CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

METODOLOGIA SEIS SIGMA APLICADAS À GESTÃO DE RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.

Raissa Paraquett Vianna

Dissertação apresentada ao Programa/Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckowda Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador(a): Pedro Senna

Coorientador (a): Ana Carla de Souza Gomes dos Santos

Rio de Janeiro
Junho de 2025

METODOLOGIA SEIS SIGMA APLICADAS À GESTÃO DE RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Raissa Paraquett Vianna

Banca Examinadora:

_____

Presidente, Professor Dr. Pedro Senna (CEFET/RJ) (orientador)

_____

Professora Ana Carla de Souza Gomes dos Santos (CEFET/RJ) (Coorientadora)

_____

Professor Ormeu Coelho Da Silva Junior (CEFET/RJ)

_____

Professor Julio Cesar Ferro De Guimaraes (UFPE)

_____

Professor Leonardo Mangia Rodrigues (UFRJ)

Rio de Janeiro
Junho de 2025

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

V617 Vianna, Raissa Paraquett
Metodologia seis sigma aplicadas à gestão de riscos em cadeias de suprimentos: revisão sistemática da literatura/ Raissa Paraquett Vianna. — 2025.
66f. : il. color. , enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2025.
Bibliografia : f. 60-66
Orientador: Pedro Senna
Coorientadora: Ana Carla de Souza Gomes dos Santos

1. Bibliometria. 2. Logística empresarial. 3. Six sigma (Padrão de controle de qualidade). 4. Cadeia de logística integrada – Avaliação de riscos. 5. Administração de material. I. Senna, Pedro. (Orient.). II. Santos, Ana Carla de Souza Gomes dos (Coorient.). III. Título.

CDD 020.72

Elaborada pela bibliotecária Tania Mello – CRB/7 nº 5507/04

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar pela oportunidade e por me guiar até aqui me concedendo os melhores momentos, além de saúde para poder usufruir das mesmas.

Gostaria de agradecer a minha família, principalmente aos meus pais Renata Paraquett e Nélio Vianna, minha avó Sonia Paraquett e meu noivo Pedro Junior por sempre acreditarem no meu potencial, me incentivaram em cada decisão e me deram todo o suporte necessário para que fosse possível realizar o mestrado. Amo vocês.

Com esta pesquisa tive a oportunidade de conhecer colegas de profissão e professores maravilhosos, que levarei no meu coração por toda vida. Sou extremamente grata por todos vocês, grande parte do meu conhecimento atual devo a vocês.

Ao meu orientador e amigo, Pedro Senna, que desde o primeiro contato acreditou em mim e no meu potencial, me incentivou a todo o momento. Além de torcer pelo crescimento profissional e académico, oferecendo diversos conteúdos magníficos que aumentaram meu conhecimento.

Aos professores da banca, pela aceitação do convite e por todo o tempo e atençãodisponível para leitura e futuras contribuições de enriquecimento a este trabalho.

Aos professores e funcionários da secretaria da pós-graduação do CEFET/RJ do Maracanã por toda atenção.

A todos os meus amigos que estavam na torcida, acreditando e comemorando cada pequena conquista minha durante o processo, em especial ao meu amigo Wallice Medeiros que sempre me incentivou e ajudou em diversos momentos. A todos vocês minha eterna gratidão, muito obrigada.

Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoalde Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financiador 001.

EPÍGRAFE

“Não devemos permitir que alguém saia da nossa presença sem se sentir melhor e mais feliz.”

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

METODOLOGIA SEIS SIGMA APLICADAS À GESTÃO DE RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.

A cadeia de suprimentos é compreendida como um conjunto de atividades interligadas que envolvem o planejamento, a produção, o armazenamento e a entrega de produtos ou serviços ao cliente final. Para que essas atividades gerem resultados positivos, é essencial que sejam cuidadosamente planejadas e otimizadas de forma integrada entre os diversos setores organizacionais. Nesse contexto, a metodologia Seis Sigma vem sendo adotada com o propósito de reduzir a variabilidade dos processos e, mais recentemente, sua integração com práticas enxutas deu origem ao Lean Seis Sigma, ampliando o foco para a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua da performance da cadeia. Diante disso, esta pesquisa tem como objetivo analisar a aplicação da metodologia Seis Sigma na gestão de riscos em cadeias de suprimentos, de modo a identificar, avaliar e mitigar riscos sem comprometer a dinamicidade da cadeia, contribuindo para a competitividade organizacional, o aumento da receita e a redução de custos. Trata-se de um estudo de natureza qualitativa e quantitativa, fundamentado em 27 artigos científicos publicados e indexados na base Scopus entre 2003 e 2025. Os resultados evidenciam que a aplicação do Seis Sigma, especialmente por meio de ferramentas como o ciclo DMAIC e a FMEA, contribui significativamente para a redução de falhas operacionais, desperdícios e retrabalhos. Além disso, observa-se que a adoção do Lean Seis Sigma reforça os benefícios ao integrar práticas enxutas e estruturadas, promovendo decisões baseadas em dados, colaboração entre os agentes da cadeia e alinhamento entre os objetivos logísticos e estratégicos. Como principal contribuição, a pesquisa demonstra que a aplicação conjunta dessas metodologias fortalece a resiliência organizacional e representa uma abordagem eficaz para o aprimoramento da gestão de riscos em cadeias de suprimentos.

Palavras-chave: bibliometria; cadeia de suprimentos; seis sigma; gestão de risco em cadeias de suprimentos

ABSTRACT

SIX SIGMA METHODOLOGIES APPLIED TO RISK MANAGEMENT IN SUPPLY CHAINS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

The supply chain is understood as a set of interconnected activities involving the planning, production, storage and delivery of products or services to the end customer. For these activities to generate positive results, it is essential that they are carefully planned and optimized in an integrated manner between the various organizational sectors. In this context, the Six Sigma methodology has been adopted with the aim of reducing process variability and, more recently, its integration with lean practices has given rise to Lean Six Sigma, broadening the focus to the elimination of waste and the continuous improvement of the chain's performance.

In view of this, the aim of this research is to analyse the application of Six Sigma and Lean Six Sigma methodologies to risk management in supply chains, in order to identify, assess and mitigate risks without compromising the dynamism of the chain, contributing to organizational competitiveness, increased revenue and reduced costs. This is a qualitative and quantitative study based on 27 scientific articles published and indexed in Scopus between 2003 and 2025. The results show that the application of Six Sigma, especially through tools such as the DMAIC cycle and FMEA, contributes significantly to reducing operational failures, waste and rework. In addition, the adoption of Lean Six Sigma reinforces the benefits of integrating lean and structured practices, promoting data-based decisions, collaboration between chain agents and alignment between logistics and strategic objectives. As its main contribution, the research shows that the joint application of these methodologies strengthens organizational resilience and represents an effective approach to improving risk management in supply chains.

Keywords: bibliometrics; supply chain; six sigma; risk management in supply chains

SUMÁRIO

1 - Introdução....12
1.1 Objetivo....14
1.2 Motivação....15
1.3 Organização do Estudo....16
2 - Referencial teórico....17
2.1 Gestão de risco em cadeias de suprimentos....17
2.2 Qual são as principais lacunas da gestão de risco da cadeia de suprimentos?....18
2.3 Gestão de qualidade....20
2.4 Seis Sigma....21
2.5 Seis Sigma aplicado a gestão de cadeia de suprimentos....22
2.6 Lean Seis Sigma....23
2.7 Seis Sigam e Lean Seis Sigma....24
2.8 Colaboração no gerenciamento da cadeia de suprimentos....26
3. Metodologia....28
4. Resultados e discussões....30
4.1 Análise de dados quantitativos....30
4.2 Análise qualitativa....40
5. Vantagens e desvantagens dos artigos selecionados....48
6. Lacunas e oportunidades....53
7. Conclusão....58
8. Referências....60

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma de Gestão de Riscos SCM **Erro! Indicador não definido.**
Figura 2 - Método Seis Sigma para Melhorias 23
Figura 3 - Fluxograma de triagem 29
Figura 4 - Distribuição Anual dos Artigos 31
Figura 5 - Distribuição dos Principais Autores 32
Figura 6 - Distribuição do Principais Meios de comunicação 33
Figura 7 - Distribuição Geográfica dos Autores e Coautores Mundialmente 33
Figura 8 - Principais Autores ao Longo dos Anos 34
Figura 10 - Area Temática das Revistas 36
Figura 11 - Nuvem de Palavras 39
Figura 12 - Rede de Concorrência de Palavras 40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Sistema Toyota de Produção 24
Tabela 2 - Listagem Dos Artigos Selecionados Após O Fluxograma De Triagem 36
Tabela 3 - Objetivo, Vantagens E Desvantagens Dos Artigos Selecionados 48
Tabela 4 - Limitações E Oportunidades De Pesquisa Dos Artigos Selecionados 53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	Processo de Hierarquia Analítica
BI	Business Intelligence
CIMO	Contexto-Intervenção-Mecanismo-Resultado
DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar
FMEA	Análise de Modos de Falha e Efeitos
GSCM	Gestão Verde da Cadeia de Suprimentos
IA	Inteligência Artificial
ISM	Modelagem Estrutural Interpretativa
ISSN	International Standard Serial Number
L6S	Lean Seis Sigma
QM	Quality Management
QFD	Desdobramento da Função Qualidade
SCC	Coordenação Da Cadeia De Suprimentos
SCM	Supply Chain Management
SC	Supply Chain
SCRM	Supply Chain Risk Management
SCOR	Supply Chain Operations Reference
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, and Customers
T FMEA	Transacional Análise de Modos de Falha e Efeitos
TQM	Gestão da Qualidade Total
6S	Seis Sigma

1 - Introdução

A gestão da cadeia de suprimentos (Supply Chain Management - SCM) consiste em um importante desafio para as organizações atuais, sobretudo devido ao ambiente dinâmico no qual estão inseridas. As empresas enfrentam desafios significativos ao gerenciar e reduzir riscos e impactos ambientais (KARIMAH et al., 2016). No entanto, as empresas que aplicam a gestão e o controle de sua SCM otimizam seus recursos, maximizam seu retorno econômico e fomentam seu processo de vantagem competitiva.

À medida que as cadeias de suprimentos se tornam mais complexas, globais e interdependentes, crescem também os riscos operacionais, exigindo estratégias de gerenciamento de riscos mais abrangentes e adaptativas (HO et al., 2020). As operações ágeis e o aumento das ameaças dos concorrentes contribuíram para a importância de gestão de risco das cadeias de suprimentos (Supply Chain – SC) (COLICCHIA et al., 2012). Os membros da cadeia devem empreender um esforço conjunto para identificar maneiras de gerenciar o risco de rupturas, minimizar o impacto das interrupções (KEI TSE et al., 2016) e, ao mesmo tempo, desenvolver estratégias de mitigação de risco (FILBECK et al., 2016). Neste sentido, líderes da SC acreditam que o gerenciar riscos em cadeias de suprimentos (supply chain risk management – SCRM) vem se consolidando como um conceito e um conjunto de práticas essenciais (TRKMAN et al., 2016). A gestão de riscos na cadeia de suprimentos consolidou-se como uma competência organizacional estratégica, especialmente após a pandemia (PETTIT et al., 2019).

Os sistemas produtivos apresentam comportamentos dinâmicos e complexos devido à interação de diversos recursos. A gestão da cadeia de suprimentos e da qualidade do processo podem ser vistas como filosofias diferentes, porém ambas possuem o mesmo objetivo que é a satisfação do cliente. Para desenvolvimento destas duas áreas é necessário a aplicação de um quadro integrado, pois o mesmo enfatiza a globalização do foco interno, qualidade, com o foco externo, cadeia de suprimentos. Em termos práticos, a implementação deste mecanismo é dificultada devido a informações com pouca clareza, diferentes pontos de partidas e diversos objetivos primários. No entanto, a integração entre gestão da qualidade e SCM é fundamental para alcançar desempenho superior e atender às crescentes demandas de clientes (SINGH et al., 2021). A adoção de práticas Seis Sigma tem levado empresas a reconfigurarem seus modelos de negócios, adotando operações mais enxutas e resilientes. (BEN RUBEN et al., 2021).

A gestão de qualidade (Quality Management - QM) e a gestão de cadeia de suprimentos podem ser vistas como filosofias de gestão com objetivos diferentes pois QM visa o foco

interno, já o SCM prioriza os parceiros externos, no entanto, ambas possuem o mesmo objetivo principal que é a satisfação do cliente. Portanto, é necessário que haja uma estrutura integrada, mesmo que na prática seja complicado devido a definições pouco claras, diferentes pontos de partidas e diversos objetivos primários. SCM e gestão de qualidade QM visam melhorar o desempenho de toda cadeia de suprimentos, e não apenas o desempenho da organização individual.

Com a finalidade de minimizar os erros e os desperdícios, uma alternativa é a aplicação do método Seis Sigma. O método seis sigma aplicado às cadeias de suprimentos possibilita estabelecer uma ligação entre o mercado, rede de distribuição, processo produtivo e setor de compras, a fim de que os clientes obtenham o maior nível de serviço possível com menor custo, adquirindo assim melhoria na qualidade do produto ou serviço. A aplicação do Seis Sigma em cadeias de suprimentos permite reduzir riscos operacionais e alinhar processos com foco na excelência e resiliência (KUMAR et al., 2022). O uso deste método vem sendo adotado por muitas empresas de serviços e de produtos, possuindo múltiplos proponentes da abordagem e sugerindo que o programa se desenvolveu para além do controle de qualidade, expandindo-se em um conceito mais amplo relacionado ao processo de melhoria integral. A metodologia Seis Sigma busca a melhoria da qualidade e desempenho dos processos ao reduzir sua variabilidade e alcançar um nível de excelência correspondente a 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (ANTONY et al., 2019).

O método seis sigma pode ser incluído no domínio do controle de qualidade e no domínio da gestão da cadeia de suprimentos, pois ambos visam a qualidade do processo e satisfação do cliente. Os gerentes devem analisar o processo interno e externo, com foco na gestão de qualidade, que são fundamentais na gestão da cadeia de suprimentos. Existem grandes empresas internacionais que usam está combinação de gestação de qualidade e chamam de Lean Seis Sigma, e apresentam um sucesso no uso conjunto destes métodos (ANDERSSON et al., 2014). A aplicação do Lean Seis Sigma permite ganhos significativos de eficiência, redução de custos e robustez da cadeia frente a incertezas (SANTOS et al., 2021).

Lean Seis Sigma (L6S) é uma metodologia de gerenciamento que as empresas utilizam com o objetivo de alcançar melhorias substanciais no desempenho da cadeia de suprimentos. É uma abordagem de desenvolvimento porque oferece soluções para muitos problemas enfrentados pelas empresas (SNEE et al., 2010) e agrega valor as organizações (TSIRONIS et al. 2016). Para implementação é necessário que os gerentes observem além dos processos internos, organizações e os membros da cadeia externos, pois a partir deles que existem as maiores variações, ou seja maiores imprevistos dentro de uma cadeia de produção.

Pesquisas atuais mostram que o Lean Seis Sigma pode gerar lucros para a empresa, além de melhorar o relacionamento com os clientes, pois permite tornar os processos da cadeia de suprimentos mais robustos, flexíveis e menos arriscados. Essa abordagem tem sido amplamente adotada por grandes organizações globais, resultando em ganhos operacionais e competitivos significativos (NGUYEN et al., 2023).

