexto ETO. A maioria dos modelos encontrados na literatura é considerada reproduzível por seus autores. Os modelos de Bessant *et al.* (2001) e Nesensohn et al. (2014) foram reproduzidos e adaptados por Stålberg e Fundin (2018) e Rodegheri e Serra (2020), respectivamente, ilustrando a possibilidade de generalização e um MM. Assim como esses, o MM desenvolvido neste trabalho é uma adaptação do modelo desenvolvido por Moya *et al.* (2019).

Espera-se ainda que esse seja utilizado em trabalhos futuros, aperfeiçoando os parâmetros e a ferramenta de avaliação de maturidade LSS dos sistemas ETO.

Ambas as pesquisas de escopo foram publicadas e apresentaram relevantes contribuições para os acadêmicos e gestores organizacionais, principalmente, com a atualização dos principais FCS em LSS, bem como através da síntese dos MME existentes realizada. Para este trabalho, esses conhecimentos, provenientes das revisões, foram essenciais no desenvolvimento de um MM híbrido – capaz de avaliar e classificar uma organização ETO em um nível de maturidade.

Para que a estrutura hierárquica dos FCS refletisse o contexto de sistemas ETO, foram utilizados o método IOC e a estatística Kappa de Fleiss. Nessa etapa, vale ressaltar que, a participação de engenheiros especialistas em LSS foi essencial para a assertividade dos resultados, uma vez que os parâmetros do modelo (fatores, dimensões e suas respectivas descrições) foram moldados conforme suas experiências. Assim, a estrutura hierárquica foi definida por 11 FCS da implementação de LSS em sistemas ETO, agrupados em quatro dimensões.

Mais uma vez, a utilização do método AHP (Saaty, 2008) obteve sucesso ao utilizar as experiências de especialistas para calibragem de MM, assim como feito por Yadav *et al.* (2018a), Pandey *et al.* (2018) e Moya *et al.* (2019). No entanto, neste caso o método AHP foi utilizado para ponderar os parâmetros do MM em LSS no contexto de produção ETO. O método utilizou como base a hierarquia estabelecida entre os FCS para calcular seus pesos (ou relevância) em relação ao processo de implementação do LSS. Embora alguns fatores sejam repetidos, se comparado a outros MME, a sua relevância (ou pesos relativos) é sempre diferente entre os modelos encontrados. Além disso, 36% dos FCS são novos ou que não aparecem na literatura, ressaltando a necessidade de um modelo específico para sistemas ETO.

A partir dos pesos encontrados, conclui-se que para os cenários ETO, a dimensão denominada “Cultura Organizacional” é a mais relevante para o processo de implementação do LSS, abarcando 41% do peso total. Em seguida, a dimensão “Gestão de Pessoas” é a mais relevante, com um peso de 28%, destacando a importância do treinamento dos colaboradores no processo. Corroborando esse o processo de formação e treinamento em LSS é o segundo FCS mais frequente na literatura (SIMÕES e SCAVARDA, 2021). Por fim, para completar esse nível, as duas outras dimensões, “Estrutura Organizacional” (15,8%) e “Gestão de Processos” (14,1%), possuem o mesmo peso, aproximadamente. Descendo um nível na hierarquia, os fatores também podem

ser classificados em ordem decrescente de relevância geral. Os cinco principais (representando juntos 80% dos pesos) são: “Disseminação da Cultura Lean Six Sigma pela alta gerência”, “Processo de treinamento de ferramentas Lean”, “Acompanhamento interdepartamental da produção (visão sistêmica)”, “Alinhamento da implementação do Lean Six Sigma a estratégia da organização” e “Cultura de melhoria contínua presente em todos os colaboradores da organização”.

A partir dessa ordenação, através dos pesos calculados pelo método AHP, é possível chegar a algumas conclusões. Na dimensão “Gestão de Pessoas”, o treinamento sobre as ferramentas enxutas se mostrou muito mais relevante para a implementação do que o processo de certificação de *belts*. Embora os fatores tenham sido ponderados para o contexto ETO, mais uma vez é possível confirmar, que o apoio da alta gerência durante o processo de implementação do LSS é essencial (YADAV *et al.*, 2018a; STANKALLA *et al.*, 2018; SWARNAKAR *et al.*, 2020, WALTER e PALADINI, 2019). Vale destacar que o terceiro fator mais relevante, o “Acompanhamento interdepartamental da produção (visão sistêmica)”, foi originado durante o grupo focal. Ou seja, trata-se de um FCS não encontrado previamente na literatura que se destacou como o aspecto mais importante da dimensão “Gestão de Processos”.

A definição dos parâmetros e pesos configura um novo MME, específico para sistemas ETO, sendo uma importante contribuição desta pesquisa para a literatura e para os gerentes desse tipo de organização. Além disso, este trabalho também resulta em *insights* práticos fornecidos pela Pesquisa-Ação (Coughlan e Coughlan, 2002). Nessa etapa, um ciclo de melhoria contínua CAPDo foi perseguido por uma organização ETO a fim de alavancar seu nível de maturidade em LSS. Como o nível de maturidade em LSS da organização nunca fora medido, essa adaptação do ciclo PDCA é de fato útil, conforme apontado por Ani *et al.* (2019). Por isso, este trabalho desenvolveu uma ferramenta de avaliação do nível de maturidade em LSS de uma organização ETO – um questionário composto pelos 11 FCS, seus respectivos pesos e os níveis de maturidade do modelo AIDA (Rawal, 2013).

Dessa forma, a fase inicial da Pesquisa-Ação (*check*) foi iniciada com a aplicação do questionário de avaliação na organização colaboradora, resultando em um LSSGI de 2,03 que classifica a organização no nível de “Aplicação”. A alta aderência da pesquisa em diferentes cargos e níveis da organização forneceu um grande conjunto de dados para a próxima fase (*analyze*). Nessa etapa, foram

definidos os 5 principais fatores e quais eram as oportunidades de melhoria em cada um deles.

A meta de melhoria foi calculada melhorando os 5 principais fatores no período de um ano. No entanto, este trabalho possui um limite de tempo menor. Essa divergência era esperada, uma vez que a Pesquisa-Ação está sempre sujeita a mudanças da organização participante, podendo levar um tempo mais do que o disponível em algumas pesquisas. Considerando essa limitação, não foi possível rodar ciclo CAPDo para todos os principais fatores, seguindo apenas o fator “Processo de treinamento em ferramentas lean” para as fases de planejamento e ação. Vale ressaltar que, o ciclo de melhoria segue na organização e futuramente esses resultados poderão ser aferidos e publicados.

Seguindo com o ciclo de melhoria, a fase de planejamento foi realizada através de *brainstorming* com os gestores da organização e elaboração de planos de ação. Em resumo, as ações definidas foram a elaboração de um material de treinamento sobre o LSS; e o treinamento do dpto2. Embora a melhoria tenha sido finalizada para apenas um fator, foi possível verificar que ações simples, porém direcionadas ao departamento e aos cargos corretos, podem elevar consideravelmente o nível de maturidade da organização. O impacto dessa única ação resultou no aumento de 0,05 ponto no LSSGI. Assim, é possível perceber que a utilização do ciclo CAPDo é capaz de guiar uma implementação do LSS. Para além dessa comprovação, a alta gerência da organização afirmou que a avaliação do nível de maturidade – estratificado por departamentos e cargos – ajudarão a guiar os próximos passos da implementação na companhia.

A medida que a Pesquisa-Ação foi avançando, cada etapa ajudou a desenhar um *framework* para facilitar a realização de novos ciclos de melhoria. Esse artefato pode ser utilizado como um guia para outras organizações ETO que estejam implementando a abordagem LSS de modo a direcionar os esforços das organizações para o avanço da sua maturidade. Além disso, através da ferramenta de avaliação desenvolvida neste trabalho outras organizações ETO podem realizar um diagnóstico detalhado do seu grau de prontidão para o LSS em cada um dos principais FCS.

A utilização do LGSSI para comparação entre diferentes organizações, ampliando o que foi feito por Moya et al. (2019) também é uma oportunidade para pesquisas futuras. Por fim, a partir da discussão levantada sobre a alta subjetividade na avaliação de alguns FCS, novas ferramentas de nivelamento de maturidade podem ser desenvolvidas, levando em consideração aspectos quantitativos e a interdependência entre os fatores.

8

Referências bibliográficas

ALBLIWI, S. et al. Critical failure factors of Lean Six Sigma: A systematic literature review. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.31, n.9, p.1012-1030, 2014.