Neste sentido, este trabalho tem como finalidade realizar um estudo bibliométrico com o objetivo de compreender a relação entre seis sigma e SCM, respondendo à questão de pesquisa: RQ - Como o seis sigma vem sendo usado para mitigar riscos em cadeias de suprimentos? Os resultados apontam os principais autores, periódicos, artigos e as principais redes cowords e cocitação.

1.1 Objetivo

À medida que a crescente complexidade das SCs, agravada pela globalização, digitalização e instabilidades externas, torna-se mais evidentes, as organizações são obrigadas a abordar estrategicamente a redução de riscos e a melhoria processual. Desta forma, a principal contribuição desta pesquisa é analisar como a metodologia Seis Sigma vem sendo aplicada na identificação, avaliação e mitigação de riscos em cadeias de suprimentos, por meio da implementação do método, visando aprimorar o gerenciamento de riscos, manter a dinamicidade da cadeia e, consequentemente, contribuir para a competitividade organizacional, o aumento da receita e a redução de custos.

A partir da teoria e prática apresentada nos artigos literários selecionados e no contexto de estudo dos 27 artigos científicos desta revisão bibliométrica, é possível concluir que a aplicação do Seis Sigma ao SCM tem alcançado diversos objetivos: aumento da eficiência, aprimoramento de fornecedores e monitoramento da seleção, falhas de processo logístico e operacional, resposta estruturada a eventos de risco. Todas essas abordagens fortalecem a cadeia e a tornam mais sustentável, adaptável e com capacidade de resposta, características-chave em um ambiente de mercado volátil.

Além disso, está pesquisa pretende demonstrar o uso empírico do Seis Sigma em vários setores e regiões do mundo para reduzir riscos logísticos, operacionais e de SCM em geral. A pesquisa bibliométrica feita identificou as estratégias, ferramentas, resultados e restrições mais comuns que de várias maneiras contribuíram para a construção de um conhecimento técnico sólido sobre os tipos e os níveis de implementação do Seis Sigma.

Assim, esta pesquisa sugere o amplo uso prático do Seis Sigma como estratégia de mitigação de riscos na SCM para gerenciar os riscos, mesmo mantendo a cadeia de forma

dinâmica, garantindo a competitividade da organização, aumentando a receita e diminuindo custo. A Figura 01 demostra o fluxograma da gestão de riscos na cadeia de suprimentos.

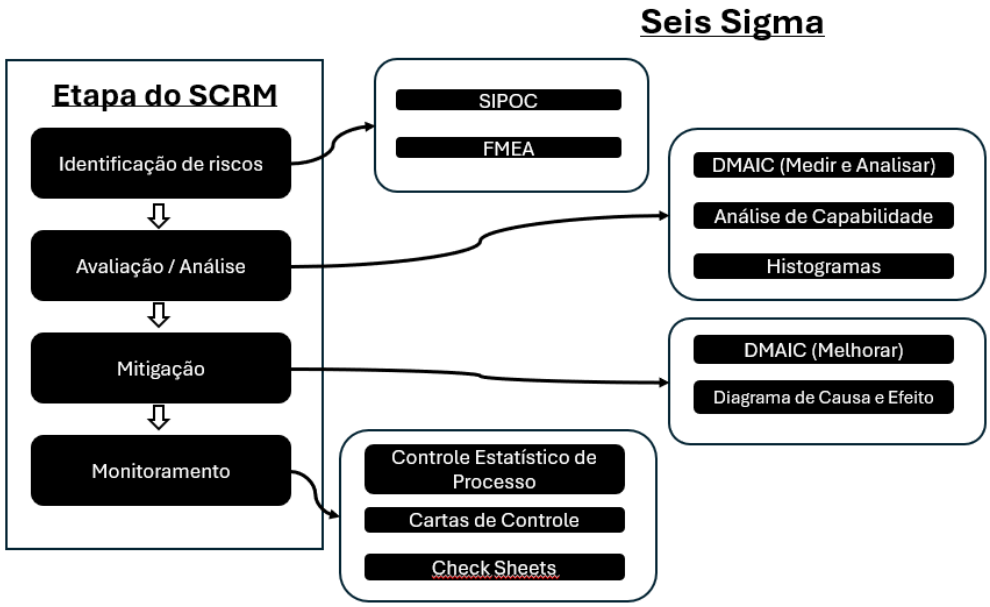


Figura 1 - Fluxograma de Gestão de Riscos SCM

Fonte: Autor (2025)

1.2 Motivação

O mercado atual é caracterizado por turbulências e incertezas, sendo assim, existem diversas exposições de riscos na cadeia de suprimentos. As empresas enfrentam desafios de gerenciar e reduzir riscos e impactos ambientais, além de, precisar se preparar para lidar com crises (OLSON et al., 2010). O risco pode interromper ou atrasar seriamente o fluxo de material, informação e dinheiro através SC de uma organização.

Podendo considerar que os negócios fossem todos previsíveis, constantes haveria poucos problemas, porém o desafio surge quando começam as variações. Se estas variações podem ser reduzidas, a consistência da operação como um todo pode ser garantida, criando assim um processo confiável e robusto (ANDERSON et al., 2014). Então, o SCRM desde 2020 atraiu uma atenção especial de académicos e profissionais, que vem se esforçando para identificar maneiras de gerenciar o risco de interrupção e minimizar o impacto negativo das interrupções da SC, além disso, desenvolve estratégias de mitigação de riscos da cadeia de suprimentos (FILBECK et al., 2016).

A gestão de qualidade e a gestão da cadeia de suprimentos são dois fatores de suma importância para minimizar os riscos de uma cadeia. QM visando a gestão interno e SCM

focando em parceiros externos, mesmo com objetivos diferentes, priorizam o mesmo fator, que é satisfação do cliente. Portanto, SCM e QM visam melhorar não apenas o desempenho da organização individual, mas também o desempenho de toda a cadeia de suprimentos.

Sendo assim, este estudo possui o foco em analisar como a metodologia Seis Sigma vem sendo aplicadas na identificação, avaliação e mitigação de riscos em cadeias de suprimentos, por meio da implementação do método 6S na gestão da cadeia de suprimentos, visando aprimorar o gerenciamento de riscos, manter a dinamicidade da cadeia e, consequentemente, contribuir para a competitividade organizacional, o aumento da receita e a redução de custos. Tanto Lean quanto Seis Sigma podem ser incluídos no domínio QM (ANDERSSON et al., 2007) e gestão da qualidade do fornecedor e foco no cliente são duas práticas QM que estão claramente no domínio do SCM. Hoje, muitas grandes empresas internacionais suecas, incluindo SKF, Volvo, Electrolux, Kinnarps, Alfa Laval e o grupo Ericsson, usam uma combinação de filosofia de gerenciamento de qualidade e a chamam de Lean Six Sigma. Algumas dessas empresas tiveram histórias de sucesso notáveis em relação ao uso conjunto de L6S (ANDERSSON et al., 2014).

1.3 Organização do Estudo

Esse estudo é organizado da seguinte maneira; este capítulo introdutório fornece uma visão geral de toda a pesquisa. O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica de todos os temas abordados nesta pesquisa, com o objetivo da compreensão dos resultados e propostas. O Capítulo 3 fornece o método do trabalho metodológico juntamente com a explicação do método, que orienta a execução desta pesquisa. Esta pesquisa é uma análise dos artigos científicos de maneira quantitativamente e qualitativamente direto do Scopus. O capítulo 4 apresenta resultados ilustrativos e interpretações com base nos artigos selecionados, informações dos autores, revistas, palavras-chave e tópicos do Seis Sigma e SCM. O capítulo 5 é dedicado a vantagens e desvantagens, uma avaliação dos artigos selecionados e seus pontos positivos e negativos. Na seção seguinte, o capítulo 6, possuem oportunidades para o trabalho futuro sobre Seis Sigma na SCM. O capítulo 7 destaca as conclusões da pesquisa, reflete sobre os objetivos e menciona várias contribuições. Finalmente, o capítulo 8 contém uma lista de referências.

2 - Referencial teórico

Nesta seção é apresentada a fundamentação teórica sobre os assuntos que norteiam a pesquisa. Esta seção inclui definição de conceitos importantes para a pesquisa como: Cadeia de suprimentos (SC), seis sigma (6S), lean seis sigma (L6S), entre outros. O referencial teórico desta pesquisa foi baseado em uma extensa leitura de artigos indexados, porém existe limitações, pois só foram considerações literaturas da língua inglesa, sendo considerada o idioma mais utilizado em pesquisa cientifica, além disso, para não tornar massivo e desgastante não foram exibidas toda referência teórica, mas sim as principais.

2.1 Gestão de risco em cadeias de suprimentos

O *Global Supply Chain Forum* (2016) define SCM como a integração de processos de negócios-chave a partir do consumidor por meio dos fornecedores que proporcionam produtos, serviços e informações que agregam valor para os consumidores e outros stakeholders. SCM também pode ser considerado como a coordenação sistemática de funções tradicionais de negócio e táticas empregadas na relação entre estas funções dentro de uma empresa particular e entre empresas diferentes de uma mesma cadeia, a fim de melhorar o desempenho a longo prazo das empresas (MENTZER et al., 2014).

As cadeias de suprimentos modernas caminham cada vez mais para integrações estratégicas e colaborativas, substituindo relações tradicionais fragmentadas por redes coordenadas que visam eficiência, agilidade e vantagem competitiva (SINGH et al., 2021). De acordo com o Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP et al., 2024), o SCM envolve a integração e coordenação de todas as atividades relacionadas à movimentação e transformação de produtos, desde a matéria-prima até o consumidor final, com o objetivo de agregar valor e gerar vantagem competitiva sustentável. Além disso, segundo relatório recente da WTW (2023), a gestão de riscos tornou-se prioridade nas cadeias globais, exigindo estratégias como diversificação de fornecedores, uso de tecnologias digitais e aumento da transparência para lidar com disfunções e garantir a continuidade dos negócios.

Ballou (2009) explica que todas as atividades são consideradas importantes para a disponibilização de bens e serviços para os consumidores, além disso considera como uma parte do processo a diferença entre cadeia de suprimentos contemporânea e logística tradicional. Sendo assim, os principais papéis da logística abrangem a informação, transporte, armazenagem, manuseio de materiais e embalagens (BOWERSOX et al., 2001). O *Council of Logistics Management* (2016) vai mais além e afirma que a parte logística de uma empresa

como: planejar, implementar e controlar a eficientemente o fluxo e estocagem de bens e/ou serviços e informações relacionadas fazem parte da cadeia de suprimentos, abrangendo assim desde o ponto de origem até o consumidor final.

Heaney (2015) explica que no cenário atual as empresas coordenam grande quantidade de informações, logo precisam usar cada vez mais técnicas como *Business Intelligence* (BI) para tomada de decisão. Essas técnicas permitem identificar os riscos da cadeia de abastecimento com base na análise de dados.

Contudo, o SCM possui riscos em sua aplicação que podem causar vulnerabilidade, como por exemplo: impactos e interrupções nas atividades de logística, recursos, fluxo de materiais e informações na cadeia de abastecimento (BRINDLEY et al., 2004). Sendo assim, a gestão de risco da cadeia de suprimentos é descrita como um conjunto de processos para identificar e mitigar potenciais riscos (MANUJ et al., 2008), podendo seguir 5 etapas (HO et al., 2015): i) Identificação de riscos - processo que identifica tipos e fatores de risco; ii) Avaliação de risco - processo que avalia a probabilidade e impacto da ocorrência de um evento; iii) Mitigação de risco - processo para mitigar a probabilidade de um evento ocorrendo; iv) Monitoramento de riscos - processo que detecta a ocorrência de uma interrupção; v) Risco recuperação: processo para recuperação rápida da cadeia de abastecimento durante uma ocorrência.

Os riscos muitas vezes surgem na interface entre os parceiros da cadeia de abastecimento, ou até mesmo, em fatores como falta de alinhamento cultural e comunicação ineficaz. No que diz respeito à gestão, o risco pode ocorrer em todas as camadas e é inerente à ocorrência de informações desencontradas que estão presentes ao operar através das unidades de negócios e limites da empresa (KEITSE et al., 2016).

O SCRM deve ser analisado como uma abordagem para aumentar o valor para a empresa, seus clientes e acionistas (TRKMAN et al., 2016). Deve ser definido como a identificação e gestão de riscos para a cadeia de suprimentos por meio da abordagem de coordenada entre membros da cadeia, a fim de reduzir a vulnerabilidade da cadeia de abastecimento, como um todo.

2.2 Qual são as principais lacunas da gestão de risco da cadeia de suprimentos?

O processo de gerenciamento de risco da cadeia de suprimentos é composto por quatro componentes principais: (1) identificação de risco; (2) avaliação; (3) decisão e implementação de gerenciamento de riscos e (4) monitoramento de risco (BLACKHURST et al., 2009). Com

o objetivo de mitigar os erros na cadeia é necessário que as empresas planejem estratégias de forma proativa, pois é melhor planejar os possíveis riscos do que ter que reagir a eles no ápice da crise, além disso, às práticas de gerenciamentos de risco devem incluir abordagens preventivas e reativas (KEI TSE et al. 2011). Essa abordagem proativa tem se mostrado ainda mais necessária frente à volatilidade dos mercados globais, conforme apontam (NGUYEN et al., 2023), que destacam a aplicação de metodologias de melhoria contínua como suporte à resiliência da cadeia de suprimentos.

A gestão de risco de cadeia de suprimentos é bastante eficaz quando não há imprevisto, mudanças ou variações, porém quando isto ocorre começam a surgir rapidamente os riscos em número e magnitude (WILLIAMS et al., 2006). Com o objetivo de reduzir os mesmos, é necessário focar em ambientes incertos, como por exemplo na flexibilidade da cadeia de suprimentos e áreas externamente (SREEDEVI et. al., 2017). Boa parte das vulnerabilidades nas cadeias de suprimentos decorre de decisões estratégicas tomadas internamente pelas organizações, como estruturas de sourcing global, just-in-time extremo e terceirizações mal planejadas (HO et al., 2020).

O risco normalmente é descrito por uma situação que pode levar consequências há um certo nível de probabilidade de que ocorra. Possui dois grandes dimensões: (1) a magnitude do efeito negativo; e (2) a respectiva probabilidade de ocorrência (KEI TSE et al., 2016). A gestão consiste na identificação, avaliação e priorização dos riscos, além disso, requerer a aplicação coordenada e econômica de recursos para minimizar, monitorar e controlar o impacto desses possíveis eventos (HUBBARD et al., 2016).

Fontes de risco da cadeia de suprimentos são quaisquer variáveis que não podem ser previstas com certeza, com clarezas, ou seja, podem surgir rupturas. Os riscos são divididos em três tipos e subdivididos em cinco categorias de fonte de risco da cadeia de suprimentos (CHRISTOPHER et al., 2003). Estudos mais recentes, como o de Pettit, Croxton e Fiksel (2019), também classificam os riscos de acordo com sua origem (internos e externos), mas destacam a importância de capacidades organizacionais específicas para mitigar cada tipo de ameaça de forma coordenada.

Eles são divididos da seguinte maneira:

- Risco de processos
- Risco de controle
- Risco de oferta
- Risco de demanda

- Risco Ambiental

Dois destes riscos, o risco de processos e de controle, são considerados internos as empresas, já os riscos de demanda e oferta são considerados externos, porém interno à rede da cadeia de suprimentos. Já os riscos ambientais são considerados externos à rede, pois independe do processo interno.