ALI, S.M. et al. Barriers to lean six sigma implementation in the supply chain: An ISM model. **Computers & Industrial Engineering**, v.149, 2020.

ANI, M. N. C.; KAMARUDDIN, S.; AZID, I. A. Leanness production system through improving of upstream process based on check-act-plan-do cycle. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 11, n. 2-3, p. 95-113, 2019.

ANTHONY, S.G.; ANTONY, J. A leadership maturity model for implementing Six Sigma in academic institutions – using case studies to build theory. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 12, n. 3, p. 675-692, 2021.

ANTONY, J et al. A study into the reasons for process improvement project failures: results from a pilot survey. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.36, n.10, p. 1699-1720, 2019.

ANTONY, J.; BANUELAS, R.. Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. **Measuring Business Excellence**, v.6, n.4, p.20-27, 2002.

ANTONY, J.; SNEE, R.; HOERL, R. Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.34, n.4, p.1073-1093, 2017.

ARKSEY, H.; O'MALLEY, L. Scoping studies: towards a methodological framework. **International Journal of Social Research Methodology**, v.8, n.1, p.19-32, 2005.

ARMSTRONG, R. et al. 'Scoping the scope' of a Cochrane Review. **Journal of Public Health**, v.33, n.1, p.147-150, 2011.

BESSANT, J.; CAFFYN, S.; GALLAGHER, M. An evolutionary model of continuous improvement behaviour. **Technovation**, v. 21, p. 67-77, 2001.

BENTO, G. S.; TONTINI, G. Developing an instrument to measure lean manufacturing maturity and its relationship with operational performance. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 29, n. 9-10, p. 977-995, 2018.

BENTO, G. S.; TONTINI, G. Maturity of lean practices in Brazilian manufacturing companies. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 30, p. 114-128, 2019.

BIRKIE, S. E.; TRUCCO, P. Understanding dynamism and complexity factors in engineer-to-order and their influence on lean implementation strategy. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 5, p. 345-359, 2016.

BISHOP, D.; REEVES, K. How to build a quality management climate in a small to medium enterprise. An action research project. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 13, n. 2, p. 342-360 2021.

CARVALHO, A. N.; OLIVEIRA, F.; SCAVARDA, L. F. Tactical capacity planning in a real-world ETO industry case: a robust optimization approach. **International Journal of Production Economics**, v.180, p.158-171, 2016.

CERYNO, P. et al. Supply Chain Risk Management: A Content Analysis Approach. **International Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 4, p. 141-150, 2013

CHIERA, M. et al. Lean maturity assessment in eto scenario. **Applied Sciences**, v. 11, n. 9, p. 3833, 2021.

CHONG, J. Y.; PERUMAL, P. A. Conceptual Framework for Lean Manufacturing Implementation in SMEs with PDCA Approach. In: **Symposium on Intelligent Manufacturing and Mechatronics**. Springer, Singapore, p. 410-418, 2019.

CMMI Product Team. **CMMI for Development, Version 1.3**. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2010. Disponível em: <<http://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?AssetID=9661>> Acesso em: 29 mar. 2022.

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.

DE PAULA, I.C.; FOGLIATTO, F.S.; CRISTOFARI, C.A. Method for assessing the maturity of product development management: a proposal. **African Journal of Business Management**, v. 6, n. 38, p.10285-10302, 2012.

DOOLEY, K.; SUBRA, A.; ANDERSON, J. Maturity and its impact on new product development project performance. **Research in Engineering Design**, v. 13, n. 1, p. 23-29, 2001.

ESTAMPE, D; LAMOURI, S.; PARIS, J. A framework for analysing supply chain performance evaluation models. **International Journal of Production Economics**, v. 142, n. 2, p. 247-258, 2013.