A gestão de risco da cadeia de suprimentos surgiu com uma questão crítica da oferta globalizada das cadeias e interrupções das mesmas devido aos fatores externos. Este processo não é apenas com o objetivo de mitigar os eventos, mas também é pela abordagem de aumento de valor para a empresa e seus clientes e acionistas (TRKMAN et al., 2016). A gestão pode ser definida como a identificação e gestão de riscos para a cadeia de suprimentos por meio de uma abordagem coordenada entre membros da cadeia de abastecimento, a fim de reduzir a vulnerabilidade da cadeia de abastecimento, como um todo. Diferentes tipos de ferramentas e métodos são necessários para minimizar os erros, e a gestão de qualidade os oferece, como por exemplo, Seis Sigma, Lean Seis Sigma.

2.3 Gestão de qualidade

As dificuldades em gestão de qualidade são similares aos de controle de qualidade, como por exemplo a preocupação com as fontes de variação ao invés de uma previsão precisa de qualquer fator de risco especifica, pois em toda cadeia de produção existem diversos fatores que podem vir a interferir na cadeia como um todo. Existe indicações de que essas variações podem ser controladas e calculadas com ferramentas estatísticas, sem dificuldades indevidas, tornando assim um processo com menos variações e monitoramento, logo minimizando os riscos.

A aplicação de controle de qualidade no gerenciamento de cadeia de suprimentos é um assunto discutido por diferentes autores, que argumentam sobre a importância de diferenciar entre o acaso e as causas especificas que são padrões em gestão de qualidade e vital na gestão de riscos. Além disso, este método pode esclarecer e reduzir riscos operacionais, porém estes riscos são causados por falhas relacionadas aos processos internos, pessoas e sistemas, ou até mesmo a eventos externos. Para muitas organizações é a forma mais comum e mais perigosa de ocorrer falhas, no entanto, é a mais estruturada e com mais experiência para se lidar. O controle de qualidade é uma ferramenta desenvolvida e estudada para tornar o processo mais eficaz com recursos organizacionais e mudanças culturais, pois a mesma é causada por variações em novas circunstâncias estão mais relacionadas a pessoas, quando comparadas com o processo. Devido a este fato, é necessária uma comunicação clara e rápida, assim, diferentes

tipos de ferramentas e métodos são necessários, sendo apresentadas pela gestão de qualidade e impactando na gestão da cadeia de suprimentos e no método seis sigma.

2.4 Seis Sigma

A metodologia seis sigma foi criada com o objetivo estratégico de melhoria de processos de negócios mais promissores. Foi usado por inúmeras empresas de diversas classes mundiais por mais de três décadas (ANTONY et al., 2019). Sua função é melhorar os processos de negócios com base no mínimo de desperdício, controle da variação e redução do custo da qualidade (BENDELL et al., 2006). Esta estratégia tornou uma das mais significativas para melhorar processos e produtos (TLAP et al., 2016), e sugere que há uma correlação direta entre qualidade do produto e satisfação do cliente (TSIRONIS et al., 2016). Usando métodos estatísticos para identificar defeitos e melhorar processos e, ao mesmo tempo, responder as vozes dos clientes (TSIRONIS et al., 2016). Além disso, para as empresas que desejam aderir a este método, tem cursos de treinamento padronizados. Hoje, grandes organizações e pequenas e médias empresas (PMEs) estão usando seis sigma (KUMAR et al., 2008). Estudos recentes confirmam que o Seis Sigma continua sendo uma abordagem eficaz para elevar o desempenho operacional e mitigar falhas em processos críticos, inclusive no contexto de SC cada vez mais pressionadas por incertezas (KUMAR et al., 2022).

O objetivo é incluir ideias de melhoria contínua, organização achatada de estruturas, trabalho em equipe, eliminação de desperdícios, uso eficiente de recursos e fornecimento cooperativo gestão da cadeia (RAGHU KUMAR et al., 2016). A metodologia fornece um conjunto de soluções padrões para problemas comuns e otimiza processos em todo o valor cadeia (DE KONING et al., 2008), baseado em um conjunto de valores e princípios que são atualizados por métodos e ferramentas (MAARTENSSON et al., 2019). As evidências sugerem que os métodos e ferramentas seis sigma aprimoram a organizações de vários setores para melhorar suas operações e processos (BELEKOUKIAS et al., 2014).

O seis sigma é baseado em duas abordagens: i) DMAIC: Este processo se refere a um problema de desempenho organizacional com uma solução conhecida. Deve haver um conjunto de objetivos mensuráveis ligados a um conjunto de indicadores bem definidos e que correspondam à oportunidade de solução, dentro de uma perspectiva de melhoria contínua. A metodologia de solução de problemas DMAIC é um conjunto ordenado de etapas, como: Pré-estudo, identificam-se informações relevantes para o início do projeto; Definição, define-se com precisão o escopo do projeto; Medir, determina-se a localização ou foco do problema; Analisar, determinam-se as causas de cada problema prioritário; Melhorar e Implementar,

propõem-se, avaliam-se e implementam-se soluções para cada problema prioritário; Controlar, garante-se que o alcance da meta seja mantido no longo prazo. O objetivo de aplicar este método é garantir a qualidade do início ao fim do processo, visando garantir que o processo atingirá o nível Seis Sigma quando estiver em funcionando. ii) DMADV: Se comparado ao DMAIC, também apresenta cinco etapas, são elas: Definir, definir o novo produto; medir, identificação de necessidades dos clientes; analisar, análise técnica e financeira; design, desenvolvimento e teste do produto; validar, validação e lançamento do produto.

2.5 Seis Sigma aplicado a gestão de cadeia de suprimentos

O desempenho na cadeia de suprimentos requer foco na integração entre os processos, e não otimizar o processo de forma isolada (STEVENS et al., 2016), com este objetivo desenvolver uma cadeia requer a integração entre processos em vez de otimização dos processos isolados. O objetivo é integrar e coordenar todas as atividades na cadeia como um todo através de colaboração aprimorada e troca de informações, para isto, é necessário que todos os integrantes deste processo colaborem com potencial para ajudar as empresas a encontrarem soluções que podem melhorar sua capacidade e competitividade (NURAL KARIMAH et al., 2016). Estudos recentes reforçam que a colaboração Inter organizacional, aliada à integração de dados e processos, é um dos principais fatores para promover a competitividade e a resiliência em cadeias de suprimentos modernas (PEREIRA et al., 2023).

O ponto de partida para o processo da utilização do método seis sigma em uma cadeia de suprimentos é analisar as decisões dos principais fornecedores e clientes colaboram o processo, pois desta forma é possível analisar e assim, realizar treinamentos, tornando uma rotina e o foco pode se transformara novo relacionamentos. Desta forma, a resposta à concorrência global e à necessidade estratégica de que a cadeia de suprimentos combine recursos para serem competitivas (BAKER et al., 2007) mostrando-se como um dos princípios que caracterizam a resiliência da cadeia de suprimentos.

Baker (2007) explica que a prática da colaboração é o princípio central no desenvolvimento de suprimentos flexíveis da cadeia, porém existem casos de que não é possível colaborar com todas as áreas da empresa, mesmo tendo a consciência de que todas são importantes. A colaboração oferece muitos recursos de valor agregado para a cadeia de suprimentos, porém desenvolver e manter a colaboração requer tempo e esforços consideráveis.

As pessoas envolvidas, como funcionários, gerentes e membros do projeto devem ser informados sobre a estrutura do seis sigma aplicado na cadeia de suprimentos para que possam entender a importância dos membros do projeto intervirem no processo de produção. A

metodologia oferece cursos de treinamentos padronizados, do nível básico ao avançado, além de curso de gestão e cursos individuais direcionados para determinada função. Sendo assim, é importante que todos da empresa estejam envolvidos nos projetos, desde funcionário que trabalha no chão da fábrica na produção até o da linha de frente, que possui contato direto com o consumidor. Hines (2004) afirma que a compreensão do processo como um todo, evolui da aplicação da prática simples nível da estação de trabalho para sistema de valor em toda a múltiplas organizações, de forma natural de aprendizagem organizacional expandindo o conhecimento.

Na Figura 2 apresentada o ciclo macro da gestão de cadeia de suprimentos, quando aplicado o método seis sigma.

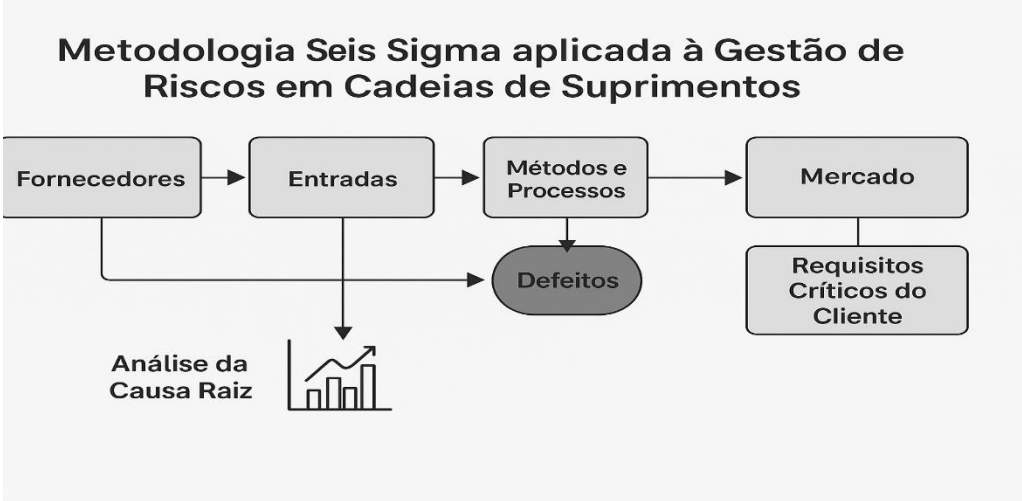


Figura 2 - Método Seis Sigma para Melhorias

Fonte: Autor (2025)

2.6 Lean Seis Sigma

Como o Lean pode ser aplicado em todo tipo de trabalho, uma denominação mais apropriada é o Lean Operations ou Lean Enterprise (WERKEMA et al., 2006). A ideia da empresa Lean existe há muito tempo. Não é simplesmente um programa que as organizações adotarão por alguns meses. É uma forma de pensar. O foco do pensamento Lean está sempre na eliminação de desperdícios (MARTICHENKO et al., 2012). Segundo Werkema (2006) as raízes do Lean Manufacturing ou Produção Enxuta remontam ao Sistema Toyota de Produção, também conhecido como produção Just-in-Time. O Sistema Toyota de Produção, por representar uma forma de produzir cada vez mais com cada vez menos, foi designado produção enxuta.

A filosofia Lean é focada na eficiência do processo, com foco principal das atividades industriais, com o objetivo principal de vender com o máximo valor, de forma competitiva no mercado, e ter a menor quantidade de recursos possíveis. Sendo assim, se torna imprescindível eliminar todos os desperdícios e trabalhar sob demanda, estabelecendo s processos de produção da empresa. Os princípios para a implementação de uma metodologia enxuta são:

- Valor: Análise do que é percebido como valor pelo consumidor
- Fluxo de valor: Processos que são realmente necessários para criar valor
- Fluxo contínuo: tornar os processos naturais para os colaboradores
- Produção puxada: Produção por demanda
- Perfeição: Melhorar continuamente, o que for necessário

O executivo da Toyota Taiichi Ohno começou na década de 50, a concepção e fundação de um sistema de produção focado em assimilação e a posterior abolição de desperdícios. Com o objetivo de reduzir custos e aumentar a qualidade e a velocidade de entrega do produto aos clientes. Com isto, ele colocou em análise sete desperdícios da indústria, tabela 1.

Tabela 1– Sistema Toyota de Produção

	DESPERDICIOS DA INDÚSTRIA
ESPERA	Tempo de espera estimado para materiais, equipamentos, informações
Transporte	Deslocamento de material que não agrega valor ao produto
Movimentação	Movimento de pessoas que não gere valor ao produto
Defeito	Todo defeito do produto irá gerar um retrabalho
Excesso de Estoque	Ter matéria-prima maior do que o necessário
Super Processamento	Operações que não agregam valor ao produto
Excesso de Produto Acabado	Produto que não são solicitados pelo cliente

Fonte: Autor

O Sistema Toyota de Produção, por representar uma forma de produzir cada vez mais com cada vez menos, foi designado produção enxuta. Minimizando os desperdícios que não geram valor, o retrabalho e satisfazendo a vontade do cliente.

2.7 Seis Sigma e Lean Seis Sigma

Seis Sigma e Lean Seis Sigma tem como foco ser aplicado em processos, trabalho de projetos e melhorias e podem ser aplicados em diversos setores. O lean aborda o fluxo e o desperdício do processo, enquanto o seis Segma aborda a variação e design, não há contradição entre ambos os objetivos (DAHLGAARD et al., 2006). Ambas as metodologias possuem estratégias Integradas, possibilitando que as empresas atendam e excedam as expectativas dos clientes em um ambiente global, que são muito voláteis, sendo muito importante para o gerenciamento de riscos. Estudos mais recentes reforçam que o Lean Six Sigma tem se consolidado como uma abordagem robusta para enfrentar desafios complexos nas cadeias de suprimentos, promovendo a padronização, a redução de falhas e o aumento da resiliência operacional (BEN RUBEN et al., 2021).

O Lean é um método importante para fundamentar o valor ao cliente, pois o mesmo desenvolve a organização (MARTENSSON et al., 2019), inclui ideias de melhorias contínuas, planejamento organizacional, trabalho em equipe, eliminação de desperdícios, uso eficiente de recursos e gestão cooperativa da cadeia de suprimentos. (RAGHU KUMAR et al., 2016). Esta metodologia oferece para as empresas conjuntos de soluções padrões para problemas comuns e otimiza processos da cadeia, através de uma plataforma de valores e princípios que são atualizadas por ferramentas (MARTENSSON et al., 2019). As evidências surgem que os métodos e ferramentas ajudam as organizações de vários setores para melhorar suas operações e processos (FORRESTER et al., 2016).

O Seis Sigma é reconhecido como uma estratégia eficiente de melhoria nos processos de negócios, utilizado por inúmeras corporações de classe mundial por mais de três décadas, apesar de algumas limitações (ANTONY et al., 2019). Esta metodologia tornou-se uma estratégia significativa com objetivo de melhora no processo e produto, além disso, acredita que há uma correlação direta entre defeitos do produto e satisfação do cliente (TSIRONIS et al., 2016). Baseando em compreender, controlar a variação e reduzir o custo, este método aprimora o processo, além de ter treinamentos padronizados, desde os abrangentes aos básicos.

O objetivo principal do Lean é reduzir o tempo de ciclo e a eliminação de desperdícios, já o Seis Sigma, procura eliminar os defeitos e reduzir a variação. É necessária uma combinação das duas metodologias, pois o Lean não pode trazer um processo sob controle estatístico, e o Seis sigma não pode melhorar drasticamente a velocidade da produção de processar ou reduzir capital investido.

O conjunto das duas melodias, o Lean Seis Sigma, surgiu na literatura acadêmica, com uma abordagem equilibrada que incorpora princípios de ambos os conceitos e tentativas de criar uma sinergia entre suas funcionalidades. O principal objetivo é maximizar o valor para

acionistas alcançando melhorias rápidas na qualidade, custo e velocidade do processo (TSIRONIS et al., 2016). Ambas as metodologias possuem estratégias efetivas integradas, permitindo que as empresas atendam e excedam as expectativas dos clientes em um ambiente global, que possui constante mudança e competitividade, sendo vital para o gerenciamento de riscos.