- FLEISS, Joseph L. Measuring nominal scale agreement among many raters. **Psychological Bulletin**, v. 76, n. 5, p. 378, 1971.
- FORMAN, E.; PENIWATI, K.. Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 108, n. 1, p. 165-169, 1998.
- FRASER, P.; MOULTRIE, J.; GREGORY, M. The use of maturity models/grids as a tool in assessing product development capability. **International Engineering Management Conference**, v.1, p. 244-249, 2002.
- HICKS, C.; MCGOVERN, T.; EARL, C. F. A typology of UK engineer-to-order companies. **International Journal of Logistics**, v. 4, n. 1, p. 43-56, 2001.
- HO, W.; MA, X. The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 267, n. 2, p. 399-414, 2018.
- JEYARAMAN, K.; TEO, L. K. A conceptual framework for critical success factors of lean Six Sigma: Implementation on the performance of electronic manufacturing service industry. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 3, p. 191-215, 2010.
- JØRGENSEN, F. et al. Lean maturity, lean sustainability. **Advances in Production management Systems**, v. 246, p. 371-378, 2007.
- KOSIERADZKA, A.; CIECHAŃSKA, O. Impact of enterprise maturity on the implementation of six sigma concept. **Management and Production Engineering Review**, v. 9, n. 3, p. 59–70, 2018.
- LEKSIC, I.; STEFANIC, N.; VEZA, I. The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction. **Advances in Production Engineering & Management**, v. 15, n. 1, p. 81–92, 2020.
- LEMIEUX, A.A.; LAMOURI, S.; PELLERIN, R.; TAMAYO, S. Development of a leagile transformation methodology for product development. **Business Process Management Journal**, v. 21, n. 4, p. 791-819, 2015.
- LEMIEUX, A.A.; PELLERIN, R.; LAMOURI, S. A mixed performance and adoption alignment framework for guiding leanness and agility improvement initiatives in product development. **Journal of Enterprise Transformation**, v. 3, n. 3, p. 161-186, 2013.
- MAASOUMAN, M.A.; DEMIRLI, K. Development of a lean maturity model for operational level planning. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 83, n. 5-8, p. 1171-1188, 2016.

- MAIER, H.T.; SCHMIEDBAUER, O.; BIEDERMANN, H. Development of a Generic Framework to Assess Asset Management Maturity within Organisations. **Tehnički Glasnik**, v. 15, n. 2, p. 235-241, 2021.
- MAIER, H.T.; SCHMIEDBAUER, O.; BIEDERMANN, H. Validation of a Lean Smart Maintenance Maturity Model. **Tehnicki Glasnik**, v. 14, n. 3, p. 296-302, 2020.
- METTLER, T.; ROHNER, P.; WINTER, R.: Towards a classification of maturity models in information systems. **Management of the Interconnected World**, p. 333–340. Physica-Verlag HD (2010).
- MOUMEN, M.; ELAOUFIR, H. An integrated management system: from various aspects of the literature to a maturity model based on the process approach. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v. 23, n. 2, p. 218-246, 2018.
- MOYA, C. A. et al. A new framework to support Lean Six Sigma deployment in SMEs. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 10, n. 1, p. 58-80, 2019.
- MUNN, Z. et al. Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. **BMC Medical Research Methodology**, v. 18, n. 1, p. 1-7, 2018.
- MUSTAPHA, M.R.; ABU HASAN, F; MUDA, M.S. Lean Six Sigma implementation: multiple case studies in a developing country. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.10, n.1, p. 523-539, 2019.
- NANTEE, N.; SUREEYATANAPAS, P. The impact of Logistics 4.0 on corporate sustainability: a performance assessment of automated warehouse operations. **Benchmarking: An International Journal**, v. 28, n. 10, p. 2865-2895, 2021.
- NESENSOHN C., BRYDE D., PASQUIRE C. A measurement model for Lean Construction maturity. **Lean Construction Journal**, v. 2016, p. 1-9, 2016.
- NESENSOHN, C. Maturity and maturity models in lean construction. **Australasian Journal of Construction Economics and Building**, v. 14, n. 1, p. 45-59, 2014.
- OMOTAYO, T.S. et al. Systems thinking and CMM for continuous improvement in the construction industry. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 69, n. 2, p. 271-296, 2019.
- PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Systematic Reviews**, v.10, n.1, p.1-11, 2021.
- PAKDIL, F.; LEONARD; K. M. Criteria for a lean organisation: development of a lean assessment tool. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 15, p. 4587-4607, 2014.

PANDEY, H.; GARG, D.; LUTHRA, S. Identification and ranking of enablers of green lean Six Sigma implementation using AHP. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v. 23, n. 2, p. 187-217, 2018.

PAPIC, L. et al. Significant Factors of the Successful Lean Six-Sigma Implementation. **International Journal of Mathematical Engineering and Management Sciences**, v.2, n.2, p. 85-109, 2017.

PATEL, S. et al. Lean Six Sigma: literature review and implementation roadmap for manufacturing industries. **International Journal of Business Excellence**, v. 19, n. 4, p. 447-472, 2019.

PRYBUTOK, V. R.; RAMASESH, Ranga. An action-research based instrument for monitoring continuous quality improvement. **European Journal of Operational Research**, v. 166, n. 2, p. 293-309, 2005.

RAVAL, S. J.; KANT, R.; SHANKAR, R. Lean Six Sigma implementation: modelling the interaction among the enablers. **Production Planning & Control**, v.29, n.12, p. 1010-1029, 2018a.

RAVAL, S.J.; KANT, R.; SHANKAR, R. Revealing research trends and themes in Lean Six Sigma: from 2000 to 2016. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 9, n. 3, p. 399-443, 2018b.

RAWAL, P. AIDA Marketing Communication Model: Stimulating a purchase decision in the minds of the consumers through a linear progression of steps. **International Journal of Multidisciplinary Research in Social & Management Sciences**, v. 1, n. 1, p. 37-44, 2013.

REIS, L.V.; KIPPER, L.M.; VELASQUEZ, F.D.G.; HOFMANN, N.; FROZZA, R.; OCAMPO, A.S.; HERNANDEZ, C.A.T. A model for Lean and Green integration and monitoring for the coffee sector. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 150, p. 62-73, 2018.

RODEGHERI, P.M.; SERRA, S.M.B. Maturity models to evaluate lean construction in Brazilian projects. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 17, n. 2, 2020.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SAATY, T. L. Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 13, n. 1, p. 1-35, 2004.

SAATY, T. L. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. **European Journal of Operational Research**, v. 145, n. 1, p. 85-91, 2003.

- SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990.
- SALAH, S.; RAHIM, A.; CARRETERO, J.A. The integration of Six Sigma and lean management, **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, n.3, p.249-274, 2010.
- SCHROEDER, R.G. et al. Six Sigma: Definition and underlying theory. **Journal of Operations Management**, v.26, n.4, p.536-554, 2008.
- SCHUMACHER, S., BILDSTEIN, A., BAUERNHANSL, T. The Impact of the Digital Transformation on Lean Production Systems. **Procedia CIRP**, p. 783-788, 2020.
- SETIJONO D.; LAUREANI A.; ANTONY J. Critical success factors for the effective implementation of Lean Sigma: Results from an empirical study and agenda for future research. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.3, n.4, p.274-283, 2012.
- SHURRAB, H.; JONSSON, P.; JOHANSSON, M. I. A tactical demand-supply planning framework to manage complexity in engineer-to-order environments: insights from an in-depth case study. **Production Planning & Control**, v. 33, n.5, p. 462-479, 2022.
- SIMÕES, P. S.; SCAVARDA, L. F.: Fatores críticos de sucesso na implementação de Lean Six Sigma: uma revisão da última década. In: XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (2021).
- SIMÕES, P. S. et al.: Lean Maturity Models: A Scoping Review. In: 28th International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management (2022).
- SINGH M.; RATHI R. Investigation of critical success factors associated with Lean Six Sigma implementation in MSMEs using best worst method. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v.12, n.2-3, p 209-233, 2020.
- SINGH, M.; PANT, M. A review of selected weighing methods in MCDM with a case study. **International Journal of System Assurance Engineering and Management**, v. 12, n. 1, p. 126-144, 2021.
- SNEE, R.D. Lean Six Sigma—getting better all the time. **International Journal of Lean Six Sigma**. v.1 n.1, p.9-29, 2010.
- SOARES, G. P. et al. A fuzzy maturity-based method for lean supply chain management assessment. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 12, n. 5, p. 1017-1045, 2021.
- SONY, M; ANTONY, J; NAIK, S. How do organizations implement an effective LSS initiative? A qualitative study. **Benchmarking-An International Journal**, v.27, n.5, p. 1657-1681, 2020.