2.8 Colaboração no gerenciamento da cadeia de suprimentos

Lummus e Vokurka (1999) dizem que o objetivo é interagir e coordenar todas as atividades e processos em toda cadeia de suprimentos por meio de colaboração aprimorada e troca de informações. Desenvolver o desempenho de uma cadeia de suprimentos requer foco na interação entre os processos em vez da otimização de processos isolados (STEVENS et al., 2016). Com o foco em melhorar a capacidade competitiva de uma empresa, é necessário que haja a colaboração entre os parceiros da cadeia de suprimentos que a compõem (NURUK KARIMAH et al., 2016).

O ponto de partida é analisar as decisões de colaboração dos principais fornecedores ou clientes, desta forma, a iniciativa irá começar com os principais membros da cadeia de suprimentos, sendo assim, a mesma se torna rotineira e o foco pode ser voltado para novos relacionamentos. Andersson e Hammersberg (2007) consideram que a melhor solução para o desempenho da cadeia de suprimentos é colaborar com todas as empresas e explorar como utilizar a estrutura de treinamento 6S para esse fim, mas isso não é simples. Estudos recentes reforçam que a colaboração estruturada entre parceiros, aliada a práticas como Lean Seis Sigma, é fundamental para alinhar expectativas, reduzir incertezas e promover resiliência em redes de suprimentos (MARODIN et al., 2022).

Com a globalização, as novas formas de colaboração são consideradas uma reposta à competição e a necessidade estratégica das cadeias de suprimentos combinarem recursos para serem competitivas. Esta prática é vista como um princípio central no desenvolvimento da cadeia de suprimentos flexíveis (BAKER et al., 2007). Existem situações que não é possível que todas as partes da cadeia colaborem, mesmo sabendo que todas são importantes, porém requer tempo e esforço desenvolver e manter esta colaboração. Este método só se torna eficaz se as ferramentas e colaborações forem feitas de forma integradas e utilizadas em conjunto com os parceiros que compõem esta cadeia. As práticas de SCM devem ser gerais e integradas, e não mais independentes e funcionais (THEAGARAIAN et al.,2015).

A colaboração está incluída em muitas definições da cadeia de suprimentos

(ANDERSSON et al., 2014) e aparece como um dos princípios que caracterizam a resiliência da cadeia de suprimentos (CHRISTOPHER et al., 2004). O conhecimento sobre a integração do Lean evoluiu da aplicação prática simples no nível da estação de trabalho para sistemas de valor em várias organizações, como um processo natural de aprendizado organizacional expandindo as fronteiras do conhecimento.

3. Metodologia

A metodologia utilizada para este trabalho foi baseada Estudo Bibliométrico. No primeiro momento é necessário garantir que o escopo da pesquisa esteja de acordo com a questão de estudos e os objetivos da mesma. Além de afirmar o foco precisa ser definido para ser questão de pesquisa.

RQ - Como o seis sigma vem sendo usado para mitigar riscos em cadeias de suprimentos?

Com o intuito de responder à questão da pesquisa, foi estruturada uma busca sistemática usando o acesso a plataforma “Periódicos Capes”, acesso da rede de instituição Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ), campus Maracanã, a base de dados Scopus. A base Scopus é a maior fonte pesquisável de citações e resumos (CHADEGANI et al., 2013).

Em relação a nossa primeira pergunta de pesquisa, foi realizada uma busca na base Scopus, utilizando um recorte temporal de 2003 a 2022 e as seguintes combinações de palavras-chave "Gerenciamento de Risco da Cadeia de Suprimentos" e “Seis Sigma” na língua inglesa. Além de selecionar apenas artigos, para garantir que não gerasse notas curtas, capítulos de livro e notas editoriais. A pesquisa resultou em 86 documentos para a realização deste estudo. Logo após selecionar os artigos no Scopus, foi gerado um arquivo com a extensão “.bib” que foi utilizado como base de dados para as análises bibliométricas.

Contudo, foi necessário remover duplicatas e gerar um conjunto de dados final de artigos. Foram utilizados o pacote denominado Bibliometrix (ARIA et al., 2017) e a aplicação em linguagem R denominada Biblioshiny (ARIA et al., 2017). Após a busca e este primeiro filtro, os resultados obtidos foram exportados para o software Mendeley (MENDELEY et al., 2022), este foi utilizado como ferramenta de seleção de artigos base nos seus títulos e resumos. Em seguida, foram lidos todos os títulos e resumos e artigos selecionados. O conjunto completo de resultados e estatística é mostrado na tabela a seguir.

Foram eliminados os trabalhos irrelevantes com base em suas introduções e conclusões, de forma a selecionar apenas trabalhos com significância ao escopo do presente trabalho. Também foram excluídos trabalhos que não possuíam acesso livre nas bases em questão. A Figura 3 representa o fluxograma que foi utilizado na triagem dos trabalhos.

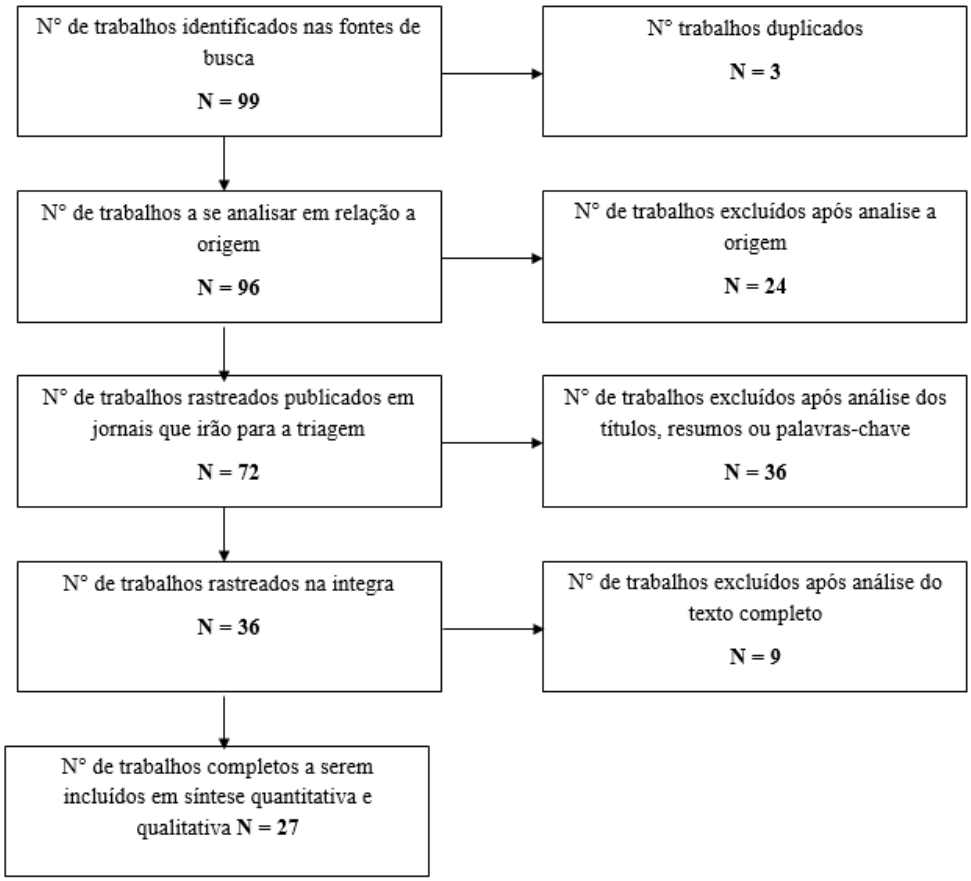


Figura 3 - Fluxograma de triagem

Fonte: Autor (2025)

4. Resultados e discussões

Essa seção apresenta os resultados e discussões da pesquisa. Primeiramente será feita uma análise de conteúdo dos trabalhos selecionados. Em seguida serão feitas análises quantitativas consideradas mais relevantes.

4.1 Análise de dados quantitativos

4.1.1 Caracterização geral da produção científica

Como pode-se observar no fluxograma da Figura 3, o resultado das pesquisas referente as strings utilizadas totalizaram 99 artigos no período de 2005 até 2025, sem retirar os duplicados da base retirada do Scopus. Eliminando-se todos os duplicados, encontramos 3 artigos duplicados, sendo assim, o número reduziu-se para 96 trabalhos. Nestes trabalhos restantes, foram aplicados os critérios de triagem conforme a Figura 3. Após aplicados todos os critérios de inclusão e exclusão restaram-se 27 artigos que corresponderam de maneira relevante ao tema e ao conteúdo a ser estudado.

Após realizar a pesquisa, foi contatado que as publicações ao longo dos anos crescem de forma gradativa, com um número expressivo a partir de 2010, conforme visto na Figura 04. Isso ocorre provavelmente em razão da globalização e da necessidade das empresas de aderirem o conceito do seis sigma aplicado na cadeia de suprimentos, com o objetivo de integrar e coordenar todas as atividades e processos em toda a cadeia de abastecimento por meio de colaboração e troca de informações aprimoradas (LUMMUS et al., 1999). Nota-se também um número de publicações significativas no ano de 2009 até 2011.

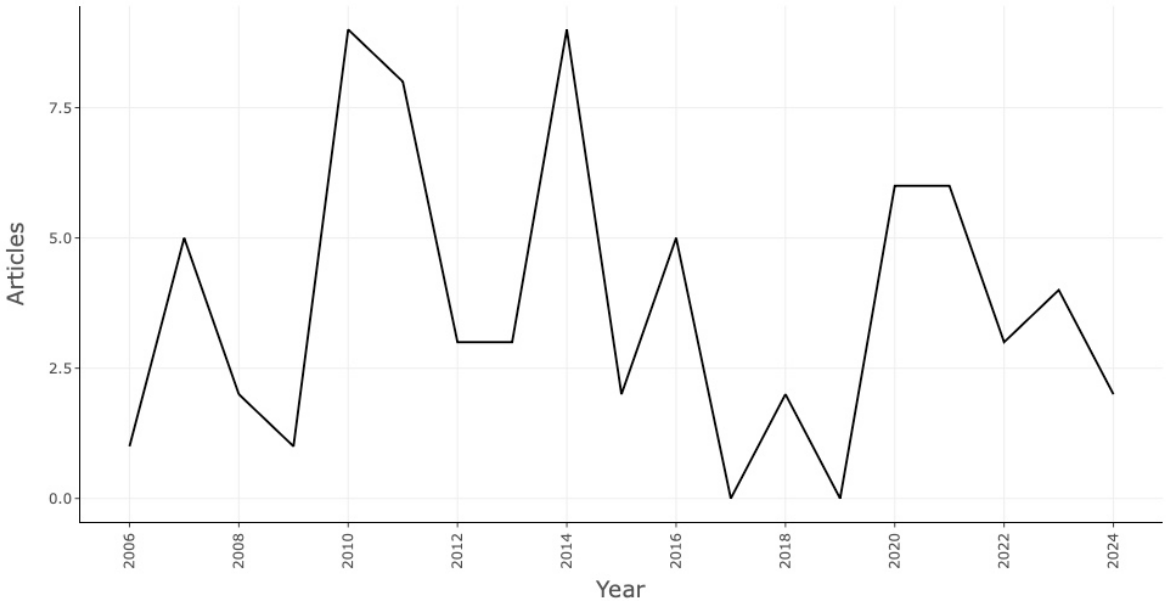


Figura 4 - Distribuição Anual dos Artigos

Fonte: Autor (2025)

4.1.2 Principais autores e instituições

A análise mostrou que os autores com maior número de publicações sobre o tema são Amer Yousef, Kumar Sameer, Lee Sang-Heon e Loung Lee, conforme observado na Figura 5 abaixo, todos com forte foco em qualidade, logística e engenharia de produção. Estes autores representam os principais canais de disseminação científica das aplicações da metodologia Seis Sigma em ambientes de incerteza.

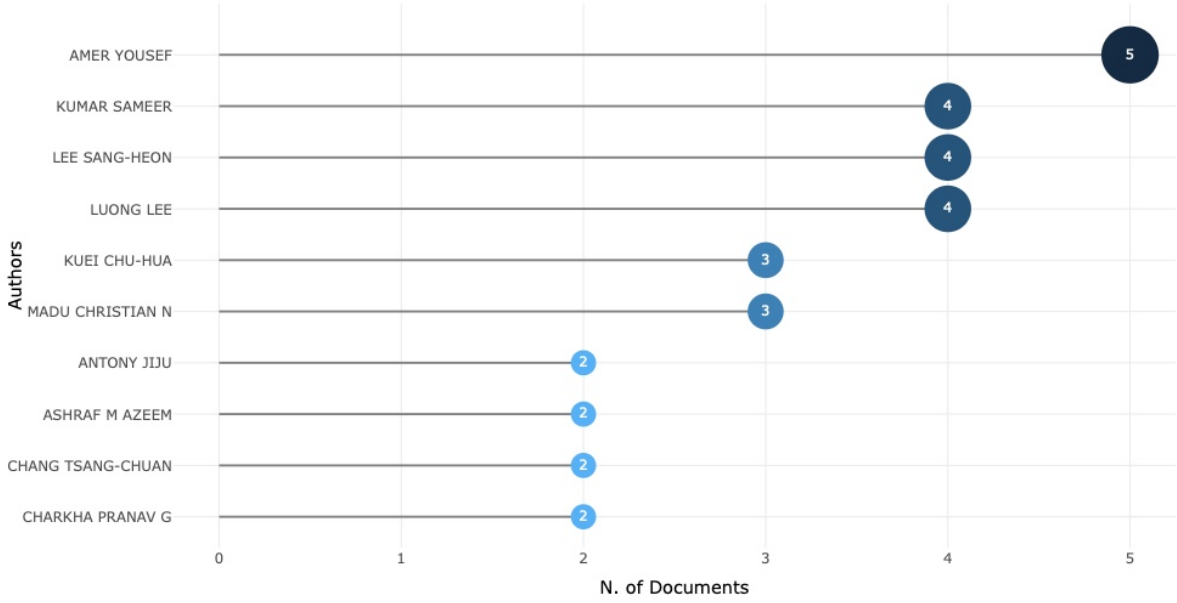


Figura 5 - Distribuição dos Principais Autores

Fonte: Autor (2025)

Em relação ao local de publicação, observou-se que a maioria dos artigos foram publicados em jornais, sendo eles, “Tqm Journal”, “International Journal Of Quality And Reliability Management” e “Journal Of Manufacturing Technology Management”. Além disso, muitos artigos foram encontrados em meios de comunicação do âmbito da engenharia, o que é bastante relevante devido ao tema abordado e ao ganho de efetividade nos negócios. Na Figura 6 temos os principais meio de comunicação relacionado a este tema.