- SREEDHARAN, V.R. et al. Assessment of critical failure factors (CFFs) of Lean Six Sigma in real life scenario Evidence from manufacturing and service industries. **Benchmarking-an International Journal**, v.25, n.8, p. 3320-3336, 2018a.
- SREEDHARAN, V.R.; SUNDER, M.V.; RAJU, R. Critical success factors of TQM, Six Sigma, Lean and Lean Six Sigma A literature review and key findings. **Benchmarking-an International Journal**, v.25, n.9, p.3479-3504, 2018b.
- STÅLBERG, L.; FUNDIN, A. Lean production integration adaptable to dynamic conditions. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 29 n. 8, p. 1358-1375, 2018.
- STANKALLA R.; KOVAL O.; CHROMJAKOVA F. A review of critical success factors for the successful implementation of Lean Six Sigma and Six Sigma in manufacturing small and medium sized enterprises. **Quality Engineering**, v.30, n.1, p.1-34, 2018.
- SWARNAKAR V. et al. A multiple integrated approach for modelling critical success factors in sustainable LSS implementation. **Computers & Industrial Engineering**, v.150, n.4, p.106865, 2020.
- THOMAS, A. et al. Implementing Lean Six Sigma into curriculum design and delivery—a case study in higher education. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v.66, n. 5, p. 577-597, 2017.
- THOMÉ, A. M. T.; SCAVARDA, L. F.; SCAVARDA, A. J. Conducting systematic literature review in operations management. **Production Planning & Control**, v. 27, n.5, p. 408-420, 2016.
- TURNER, R. C.; CARLSON, I. Indexes of item-objective congruence for multidimensional items. **International journal of testing**, v. 3, n. 2, p. 163-171, 2003.
- VELDMAN, J.; KLINGENBERG, W.. Applicability of the capability maturity model for engineer-to-order firms. **International Journal of Technology Management**, v. 48, n. 2, p. 219-239, 2009.
- VERRIER, B.; ROSE, B.; CAILLAUD, E. Lean and Green strategy: the Lean and Green House and maturity deployment model. **Journal of Cleaner Production**, v. 116, p. 150-156, 2016.
- WALTER, O.M.F.C.; PALADINI, E.P. Lean Six Sigma in Brazil: a literature review. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 10, n. 1, p. 435-472 2019.
- WOMACK, J.P.; JONES, D.T. Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. **Journal of the Operational Research Society**, v.48, n.11, p.1148-1148, 1997.

YADAV, G.; DESAI, T.N. A fuzzy AHP approach to prioritize the barriers of integrated Lean Six Sigma. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.34, n.8, p. 1167-1185, 2017a.

YADAV, G.; DESAI, T.N. Analyzing Lean Six Sigma enablers: A hybrid ISM-fuzzy MICMAC approach. **The TQM Journal**, v.29, n.30, p.488-511, 2017b.

YADAV, G.; DESAI, T.N. Lean Six Sigma: a categorized review of the literature. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.7, n.1, p.2-24, 2016.

YADAV, G.; SETH, D.; DESAI, T.N. Application of hybrid framework to facilitate lean six sigma implementation: a manufacturing company case experience. **Production Planning & Control**, v.29, n.3, p. 185-201, 2018b.

YADAV, G.; SETH, D.; DESAI, T.N. Prioritising solutions for Lean Six Sigma adoption barriers through fuzzy AHP-modified TOPSIS framework. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.9, n.3, p. 270-300, 2018a.

YUIK, C. J.; PUVANASVARAN, P. Development of Lean Manufacturing Implementation Framework in Machinery and Equipment SMEs. **International Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 11, n. 3, p. 157-169, 2020.

ZAIN, R. M. et al. Using measures of agreement to evaluate a chronic problem of congestion in the empty container depots. **International Review of Management and Marketing**, v. 6, n. 4, p. 843-850, 2016.

ZAMANZADEH, V. et al. Design and implementation content validity study: development of an instrument for measuring patient-centered communication. **Journal of Caring Sciences**, v. 4, n. 2, p. 165, 2015.

ZANON, L. G.; ULHOA, T. F.; ESPOSTO, K. F. Performance measurement and lean maturity: congruence for improvement. **Production Planning & Control**, v. 32, n. 9, p. 760-774, 2020

Apêndices

I Grupo focal: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título do estudo: Melhoria de desempenho de sistemas produtivos *engineer-to-order* por meio de uma implementação bem-sucedida da abordagem LSS

Pesquisador (es) responsável (is): Philippe Simões e Luiz Felipe Scavarda

Instituição/Departamento: Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Telefone para contato: 21 998220025

Local da coleta de dados: Zoom e Google Docs

Prezado (a) Senhor (a):

Você está sendo convidado (a) a responder às perguntas deste questionário de forma totalmente **voluntária**. Antes de concordar em participar desta pesquisa e responder este questionário, é muito importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. Os pesquisadores deverão responder todas as suas dúvidas antes que você se decida a participar. Você tem o direito de **desistir** de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade e sem perder os benefícios aos quais tenha direito.