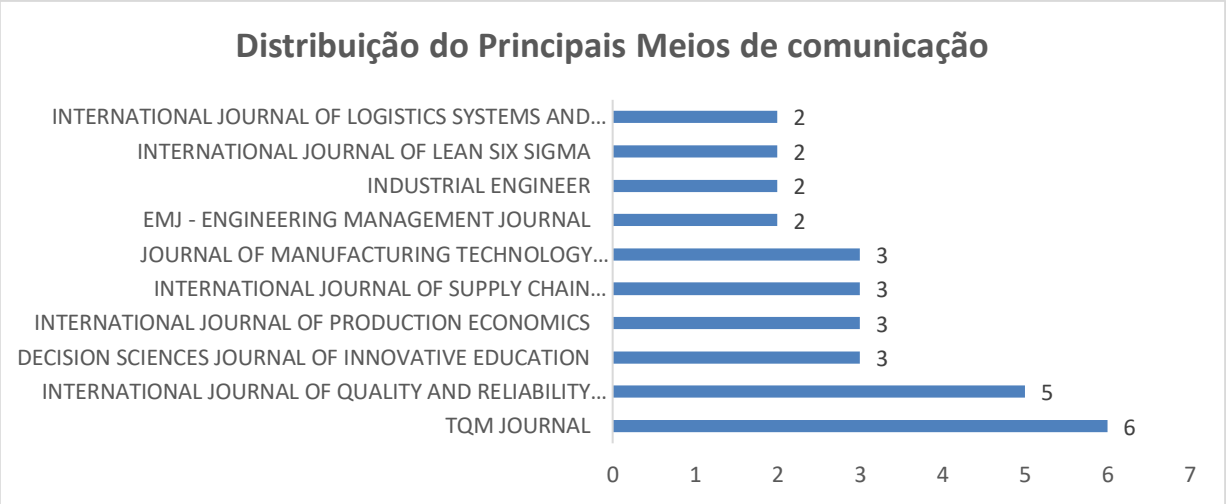


Figura 6 - Distribuição do Principais Meios de comunicação

Fonte: Autor (2025)

Na Figura 7, é observado a distribuição geográfica dos artigos, indicando que não há uma concentração significativa da produção científica em países específicos, e sim uma miscigenação de países para estes assuntos, assim como Irã, Estados Unidos, Índia, Turquia, entre outros. Sendo assim, torna-se evidente que este assunto é global e de interesse da maioria dos países, buscando melhora continua. Essa distribuição reflete a maturidade das práticas de gestão nesses contextos e o interesse acadêmico crescente pelo tema.

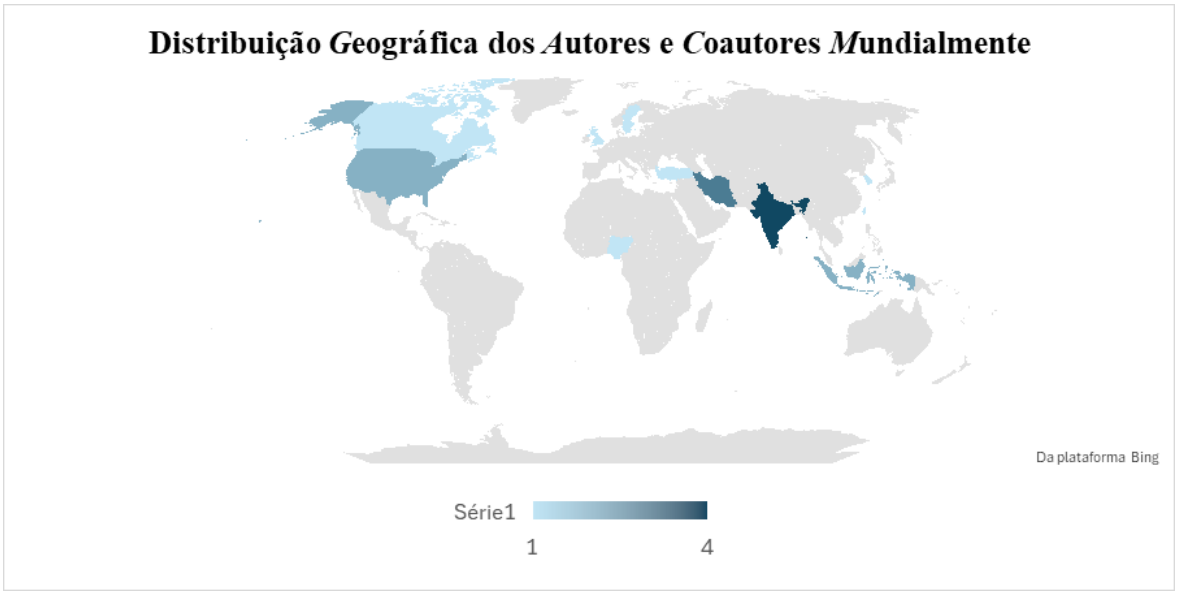


Figura 7 - Distribuição Geográfica dos Autores e Coautores Mundialmente

Fonte: Autor (2025)

4.1.3 Análise de coautoria e cocitação

As redes de coautoria identificadas indicam um padrão de colaboração entre autores de diferentes instituições e países, sugerindo a natureza multidisciplinar e global do tema. A análise de cocitação mostrou agrupamentos temáticos, onde determinados autores são frequentemente citados juntos, o que revela a formação de linhas de pesquisa consolidadas. Na Figura 8 mostra a recorrência dos principais autores ao longo dos anos.

Dentre os agrupamentos mais relevantes, destacam-se temas como “gestão de risco operacional”, “controle estatístico de processos” e “resiliência da cadeia de suprimentos”, todos fortemente conectados às metodologias Seis Sigma. As citações cruzadas entre autores reforçam a multidisciplinaridade do campo, indicando que a gestão de riscos em cadeias de suprimentos com base no Seis Sigma é analisada sob diferentes perspectivas — desde a engenharia de produção até o gerenciamento estratégico.

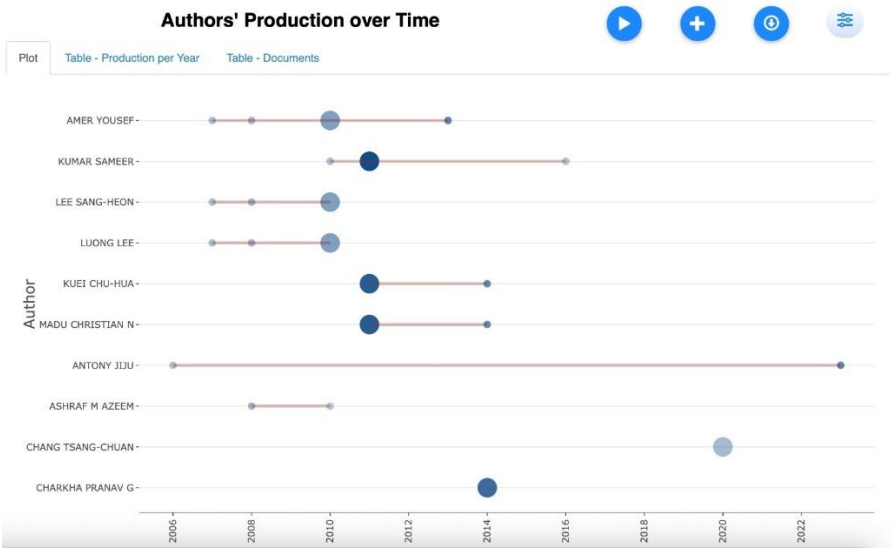


Figura 8 - Principais Autores ao Longo dos Anos

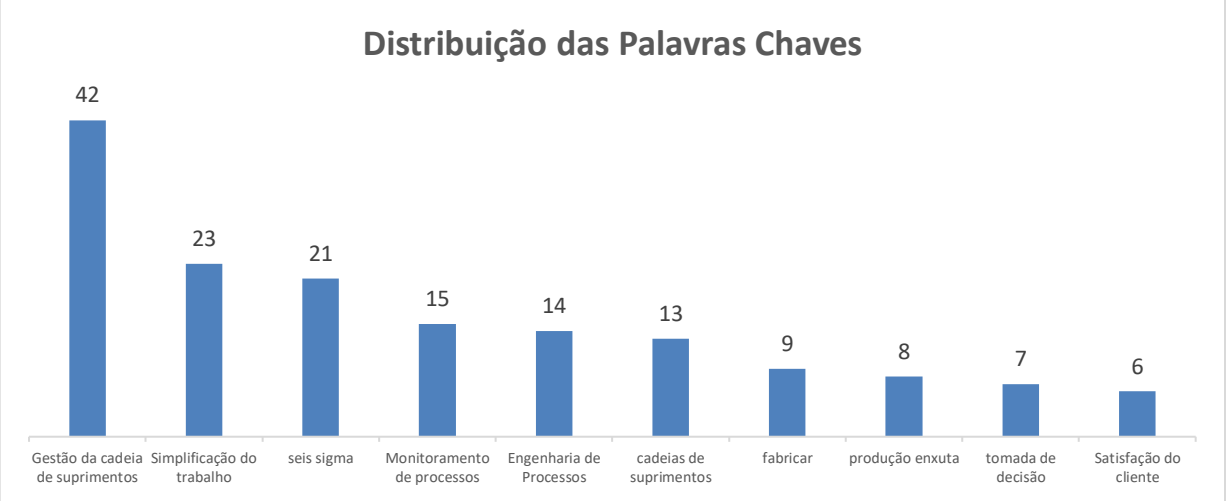
Fonte: Autor (2025)

4.1.4 Palavras-chave e clusterização temática

A análise de coocorrência de palavras-chave (cowords) revelou os termos mais recorrentes nos artigos analisados, entre os quais se destacam “Gestão da cadeia de suprimentos”, “Seis Sigma”, “Lean Seis Sigma”, “Simplificação do trabalho”, “Monitoramento de Processo” e “Engenharia”, conforme gráfica da Figura 9 abaixo. A formação de clusters temáticos demonstra que o tema vem sendo explorado de forma integrada, abrangendo tanto aspectos estratégicos da cadeia de suprimentos quanto ferramentas operacionais de melhoria

contínua.

Esta diversidade de palavras-chave reforça a interdisciplinaridade do tema e a sua relevância prática para empresas que buscam mitigar riscos através da melhoria dos processos e da qualidade.



Fonte: Autor (2025)

Figura 9 - Distribuição das Palavras Chaves

Com a leitura dos 27 artigos em questão, foram definidas palavras que definam o contexto deles, no entanto todos possuem foco em melhoria de processo, redução da variabilidade e defeitos. Os cluster em questão são: Gestão, Engenharia, Sustentabilidade, Educação, Saúde e Digital. No entanto, o objetivo principal de cada revista pode apresentar mais de uma divisão, como por exemplo Hossen, M.A. (2020) possui um foco na gestão, no entanto também apresenta um foco no empresarial.

Na Figura 10 observa-se que a área de maior ênfase é a Gestão com 57% dos artigos analisados, possuem foco em gestão. A segunda maior área de temática é a Engenharia, com 18% doa artigos analisados e a terceira é a Educação com 14% dos artigos analisados. Sendo assim, constata que os métodos seis sigma aplicado a cadeia de suprimentos é uma temática relevante principalmente para as organizações de diversos segmentos e para desenvolvimento econômico.

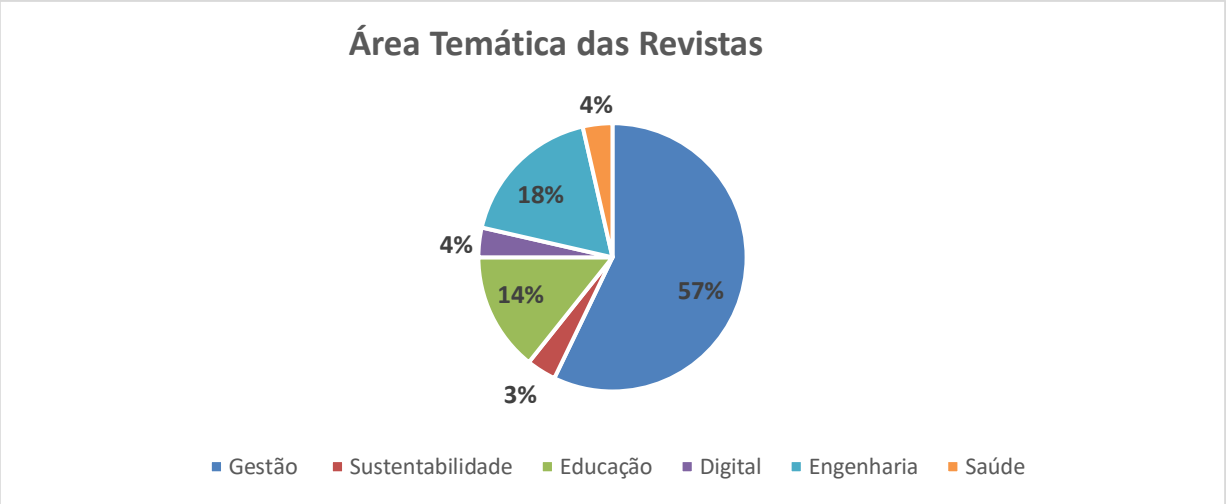


Figura 9 - Area Temática das Revistas

Fonte: Autor (2025)

A Tabela 2 a seguir apresenta a lista dos artigos e o resumo das análises feitas até este ponto do trabalho, acrescentando o país de publicação e o International Standard Serial Number (ISSN) de cada jornal do artigo:

Tabela 2 - Listagem Dos Artigos Selecionados Após O Fluxograma De Triagem

Artigo (ano)	Ano	País	Base Científica	Área de Pesquisa	ISSN
Sinha, Deepankar	2024	Índia	International Journal of Services and Operations Management	Gestão	1744-2370
Çiçek, Hasan; Turan, Hakan	2023	Turquia	International Journal of Industrial Engineering	Sustentabilidade	10724761
Chen, P.; S., Chen, J.C.; M., Huang, W.; T., Chen, H.	2023	Estados Unidos	EMJ - Revista de Gestão de Engenharia	Gestão	10429247
Andry, J.F.; Nurprihatin, F.; Liliana, L.	2022	Indonésia	Revisão de Engenharia de Gestão e Produção	Gestão	20808208
Welborn, C.; Bullington, K.; Abston, K.	2022	Estado Unidos	Indústria e Ensino Superior	Educação	09504222
Tay, H.L.; Loh, H.S.	2022	Cingapura	Jornal de Estudos de Negócios da Ásia	Digital	15587894

Gazcón-Rivera, A.; Nosedal-Sánchez, J.; Trigos, F.	2021	México	Estudos de caso sobre política de transportes	Engenharia	2213624X
Ali, S.M., Hossen, M.A.; Mahtab, Z.; Kabir, G.; Paulo, S.K.; Adnan, Z.U.H.	2020	Canada	Computadores e Engenharia Industrial	Gestão	03608352
Chen, K.-S.; Huang, C.-T.; Chang, T.-C.	2020	Taiwan	Revista Internacional de Engenharia de Confiabilidade, Qualidade e Segurança	Gestão	02185393
ZA, K.A.; Syapsan, Suri, D.P.	2020	Reino Unido	Revista Internacional de Gestão da Cadeia de Suprimentos	Gestão	20513771
Dongre, V.; Niraj, M.	2018	Índia	Revista Internacional de Engenharia Mecânica e Tecnologia	Gestão	09766340
Kumar, S.; Tiffany, M.; Vaidya, S.	2016	Estados Unidos	Sistemas de Informação Empresarial	Gestão	17517575
Jung, U.; Chung, B.D.	2016	Coreia do Sul	Gestão da Qualidade Total e Excelência Empresarial	Gestão	14783363
Mishra, P.; Sharma, R.K.	2016	Índia	Revista Internacional de Excelência Empresarial	Engenharia	17560047
Eriksson, D.; Manfredsson, P.; Hilletofth, P.	2016	Suécia	Revista Internacional de Gestão em Educação	Gestão	1750385X
Miller, K.E.; Colina, C.; Miller, A.R.	2016	Estados Unidos	Revista Internacional de Análise de Negócios	Educação	15404595
Zhou, S.B.; Ji, F.X.	2015	Estados Unidos	Revista Internacional de Análise de Negócios	Gestão	23344547
Adawiyah, W.R.; Pramuka, B.A.; Najmudin, Jati; D.P.	2015	Indonésia	Gestão de Negócios Internacionais	Gestão	19935250
Charkha, P.G.; Jaju, S.B.	2014	Índia	Revista Internacional de Desempenho Empresarial e Modelagem da Cadeia de Suprimentos	Gestão	17589401
Madu, C.N.; Kuei, C.-H.	2014	Nigéria	Revista Internacional de Gestão da Qualidade e Confiabilidade	Saúde	0265671X

Raja, I.D.; Kumar, V.N.; Mathiazhagan, P.; Rajmohan, W.	2014	Índia	Revista Internacional de Pesquisa Econômica	Gestão	09729380
Saghaei, A.; Najafi, H.; Mighi, A.; Mosanna, Z.	2014	Iran	Planejamento e Controle de Produção	Educação	09537287
Mishra, P.; Sharma, R.K.	2014	Índia	Revista Internacional de Gestão da Qualidade e Confiabilidade	Gestão	0265671X
Charkha, P.G.; Jaju, S.B.	2014	Índia	Revista Internacional de Sistemas e Gestão Logística	Engenharia	17427967
Ellis, S.C.; Goldsby, T.J., Bailey; A.M.; Oh, J.-Y.	2014	Estados Unidos	Revista de Ciências da Decisão de Educação Inovadora	Educação	15404595
Ramezani, M.; Kimiagari, A.M.; Karimi, B.; Hejazi, T.H.	2014	Irã	Sistemas baseados em conhecimento	Engenharia	09507051
Cokins, G.	2013	Estados Unidos	EDPACS	Gestão	07366981
Mehrjerdi, Y.Z.	2013	Irã	Revista Internacional de Gestão da Qualidade e Confiabilidade	Engenharia	0265671X

Na Figura 11 mostra a nuvem de palavras com base nas palavras-chave para esta pesquisa. Nuvem de palavras é uma forma de visualização de dados linguísticos que mostra a frequência com que as palavras aparecem em determinado contexto a partir do conjunto de artigos pesquisados. Podemos observar nesta nuvem que as palavras mais relevantes foram “Supply chain management” e “six sigma”. Porém, existem outras palavras bem relevantes que pertencem a diversos artigos desta pesquisa, como por exemplo: “Process engineering”, “Process monitoring” e “work simplification”. A partir destas três palavras podemos observar que seis sigma aplicado na cadeia de suprimentos está relacionado aos processos em geral de uma empresa com o objetivo de possuir um controle de qualidade maior e uma produção limpa, sem desperdícios. Este mecanismo é de grande importância para as empresas, pois o mesmo permite que minimize os erros durante a produção até o cliente final, gerando assim, maior lucro para a empresa, maior qualidade no serviço ou produto e satisfação do cliente.



Figura 10 - Nuvem de Palavras

Fonte: Autor (2025)

A Figura 12 apresenta rede de concorrência de palavras que permite estabelecer as possíveis forças de ligação entre os termos e assuntos. A rede gerada possui quatro clusters principais. Um pequeno cluster que associa planejamento estratégico, controle de inventário, grandes indústrias. Dois clusters intermediários que associam indústria, vendas, medições de desempenho, qualidade do produto e o outro clusters com as menções associadas à produção enxuta e logística. E finalmente o maior cluster que associa rede de fornecimento, gestão de qualidade, sistema de custo-benefício, fabricação e outros. Estes clusters mostram como a gestão de cadeia de suprimentos aplicando o método seis sigma necessita de medidas para minimizar os riscos, por meio de planejamento estratégico, controle de inventários visando a qualidade do produto, satisfação do cliente, além disso, garantindo a competitividade na organização, e um sistema de custo-benefício sadio para empresa.

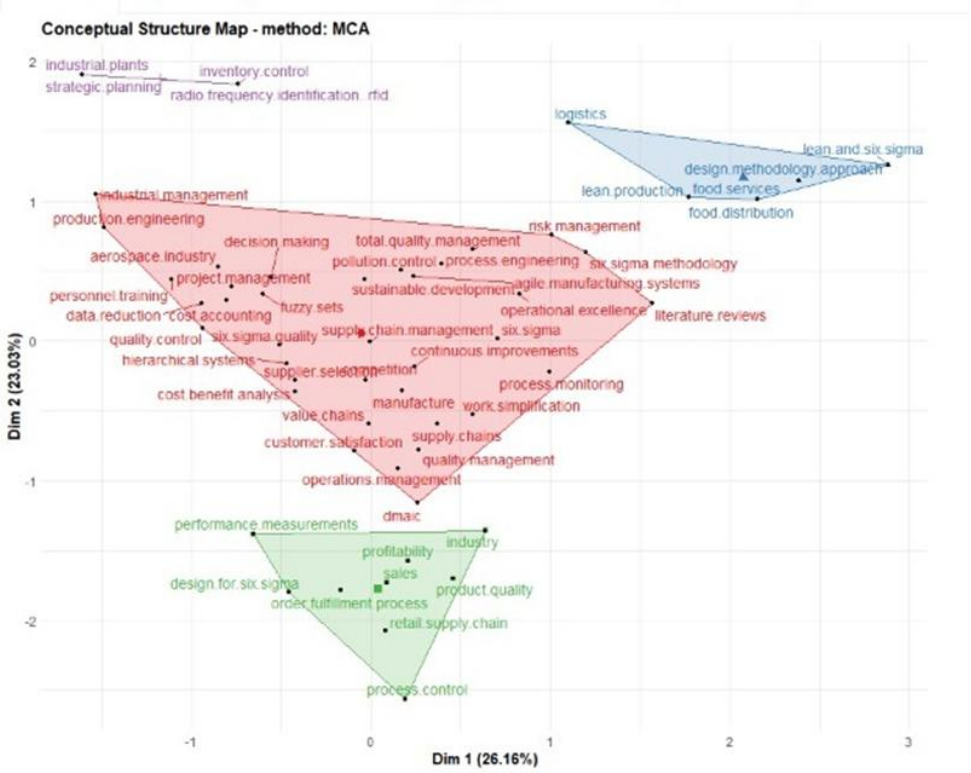


Figura 11 - Rede de Concorrência de Palavras

Fonte: Autor (2025)

4.2 Análise qualitativa

Sinha et al. (2024) analisa as chances de erro em sistemas logísticos multimodais no comércio global, identificando toda as etapas principais, atividades e partes interessadas envolvidas no processo. O estudo oferece uma abordagem estruturada para quantificar falhas e reduzir riscos. Cada atividade representa uma oportunidade de erro que, se não for abordada sistematicamente, pode levar a atrasos e aumento de custos" (Sinha, 2024). O estudo contribui para a avanço da confiabilidade e eficiência em cadeias logísticas complexas com foco na satisfação do cliente.

Çiçek, Hasan e Turan, Hakan (2023) investiga como as melhorias nos processos impactam o desempenho da gestão sustentável da cadeia de suprimentos. Com a utilização do modelo (Supply Chain Operations Reference – SCOR) e da abordagem Lean Six Sigma, o estudo visa analisar a junção de práticas sustentáveis com a eficiência operacional, mostrando

que é fundamental melhorias contínuas nos processos com foco em sustentabilidade e desempenho geral da cadeia de suprimentos.

Chen, P.; S., Chen, J.C.; M., Huang, W. e T., Chen, H. (2023) mostram que a aplicação da metodologia Seis Sigma, como uma forma de ferramenta que otimiza o processo de compras, ciclo DMAIC, em empresas terceirizadas. A pesquisa evidenciou que falhas na definição de responsabilidades e na comunicação entre as unidades envolvidas resultavam em alterações recorrentes no escopo do projeto e na ampliação das reservas de gerenciamento. Com a reestruturação de responsabilidades e da adoção de análises crítica dos custos nas propostas dos fornecedores, resultou em uma redução significativa na ocorrência de mudanças no projeto, melhoria de controle dos prazos e aprimoração da eficiência do processo de compras. Este estudo reforça o potencial do Seis Sigma como metodologia para a mitigação de riscos e para o aumento da eficiência das cadeias de suprimentos.

Andry, Nurprihatin e Liliana (2022) possui uma abordagem estruturada para mitigar riscos de interrupções na cadeia de suprimentos no setor industrial, utilizando a metodologia Seis Sigma por meio do ciclo DMAIC. Neste estudo, há uma priorização nos riscos críticos, propondo a implementação de um sistema de apoio à decisão, utilizando Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA), com o objetivo de reduzir perdas e aumentar a resiliência operacional em ambientes industriais complexos e divergente.

Welborn, C.; Bullington, K. e Abston, K. (2022) aplica técnicas da metodologia Seis Sigma com objetivo de otimizar estrategicamente o recrutamento de estudantes para programas de graduação em Gestão da Cadeia de Suprimentos. Utilizando ferramentas como Diagrama de Afinidade, Análise de Pareto e Desdobramento da Função Qualidade (QFD), a pesquisa identifica e prioriza os fatores que influenciam a escolha de carreira dos estudantes, alinhando materiais promocionais e estratégias às suas preferências. Seis materiais e estratégias promocionais foram destacados como os mais eficazes para atrair candidatos ao programa de graduação em Gestão da Cadeia de Suprimentos.

Tay, H.L. e Loh, H.S. (2021) abordam o assunto de como a metodologia LSS através do ciclo DMAIC integrado pode facilitar a TD em cronogramas. Utilizando estudos de casos, os autores sugerem um framework conceitual que conecta ideias de tecnologias digitais e análise de big data com as atividades de melhoria contínua, com o objetivo de melhorar o desempenho operacional e o valor agregado em todo o SDS.

Gazcón-Rivera, A.; Nosedal-Sánchez, J. e Trigos, F. (2021) propõem uma abordagem baseada na adaptação da FMEA tradicional para a metodologia de avaliação de risco do serviço. Para ampliar a escala da abordagem de risco, o autor propôs o FMEA Transacional. A nova

abordagem é destinada a fornecer uma visão de todo o sistema pela avaliação dos desafios enfrentada pela unidade de produção e pela unidade de consumo ou as interações que ocorrem em meios ao longo do sistema. O método T -FMEA é criado no nível de risco transacional. Os autores usam o exemplo de uma empresa de transporte de mercadorias que desejava melhorar sua abordagem à investigação do risco e analisá-la de acordo.

Ali, S.M.; Hossen, M.A.; Mahtab, Z.; Kabir, G.; Paulo, S.K. e Adnan, Z.U.H. (2020) investigam os obstáculos enfrentados na implementação da metodologia Lean Six Sigma nas cadeias de suprimentos, utilizando o modelo de Estrutura Interpretativa de Modelagem (ISM) com o objetivo de reconhecer e classificar as barreiras. A pesquisa identificou dez barreiras principais, como a falta de compreensão sistêmica do LSS, comprometimento insuficiente da alta administração, desalinhamento estratégico entre o LSS e as estratégias corporativas, e resistência à mudança. Essas barreiras foram analisadas quanto ao seu poder de dependência e influência, proporcionando uma compreensão aprofundada de como elas interagem e impactam a eficácia da implementação do LSS. O estudo, baseado em dados de uma empresa de manufatura de vestuário em Bangladesh, oferece um framework prático para gestores priorizarem esforços na superação dos principais obstáculos à adoção bem-sucedida do LSS nas cadeias de suprimentos.

Chen, K.S.; Huang, C.T. e Chang, T.C. (2020) um novo modelo de seleção de fornecedores é fundamental na avaliação da qualidade do processo, utilizando o índice de qualidade Six Sigma Qpk como ferramenta para mensurar a capacidade do processo dos fornecedores. Indicadores de qualidade possuem extrema importância nas decisões de seleção, visando não apenas o custo, mas também a consistência e a confiabilidade dos processos dos fornecedores.

ZA, K.A.; Syapsan, Suri e D.P. (2020) acreditam que a metodologia seis sigma é aplicado com a finalidade de otimizar a cadeia de suprimentos do setor turístico local do município de Rokan Hilir, Indonésia, a fim de ampliar a fonte de receita da receita própria regional. Os autores observam que, apesar de turístico local contar com um potencial atrativo significativo, a atividade turística é por conseguinte, dispersa e desorganizada, reduzindo o impacto do turismo sobre a economia local. Metodologicamente, a pesquisa é realizada pela instrumentalização de uma abordagem quantitativa para a seleção e permutação de destinos e eventos turísticos que possam atrair turistas estrangeiros e fomentar a economia regional, analisando-se os resultados obtidos em um estudo de caso. Assim, a pesquisa formulou um plano diretor turístico de Rokan Hilir e fez um estudo de impacto das atrações turísticas que podem ser reestruturadas a fim de proporcionar um modelo estratégico de desenvolvimento

sustentável do turismo local.

Dongre, V. e Niraj, M. (2018) propuseram a integração das estratégias de manutenção corretiva e prevenção com práticas de gestão da cadeia de suprimentos, com a implementação das ferramentas Six Sigma e de mapeamento de valor. O objetivo dessa proposta é reduzir os desperdícios, as causas de falha operacional e o tempo de ciclo, resultando em um aumento da eficiência e da competitividade industrial. Eles acreditam que as metodologias Kaizen e do ciclo DMAIC são essenciais para o redesenho de processos e para fazer as organizações industriais crescerem de maneira sustentável.

Kumar, S.; Tiffany, M. e Vaidya, S. (2016) estudaram os modelos de cadeias de suprimentos de varejo físico tradicional, comércio eletrônico, aplicando o caso da Amazon e modelos híbridos. Eles utilizam a ferramenta Six Sigma DMAIC e FMEA, juntamente com a simulação de Monte Carlo. Os principais indicadores desses modelos são eficiência operacional, gerenciamento de estoques, planejamento da capacidade e nível de serviço. Com esse estudo, seus autores concluem que um modelo híbrido pode ter mais resiliência e adaptabilidade às demandas do mercado, mas que os riscos da implementação de uma transição devem ser feitos com cuidado.

Jung, U. e Chung, B.D. (2016) analisaram a jornada da Samsung rumo à implementação de inovações de SCM em sua cadeia de suprimentos, especialmente a integração com os princípios da Gestão da Qualidade Total. Eles examinaram o caso para determinar os fatores por trás das práticas bem-sucedidas da Samsung; tais fatores incluíam liderança orientada para a inovação, cultura organizacional focada na qualidade, operações centradas no cliente, estratégias de globalização e ferramentas como planejamento de vendas e operações de ciclo fechado e Seis Sigma. Essas práticas levaram a Samsung a um melhor desempenho de SCM, gerando insights para outras organizações que buscam a excelência operacional por meio da qualidade total.

Mishra, P. e Sharma, R.K. (2016) propuseram um modelo integrado que combina a metodologia Seis Sigma com o Modelagem Estrutural Interpretativa (ISM) para aprimorar a coordenação da gestão da cadeia de suprimentos sustentável, com foco nos fatores humanos. Os pesquisadores identificaram e categorizaram dimensões humanas críticas, incluindo suporte gerencial, comunicação, cooperação e treinamento, e usaram o Six Sigma para priorizar essas dimensões e o IGSMP para analisar suas inter-relações. Suas descobertas revelaram que fatores como suporte gerencial e comunicação servem como impulsionadores críticos da SSCM eficaz, enquanto fatores como flexibilidade da equipe e envolvimento dos funcionários são variáveis dependentes desses impulsionadores. Mishra, P., Sharma, R.K. O estudo concluiu que a atenção

estratégica aos fatores humanos é fundamental para o sucesso da SSCM.

Eriksson, D.; Manfredsson, P. e Hilletofth, P. (2016) investigaram a abordagem industrial com interface na logística e gestão da cadeia de suprimentos no ensino superior. Os autores acreditam que a integração de práticas industriais no currículo acadêmico pode melhorar a experiência de aprendizado dos estudantes, tornando-a mais eficiente e relevante com as demandas do mercado de trabalho. O estudo ilumina a importância de uma estreita colaboração entre instituições de ensino e a indústria para desenvolver programas educacionais que preparam os alunos para os desafios do ambiente empresarial contemporâneo.