Objetivo do estudo: Este trabalho se propõe a desenvolver uma ferramenta de mensuração de maturidade LSS é desenvolvida a partir de Fatores Críticos de Sucesso (FCS) na implementação do LSS e um Modelo de Maturidade (MM). Utilizando uma metodologia híbrida, a definição dos itens a serem avaliados e seus pesos é realizada a partir de painéis com especialistas, utilizando o método Item-Objective Congruence (IOC), índice de Kappa de Fleiss e o método Analytic Hierarchy Process (AHP).

Procedimentos. A participação nesta pesquisa consistirá na resposta a três questionários. O primeiro serve para indicar a relevância de cada fator crítico de sucesso no processo de implementação de LSS em empresas ETO. O segundo para atribuir cada fator a uma dimensão. Por fim, o último formulário se trata de uma pesquisa de comparação par-a-par para o cálculo dos pesos de cada fator.

Benefícios. Esta pesquisa trará maior conhecimento sobre os fatores críticos de sucesso no processo de implementação de Lean Six Sigma em sistemas ETO.

Riscos. Sua participação ao responder aos questionários não representará qualquer risco de ordem física ou psicológica.

Sigilo. As informações fornecidas por você terão sua privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis. Os sujeitos da pesquisa não serão identificados em nenhum momento, mesmo quando os resultados desta pesquisa forem divulgados em qualquer forma.

Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto, eu _____

_____, estou de acordo em participar desta pesquisa, assinando este consentimento em duas vias, ficando com a posse de uma delas.

Dia 24 de fevereiro de 2022, Rio de Janeiro - RJ.

Assinatura (especialista participante da pesquisa)

Identidade (especialista participante da pesquisa)

Pesquisador responsável

II Pesquisa Online: Comparação par-a-par

Para cada dimensão, deve-se utilizar uma matriz de decisão quadrada, conforme descrito na subseção 3.2.2. A imagem a seguir ilustra as avaliações par a par que devem ser realizadas pelos *especialistas*, segundo a escala de Saaty (SAATY, 2008).

Qual das dimensões abaixo é a mais relevante? *

Estratégia Organizacional

Gestão de Processos

Quanto a dimensão escolhida acima é mais importante que a outra? *

Essa pergunta se refere ao item acima, responda de acordo com a Escala de Saaty apresentada.

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Igual Importância Extremamente + Importante

III Grupo focal: validação dos FCS pelo método IOC

Após uma reunião de introdução à pesquisa, os especialistas indicaram a relevância de cada fator em relação a implementação do LSS em empresas ETO. Para isso, perguntas como a seguir foram feitas.

Engajamento da alta gerência *

A alta gerência deve atuar como principal impulsionador principal na implementação do LSS, comunicar aos funcionários sobre as metas organizacionais, se envolver, liderar e se comprometer a conduzir à cultura LSS.

Pouco relevante

Relevante

Essencial

IV

Grupo focal: Atribuindo os FCS em dimensões

No mesmo dia que o formulário do Apêndice II foi aplicado, os especialistas em LSS relacionaram os FCS às dimensões abaixo (opção única) por meio de um outro formulário, também ilustrado abaixo.

Gerenciamento de Processos: essa dimensão deve contemplar os fatores relacionados ao sucesso dos processos do programa de implementação do LSS.

Estratégia Organizacional: nessa dimensão devem estar os fatores que são de responsabilidade da alta gerencia e estão relacionados ao Planejamento Estratégico da empresa

Relações Externas: não é possível ser enxuto sem olhar para todos os *stakeholders* no negócio. Nessa dimensão devem estar todos os fatores relacionados aos *stakeholders* externos à organização (fornecedores, governo, clientes, etc)

Gerenciamento de Recursos Humanos: essa dimensão deve contemplar os aspectos humanos necessários para o sucesso do Lean.

Gerenciamento de Projetos: essa dimensão deve reunir todos os aspectos necessários ao sucesso dos projetos LSS.