Miller, K.E.; Colina, C. e Miller, A.R. (2016) acreditam que existe um método educacional que utiliza PBL para ensinar a metodologia LSS em cursos de graduação e pós-graduação em negócios. Este projeto é considerável escalável para qualquer formato de curso e utiliza conjuntos de dados que permitem a criação de cenários únicos de resolução de problemas para até 16 grupos de estudantes. A abordagem enfatiza o pensamento crítico, o trabalho em equipe e a gestão de projetos, permitindo que os alunos se concentrem na compreensão técnica de conceitos e ferramentas de melhoria do processo, sem a necessidade de configuração física ou custos materiais.

Zhou, S.B. e Ji, F.X (2015) investigam a aplicação do gerenciamento enxuto da cadeia de suprimentos no ambiente de pequenas empresas manufatureiras. Os autores conduzem uma pesquisa, e não só identificam os fatores que impulsionam o Lean SCM nas pequenas empresas, mas também pesquisam práticas ativas e soluções tecnológicas usadas e proporcionam insights valiosos sobre o status atual dessas práticas e os problemas que surgem ao aplicá-las em pequenas empresas.

Adawiyah, W.R.; Pramuka, B.A. e Najmudin, Jati, D.P. (2015) também apresentam uma pesquisa aplicada ao caso do Gerenciamento Verde da Cadeia de Suprimentos em pequenas e médias empresas indonésias do setor de construção. Os autores utilizam um questionário estruturado e análise de multi regressão, cujos resultados permitem aos autores concluírem sobre o efeito positivo de todas as práticas de Gestão Verde da Cadeia de Suprimentos (GSCM) sobre o desempenho operacional. Ademais, eles comprovam que algumas práticas, como Seis Sigma, impactam positivamente nas práticas de gerenciamento dessas organizações da GSCM. Essas pesquisas são novas porque nenhuma pesquisa prévia abordou o tópico GSCM em PME indonésia do setor de construção zeros.

Charkha e P.G., Jaju, S.B. (2014) apresentam uma visão geral abrangente das estruturas de medição disponíveis para avaliar o desempenho nas cadeias de suprimentos. Os autores indicam um amplo corpo de pesquisa estabelecido no domínio e consideram os sistemas de

medição integrados vitais como uma ferramenta para garantir a realização das metas organizacionais e a eficiência do processo. Por meio de um exame de várias estruturas existentes, este estudo identificou lacunas significativas e possíveis falhas, sugerindo assim o desenvolvimento de sistemas de medição de desempenho proativos e integrados. Além disso, a pesquisa propõe uma abordagem para a gestão da cadeia de suprimentos que combina pontos de vista sobre a questão.

Madu e C.N. e Kuei, C.H. (2014) desenvolveram uma estrutura para apoiar o gerenciamento da qualidade nas cadeias de suprimentos humanitárias. Usando a lógica Contexto-Intervenção-Mecanismo-Resultado (CIMO) e com foco no Lean Six Sigma para eliminar o desperdício e melhorar o desempenho operacional durante desastres, esse modelo oferece visões sistêmicas que abrangem desde a preparação até a recuperação pós-desastre. O estudo incentiva futuras pesquisas empíricas para validar a estrutura proposta.

Raja, I.D.; Kumar, V.N.; Mathiazhagan, P. e Rajmohan, W. (2014) mostram desafios enfrentados pelo setor de seda na Índia. O setor é representado pela comunidade descentralizada, pelo setor de artesanato e pelo setor exportador mais industrializado. Os autores propõem a aplicação da metodologia Six Sigma para aprimorar a cadeia. A meta era reduzir o desperdício e melhorar a qualidade do produto com o objetivo final de aumentar a competitividade internacional da Índia. O estudo revela que diferentes setores exigem estratégias distintas e sugere que tipo de metas deve ser definido para fortalecer a cadeia do setor de seda.

Saghaei, A.; Najafi, H.; Mighi, A. e Mosanna, Z. (2014) sugerem um modelo matemático a ser usado na seleção das entidades individuais da cadeia de suprimentos a serem aprimoradas, o estudo propõe o uso da metodologia Six Sigma. Ao empregar um modelo de programação não linear de números inteiros mistos, os autores determinam quais setores precisam ser aprimoradas para maximizar o lucro obtido a partir deste feito. Com seu artigo, os autores introduziram um conjunto abrangente de critérios para avaliar o desempenho de uma cadeia de suprimentos.

Mishra, P. e Sharma, R.K. (2014) desenvolveu um modelo que combina o diagrama (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, and Customers - SIPOC) com a metodologia Six Sigma DMAIC com o objetivo de aprimorar as dimensões do processo nas redes da cadeia de suprimentos. A estrutura que possui três fases, sendo elas: projeto, implementação e resultados, foi usada em um estudo de caso no setor de tintas e utilizou ementa, causas, histogramas de raiz, tabelas de controle para identificar e remoção dos defeitos no processo. Os resultados incluem melhorias significativas no processo de qualidade, na capacidade do processo e nas

despesas com falhas, sugerindo que a estrutura proposta é eficaz no gerenciamento da cadeia de suprimentos.

Charkha, P.G. e Jaju, S.B. (2014) apresentam um modelo inovador de medição de desempenho da cadeia de suprimentos para a indústria indiana de têxteis. Os autores usam o AHP (Processo de Hierarquia Analítica) e a metodologia Seis Sigma para desenvolver um método de avaliação com base em três métricas principais: programação de inventário, operações de produção e programação de recursos humanos. O estudo conclui que o framework proativo e integrado que leva em consideração critérios múltiplos pode apoiar a eficiência e a qualidade na gestão da cadeia de suprimentos de têxteis.

Ellis, S.C.; Goldsby, T.J.; Bailey, A.M, e Oh, J.-Y. (2014) apresentam uma simulação educacional das operações da cadeia de suprimentos na qual os princípios do Lean Six Sigma são integrados. A simulação baseia-se em níveis de quatro camadas, incluindo fornecedores, um fabricante, e um nível de cliente, que produzem três modelos de aviões de papel para atender à demanda aleatória. Além disso, os estudantes participam de três rodadas: a primeira repete o estado atual através da estratégia de empurrar, enquanto as duas últimas desafiam as equipes a aplicar os princípios do Lean Six Sigma para desenvolver um futuro estado interno mais eficiente. A análise dos dados de 194 estudantes de MBA confirmou a eficácia da metodologia ativa de aprendizagem com a simulação, que leva à compreensão prática dos princípios e melhora o desempenho da cadeia de suprimentos.

Ramezani, M.; Kimiagari, A.M.; Karimi, B. e Hejazi, T.H. (2014) propõem um modelo de programação matemática multiobjetivo para projetar redes de cadeia de suprimentos de ciclo fechado em ambientes incertos. O modelo considera vários produtos, vários períodos e vários níveis de cadeia, mesclando decisões estratégicas e táticas sob incertezas na forma de números difusos. Os objetivos são maximizar o lucro e qualidade, além de minimizar o tempo de espera, conciliando com as perspectivas econômicas e operacionais. A abordagem difusa permite lidar com as incertezas inerentes aos parâmetros, como demanda, custos ou prazos de entrega, fornecendo soluções mais realistas e complexas para o projeto de redes logísticas sustentáveis.

Cokins, G. et al (2013) explora o conceito de Gestão de Desempenho Empresarial (EPM) como a integração de métodos de controle e melhoria, incorporando análises para alinhar estratégias organizacionais com a execução operacional. A EPM abrange ferramentas como mapas estratégicos, custeio baseado em atividades, orçamentos, previsões e planejamento de capacidade de recursos. Esses métodos sustentam soluções centrais, incluindo gestão de relacionamento com clientes, SCM, gestão de riscos e gestão de capital humano, além de iniciativas de lean management e Six Sigma. O autor destaca que a EPM não é uma metodologia

nova, mas sim uma integração de práticas existentes, reforçada por análises, visando melhorar a capacidade das organizações de antecipar, reagir e responder eficazmente às mudanças incertas.

Mehrjerdi, Y.Z. et al (2013) propõe um modelo integrado que combina estratégias de Seis Sigma, RFID e gestão da cadeia de suprimentos com o objetivo de aprimorar o desempenho organizacional. Neste artigo foi utilizado três estudos de caso como parâmetro, que por sua vez, foram analisados e estudados nos detalhes, levando assim a conclusão de que a aplicação conjunta dessas metodologias pode modernizar processos críticos, alinhar estratégias operacionais e facilitar a seleção de abordagens adequadas às necessidades específicas de cada organização. O método é estruturado em quatro partes principais, que quando aplicadas de forma sequenciais abordam uma sistemática que quando implementada geram eficácia tecnológica e práticas de qualidade na cadeia de suprimentos.

5. Vantagens e desvantagens dos artigos selecionados

A Tabela 3 apresenta um resumo do objetivo principal, citado pelos autores. Após a leitura de cada artigo, avaliando a metodologia e os resultados apresentados, foram descritas as vantagens e desvantagens que cada artigo aponta em sua literatura, em alguns casos os próprios autores citavam os pontos positivos, negativos e limitações encontradas, já outros artigos as vantagens e desvantagens foram estabelecidas após a análise de todo artigo.

Tabela 3 - Objetivo, Vantagens E Desvantagens Dos Artigos Selecionados

Artigo (ano)	Objetivo principal	Vantagens	Desvantagens
Sinha, Deepankar (2024)	Identificar e quantificar oportunidades de erro em sistemas logísticos multimodais no comércio global	Identificar falhas operacionais em sistemas logísticos multimodais, contribuindo para o aprimoramento da gestão de riscos	Complexidade dos sistemas logísticos multimodais tornado difícil a padronização de modelos de análise de erros
Çiçek, Hasan; Turan, Hakan (2023)	Melhorias para o processo podem influenciam positivamente o desempenho da gestão da cadeia de suprimentos de forma sustentável	A integração de melhorias nos processos com práticas sustentáveis através de uma abordagem ampla que otimiza o desempenho da cadeia de suprimentos	A implementação de melhorias nos processos pode exigir investimentos significativos, que nem sempre são viáveis
Chen, P.; S., Chen, J.C.; M., Huang, W.; T., Chen, H. (2023)	Eficiência da metodologia DMAIC para otimizar o processo de compras, reduzindo falhas operacionais	A aplicação do Six Sigma DMAIC gera uma abordagem estruturada que identifica e eliminar ineficiências nos processos de compras	A implementação do DMAIC exige mudanças significativas para as organizações e investimento
Andry, J.F.; Nurprihatin, F.; Liliana, L. (2022)	Metodologia Six Sigma para mitigar interrupções na cadeia de suprimentos, utilizando o ciclo DMAIC e análise FMEA para otimizar a infraestrutura tecnológica sustentável	Identificação e priorização de falhas críticas, melhorando a eficiência e reduzindo riscos operacionais	A implementação da metodologia pode ser complexa e exigir uma mudança cultural significativa nas empresas

Welborn, C.; Bullington, K.; Abston, K. (2022)	Estrategicamente utiliza o recrutamento baseadas em Seis Sigma para otimizar a atração de estudantes para programas de graduação em Gestão da Cadeia de Suprimentos	Abordagem estruturada e eficaz para entender e melhorar o recrutamento de estudantes	Falta de informações sobre a base de dados dos candidatos e falta de recursos
Tay, H.L.; Loh, H.S. (2022)	Lean Six Sigma pode potencializar a transformação digital em cadeias de suprimentos por meio da integração de tecnologias emergentes e melhoria contínua	Prevalece a tomada de decisão com base nos dados e aumenta a eficiência operacional ao alinhar processos digitais com práticas Lean Six Sigma	A implementação simultânea de transformação digital e LSS pode ser complexa e exige tecnologia avançada e capacitação
Gazcón-Rivera, A.; Nosedal-Sánchez, J.; Trigos, F. (2021)	FMEA tradicional para o setor de serviços, a T-FMEA, com foco na identificação e priorização de riscos transacionais em processos logísticos	A T-FMEA oferece uma análise mais abrangente ao considerar falhas em processos terceirizados e na interface com o cliente	Dificuldade em ambientes pouco estruturados, pois a T-FMEA demanda grande volume de dados e conhecimento detalhado dos processos
Ali, S.M.; Hossen, M.A. Mahtab, Z.;; Kabir, G.; Paulo, S.K.; Adnan, Z.U.H (2020)	Principais barreiras à implementação do Lean Six Sigma em cadeias de suprimentos por meio de um modelo interpretativo que estrutura e hierarquiza os entraves organizacionais	Modelo prático para gestores identificarem e priorizarem obstáculos críticos na adoção do LSS	Replicabilidade: Análise realizada em apenas um estudo de caso
Chen, K.S.; Huang, C.T.; Chang, T.C. (2020)	Novo modelo baseado na avaliação da qualidade do processo para auxiliar na seleção de fornecedores	Abordagem quantitativa eficaz para selecionar fornecedores com base na qualidade do processo, promovendo decisões mais precisas e alinhadas com a melhoria contínua	A dependência de métricas quantitativas pode limitar a consideração de fatores qualitativos importantes, como inovação dos fornecedores
ZA, K.A; Syapsan, Suri, D.P. (2020)	Estratégia de cadeia de suprimentos e Lean Six Sigma para estruturar e potencializar o setor turístico do distrito de Rokan Hilir, visando o aumento da receita local.	A aplicação da cadeia de suprimentos ao turismo regional permite planejamento estratégico e desenvolvimento econômico sustentável	Para efetivar o projeto é necessário apoio do governo e infraestrutura adequada.

Dongre, V.; Niraj, M. (2018)	Integração de estratégias de manutenção com práticas da cadeia de suprimentos, utilizando Lean Six Sigma para impulsionar o crescimento e a eficiência industrial.	Redução de falhas e desperdícios, aumentando a produtividade e a confiabilidade operacional.	A implementação demanda mudanças estruturais e culturais significativas, o que pode dificultar sua adoção em empresas tradicionais.
Kumar, S.; Tiffany, M.; Vaidya, S. (2016)	Comparativo entre cadeias de suprimentos do varejo tradicional e do e-commerce aplicando ferramentas Six Sigma para identificar vantagens, riscos e oportunidades em modelos logísticos distintos.	O modelo híbrido oferece maior flexibilidade e resiliência na gestão da cadeia de suprimentos	A transição para modelos híbridos exige investimentos significativos em tecnologia e integração operacional.
UNG, Uk; CHUNG, Byung Do (2016)	Inovações na cadeia de suprimentos da Samsung através dos princípios da Gestão da Qualidade Total (TQM), resultando em excelência operacional sustentada	A integração entre SCM e TQM fortalece a competitividade organizacional ao alinhar processos com foco contínuo em qualidade e melhoria	A adoção plena dessa abordagem exige altos investimentos em mudança cultural e tecnológica, o que pode limitar sua aplicação em empresas menores
Mishra, P.; Sharma, R.K. (2016)	Um método de combinar Six Sigma e ISM para melhorar a coordenação da cadeia de suprimentos com foco nos fatores humanos	A abordagem valoriza o papel dos fatores humanos como elementos centrais para a eficácia na gestão da cadeia de suprimentos	A modelagem dos aspectos humanos pode ser subjetiva e complexa, exigindo maior esforço na coleta e interpretação de dados qualitativos
Eriksson, D.; Manfredsson, P.; Hilletofth, P. (2016)	Integração de práticas industriais no ensino superior como forma de aprimorar o aprendizado e a preparação profissional dos estudantes	Tornar próximo a formação acadêmica da realidade do mercado, gerando assim, alunos mais preparados para os desafios práticos	A implementação dessa abordagem exige forte colaboração com a indústria, o que pode ser difícil em instituições com pouca inserção no setor produtivo
Miller, K.E.; Colina, C.; Miller, A.R. (2016)	Aprendizado utilizando Lean Six Sigma em cursos de negócios, promovendo aplicação prática e pensamento crítico	Facilita a aprendizagem ativa e prática dos alunos, sem necessidade de infraestrutura física complexa	Falta de experiencia de alguns professores em metodologias ativas ou Lean Six Sigma.