Alinhamento da implementação com a estratégia do negócio *

Assim como outros programas de melhoria contínua, o LSS não performa todo o seu valor se não for utilizado como filosofia suporte ao planejamento estratégico da companhia.

- 1. Estratégia atual da empresa
- 2. Estrutura Organizacional
- 3. Pessoas
- 4. Processos
- 5. Stakeholders
- Outros...

V

Pesquisa Online: Atribuindo os FCS em dimensões (parte 2)

Devido ao baixo índice do indicador *Kappa de Fleiss*, todos os critérios foram reescritos e um novo formulário foi enviado por e-mail para os participantes. Abaixo, segue a descrição das dimensões após a reestruturação.

- **Gestão de Processos:** Existem diversos processos que auxiliam na implementação do LSS. Como qualquer metodologia de melhoria contínua, a medição (coleta de dados) é importante para identificação de causas raízes e para controlar processo. Quanto mais estruturados são processos melhores são suas medições. Um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) pode ser um grande aliado das melhorias do LSS, facilitando o mapeamento e controle de processos. O controle de processos garante a continuidade das melhorias implementadas, sendo indicado um controle com Gestão à Vista, permitindo atuações rápidas.
- **Estratégia Organizacional:** O processo de implementação deve estar alinhado com a estratégia do negócio. Os resultados esperados pela implementação devem perseguir os objetivos estratégicos da companhia. Dessa forma, espera-se um alinhamento entre as melhorias provocadas pelos projetos e ferramentas com as metas do planejamento estratégico da organização. Além disso, deve fazer parte da estratégia da companhia acompanhar o processo de implementação e os seus ganhos.
- **Gestão de Pessoas:** A boa Gestão de Pessoas durante a implantações de melhorias se traduz em bons resultados. Para isso, se faz necessário líderes especializados em LSS para guiar os colaboradores por um pensamento mais enxuto. Além da parte motivacional, os colaboradores devem adquirir habilidades e expertises por meio de treinamentos e certificações - indicados de acordo com os diferentes perfis. Por fim, o programa LSS deve contar com mentores para guiar os líderes de projetos em direções convergentes com as metas estratégicas da companhia.
- **Cultura Organizacional:** Para implementação de programas de melhoria contínua como o LSS, a cultura organizacional deve ser flexível a mudanças e com foco total no cliente. Essa cultura deve ser impulsionada pela alta diretoria, de modo a disseminar o pensamento enxuto em todos os colaboradores e fornecedores. O ambiente de trabalho deve ser receptivo à novas ideias e mudanças, de modo que todos os colaboradores fiquem motivados ao fazer parte do processo de implementação do LSS.

Alinhamento da implementação com a estratégia do negócio *

O LSS deve fazer parte da estratégia organizacional de modo que seus resultados estejam busquem alcançar os objetivos estratégicos. Quando o programa LSS é pensado como parte da estratégia, ele ganha maior força na organização.

- 1. Estratégia Organizacional
- 2. Cultura Organizacional
- 3. Gestão de Pessoas
- 4. Gestão de Processos
- N/A

VI Pesquisa Ação: Avaliação de maturidade LSS na organização

A ferramenta de avaliação apresentada a seguir foi desenvolvida conforme a seção 5.2 e aplicada a diversos departamentos e níveis hierárquicos conforme descrito na subseção 5.3.1.

Nivelamento de Maturidade Enxuta (EP)

 philipessimoes@gmail.com (não compartilhado)
[Alternar conta](#)



*Obrigatório

Avalie como estamos hoje em relação aos principais fatores que influenciam no sucesso do Lean Six Sigma

****IMPORTANTE: Queremos saber o nível de maturidade de toda diretoria Execução da Produção. Essas questões NÃO são referentes a Globo como um todo e nem apenas ao Claquete de Outro.

Governança de metas estratégicas relacionados a implementação do Lean Six Sigma *

- Não há metas estratégicas relacionadas a implementação do Lean Six Sigma
- Existem metas estratégicas voltadas a qualidade e melhoria contínua, mas não relacionadas com a implementação do Lean Six Sigma
- Existem metas estratégicas relacionadas a implementação do Lean Six Sigma, mas faltam indicadores confiáveis que robusteçam essa medida.
- Existem metas relacionadas a implementação do Lean Six Sigma e a sua mensuração possui um processo bem padronizado e assertivo.