Zhou, S.B.; Ji, F.X. (2015)	Impacto do gerenciamento enxuto da cadeia de suprimentos no desempenho operacional de pequenas empresas manufatureiras, destacando desafios e práticas adotadas	A aplicação do rq SCM pode melhorar a eficiência operacional e reduzir desperdícios	A implementação do Lean SCM em pequenas empresas pode ser desafiadora devido à falta de recursos e expertise
Adawiyah, W.R.; Pramuka, B.A.; Najmudin, Jati, D.P. (2015)	Investigação da aplicação de GSCM em pequenas e médias empresas do setor de construção na Indonésia, destacando seu impacto positivo no desempenho operacional	Adoção da GSCM nas PMEs do setor de construção contribui para a melhoria do desempenho operacional e a sustentabilidade ambiental	Implementação de práticas de GSCM pode ser desafiadora para PMEs com recursos limitados e falta de expertise em sustentabilidade
Charkha, P.G.; Jaju, S.B. (2014)	Revisão dos sistemas de medição de desempenho em cadeias de suprimentos, destacando a necessidade de frameworks integrados e proativos para melhorar a eficácia organizacional	Fornece uma visão abrangente dos frameworks existentes de medição de desempenho, auxiliando na identificação de práticas eficazes para a gestão da cadeia de suprimentos.	A diversidade de frameworks analisados pode dificultar a escolha e implementação do sistema mais adequado para contextos específicos
Madu, C.N.; Kuei, C.H. (2014)	Framework baseado em Lean Six Sigma para melhorar a qualidade e eficiência das cadeias de suprimentos em operações de ajuda humanitária	Oferece uma abordagem estruturada para gerenciar a qualidade em cadeias de suprimentos de desastres, potencializando a eficiência e eficácia das operações de ajuda humanitária	A aplicação prática do framework pode ser desafiadora devido à complexidade e variabilidade dos cenários de desastres, exigindo adaptações específicas
Raja, I.D.; Kumar, V.N.; Mathiazhagan, P.; Rajmohan, W. (2014)	A aplicação do Seis Sigma para melhorar a gestão da cadeia de suprimentos na indústria da seda indiana, visando aumentar a qualidade e competitividade do setor	A adoção do Seis Sigma pode padronizar processos e melhorar a qualidade do produto, aumentando a eficiência e a competitividade da indústria da seda	Implementação do Seis Sigma pode ser desafiadora para o setor doméstico descentralizado, devido à falta de recursos e capacitação técnica
Saghaei, A.; Najafi, H.; Mighi, A.; Mosanna, Z. (2014)	Modelo matemático baseado em Seis Sigma para selecionar e melhorar entidades na cadeia de suprimentos, visando otimizar o Rolled Throughput Yield e os benefícios financeiros	Avaliação detalhada e quantitativa do desempenho da cadeia de suprimentos, facilitando a identificação de áreas específicas para melhorias eficazes	A complexidade do modelo matemático pode dificultar sua implementação em empresas com recursos limitados ou falta de expertise em modelagem avançada

Mishra, P.; Sharma, R.K. (2014)	Combinação do método SIPOC e Six Sigma DMAIC para melhorar as dimensões dos processos em redes de cadeia de suprimentos, demonstrando sua eficácia na indústria de tintas	A integração de SIPOC e DMAIC proporciona uma abordagem estruturada e sistemática para identificar e eliminar defeitos nos processos da cadeia de suprimentos, resultando em melhorias na qualidade e eficiência operacional	Limitação de um único estudo de caso na indústria de tintas, restringindo a generalização dos resultados para outros setores ou contextos industriais
Charkha, P.G.; Jaju, S.B. (2014)	Método baseado em AHP e Seis Sigma para aprimorar a medição de desempenho na cadeia de suprimentos da indústria têxtil indiana	Integração de AHP e Seis Sigma permite uma abordagem estruturada e quantitativa para identificar e priorizar áreas de melhoria na cadeia de suprimentos, resultando em processos mais eficientes e de maior qualidade	A aplicação do framework pode ser desafiadora para pequenas e médias empresas devido à complexidade das técnicas envolvidas e à necessidade de recursos especializados para sua implementação
Ellis, S.C.; Goldsby, T.J.; Bailey, A.M.; Oh, J.-Y. (2014)	A simulação do avião de papel é uma ferramenta educacional eficaz que permite aos estudantes aplicarem conceitos do Lean Six Sigma para melhorar o desempenho da cadeia de suprimentos.	Proporciona uma experiência de aprendizagem prática e participativa, facilitando a compreensão e aplicação dos princípios do Lean Six Sigma em contextos reais de cadeia de suprimentos	Não abranger todas as complexidades e variabilidades encontradas em cadeias de suprimentos reais, limitando a transferência completa do aprendizado para situações do mundo real
Ramezani, M.; Kimiagari, A.M.,; Karimi, B.; Hejazi, T.H. (2014)	Modelo fuzzy multiobjetivo para projetar redes de cadeia de suprimentos de ciclo fechado, equilibrando lucro, tempo de entrega e qualidade sob incertezas	A incorporação de lógica fuzzy permite lidar com incertezas reais nos parâmetros da cadeia de suprimentos, resultando em soluções mais robustas e aplicáveis no mundo real	A complexidade computacional do modelo pode ser elevada, especialmente para grandes redes logísticas, exigindo recursos computacionais significativos para sua resolução
Cokins, G. (2013)	A EPM é uma integradora de métodos de gestão e análise para alinhar estratégias e operações, melhorando a adaptabilidade organizacional	A EPM proporciona uma visão holística da organização, permitindo a integração de diversas funções e melhorando a tomada de decisões estratégicas e operacionais	A implementação da EPM pode ser desafiadora devido à complexidade de integrar múltiplos sistemas e processos, exigindo mudanças culturais e organizacionais significativas
Mehrjerdi, Y.Z. (2013)	Modelo integrado de Seis Sigma, RFID e gestão da cadeia de suprimentos para melhorar a seleção estratégica e o desempenho organizacional	A integração das metodologias permite uma abordagem holística, promovendo melhorias significativas na eficiência operacional e na tomada de decisões estratégicas	A complexidade do framework pode representar desafios na implementação, especialmente para organizações com recursos limitados ou menor maturidade tecnológica.

6. Lacunas e oportunidades

A análise bibliométrica realizada nesta pesquisa permitiu identificar não apenas as principais contribuições dos estudos relacionados à aplicação do Seis Sigma na gestão de riscos em cadeias de suprimentos, mas também suas limitações e fragilidades. Ao sistematizar as vantagens e desvantagens apontadas nos 27 artigos selecionados, torna-se possível compreender de forma mais ampla os impactos positivos e os desafios enfrentados pelas organizações ao implementar essa metodologia.

Entre as principais vantagens observadas, destacam-se a padronização de processos, a redução de variabilidades e desperdícios, o aumento da eficiência operacional e a melhoria na tomada de decisões com base em dados concretos. Essas contribuições demonstram o potencial do Seis Sigma como ferramenta eficaz para mitigar riscos logísticos, operacionais e estratégicos, além de reforçar a resiliência organizacional.

Por outro lado, também foram identificadas desvantagens recorrentes, como a complexidade de implementação, a necessidade de elevado nível de capacitação das equipes, a resistência à mudança por parte dos colaboradores e a limitação da metodologia em contextos altamente incertos ou de baixa previsibilidade. Além disso, em alguns casos, os estudos apresentaram foco excessivo em abordagens técnicas, negligenciando aspectos organizacionais e culturais críticos para o sucesso das iniciativas.

Dessa forma, este capítulo apresenta uma síntese crítica das principais vantagens e desvantagens relatadas nos estudos analisados, com o objetivo de oferecer subsídios para pesquisadores e profissionais que buscam aplicar o Seis Sigma como estratégia de gestão de riscos em cadeias de suprimentos.

A Tabela 4, a seguir, resume os principais artigos analisados com suas limitações e oportunidades de pesquisas futuras relacionados:

Tabela 4 - Limitações E Oportunidades De Pesquisa Dos Artigos Selecionados

Artigo (ano)	Limitações	Oportunidades de Pesquisa para trabalhos futuros
Sinha, Deepankar (2024)	Foco principal na identificação e quantificação de oportunidades de erro, sem aprofundar na análise das causas-raiz ou na proposição de soluções específicas para mitigação desses erros	Investigar as causas-raiz dos erros identificados e desenvolver estratégias específicas para sua mitigação, considerando as particularidades de diferentes setores e regiões
Çiçek, Hasan; Turan, Hakan (2023)	A amostra limitada e o foco restrito a certos indicadores dificultam a generalização dos resultados	Explorar diferentes setores e regiões, integrar tecnologias emergentes e realizar análises de longo prazo

Chen, P.; S., Chen J.C.; M., Huang, W.; T., Chen, H. (2023)	A pesquisa aborda principalmente fatores que causam reservas de gerenciamento em projetos de terceirização, podendo não abranger outros aspectos críticos do processo de compras	Explorar como tecnologias emergentes, como sistemas de e-procurement e análise de big data, podem ser integradas ao DMAIC para aprimorar ainda mais os processos de compras
Andry, J.F.; Nurprihatin, F.; Liliana, L. (2022)	A pesquisa aborda principalmente os processos de marketing, finanças e produção, podendo não considerar outros elementos críticos da cadeia de suprimentos	Investigar a eficácia da metodologia Six Sigma em setores diversos para avaliar sua adaptabilidade e impacto
Welborn, C.; Bullington, K.; Abston, K. (2022)	A pesquisa concentrou-se principalmente na eficácia de materiais e estratégias promocionais, sem considerar outros fatores que podem influenciar a decisão dos estudantes, como oportunidades de carreira ou percepções sobre a área de estudo	Investigar a eficácia de diferentes estratégias de recrutamento em diversas instituições e regiões para entender melhor as variáveis que influenciam a escolha dos estudantes
Tay, H.L.; Loh, H.S. (2022)	A pesquisa pode não abordar completamente a integração de tecnologias emergentes, como inteligência artificial e blockchain, na aplicação do Lean Six Sigma na cadeia de suprimentos	Realizar estudos longitudinais para avaliar os impactos sustentados das transformações digitais na gestão da cadeia de suprimentos
Gazcón-Rivera, A.; Nosedal-Sánchez, J.; Trigos, F. (2021)	Setor específico de serviços, limitando a generalização dos resultados para outros contextos organizacionais	Explorar a aplicação do método T-FMEA em diferentes setores de serviços e investigar a integração de ferramentas tecnológicas para aprimorar a análise de riscos
Ali, S.M.; Hossen, M.A.; Mahtab, Z.; Kabir, G.; Paulo, S.K.; Adnan, Z.U.H. (2020)	Conjunto específico de dados e contextos organizacionais, o que pode limitar a generalização dos resultados para diferentes setores ou regiões	Investigar a aplicação do modelo ISM em diversos contextos setoriais e geográficos, além de explorar a integração de tecnologias emergentes na superação das barreiras identificadas
Chen, K.-S.; Huang, C.-T.; Chang, T.-C. (2020)	Contexto específico, o que pode limitar a generalização dos resultados para diferentes setores ou organizações	Explorar a integração de critérios sustentáveis e tecnológicos na avaliação de fornecedores, considerando aspectos ambientais e de inovação
ZA, K.A.; Syapsan, Suri, D.P. (2020)	Foco em um único distrito, o que pode limitar a generalização dos resultados para outras regiões ou contextos turísticos.	Investigar a aplicabilidade das estratégias propostas em diferentes contextos regionais e explorar a integração de tecnologias emergentes na cadeia de suprimentos do turismo
Dongre, V.; Niraj, M. (2018)	Contexto concentrado em uma indústria específica, limitando na generalização dos resultados para outros setores ou regiões	Investigar a aplicabilidade do sistema proposto em diferentes contextos industriais e explorar a integração de tecnologias emergentes na estratégia de manutenção para aprimorar o desempenho da cadeia de suprimentos
Kumar, S.; Tiffany, M.; Vaidya, S. (2016)	Foco em um único estudo de caso, o que restringe a generalização dos resultados para diferentes setores ou regiões	Investigar a integração de tecnologias emergentes, como inteligência artificial e blockchain, na cadeia de suprimentos do varejo eletrônico e tradicional, além de explorar a adaptação de estratégias logísticas em diferentes contextos culturais e econômicos
UNG, Uk; CHUNG, Byung Do (2016)	Análise é centrada exclusivamente na experiência da Samsung, o que pode restringir a aplicabilidade dos resultados a outras organizações com diferentes contextos culturais e operacionais	Explorar a implementação de práticas de TQM e SCM integradas em empresas de diversos setores e culturas organizacionais, além de investigar como diferentes abordagens de liderança influenciam o sucesso dessas iniciativas

Mishra, P., Sharma; R.K. (2016)	O estudo se baseia em um modelo conceitual com validação limitada em contextos reais e específicos	Investigar a aplicação empírica do modelo em diferentes setores e analisar o impacto quantitativo das dimensões humanas na eficácia da cadeia de suprimentos
Eriksson, D.; Manfredsson, P.; Hilletofth, P. (2016)	Não explora outras empresas como pequenas e médias (PMEs), apenas a Samsung, poderia adaptar os mesmos princípios de TQM e SCM com recursos limitados	A integração crescente entre tecnologias digitais (como IoT e IA) e práticas de SCM com foco em qualidade total aponta para uma evolução das cadeias de suprimentos inteligentes e autônomas
Miller, K.E.; Colina, C.; Miller, A.R. (2016)	Realiza um modelo teórico e qualitativo, mas com pouca validação empírica em diferentes contextos industriais e organizacionais	Integrar tecnologias digitais, como inteligência artificial, ao foco humano na cadeia de suprimentos para melhorar a tomada de decisão colaborativa
Zhou, S.B.; Ji, F.X. (2015)	Impacto da aplicação de modelos industriais na formação dos estudantes ao longo de suas carreiras	Metodologias híbridas de ensino, combinando experiências industriais com tecnologias educacionais digitais para ampliar o engajamento e a aprendizagem prática
Adawiyah, W.R.; Pramuka, B.A.; Najmudin, Jati, D.P. (2015)	Falta de avaliação do impacto em longo prazo do uso da aprendizagem baseada em problemas na retenção de conhecimentos sobre Lean Six Sigma pelos alunos	Investigar a eficácia comparativa entre diferentes metodologias de ensino de Lean Six Sigma em diferentes contextos acadêmicos
Charkha, P.G.; Jaju, S.B. (2014)	Falta de aborda a sustentabilidade financeira de longo prazo das pequenas empresas após a adoção das práticas de Lean SCM	Explorar como as pequenas empresas podem integrar práticas de Lean SCM com tecnologias emergentes, para otimizar ainda mais suas operações
Madu, C.N.; Kuei, C.-H. (2014)	Falta de explorar a relação entre a adoção de GSCM e os custos iniciais de implementação em PMEs, especialmente no contexto de empresas de menor porte	Investigar como as PMEs do setor de construção podem integrar práticas de GSCM com tecnologias digitais, como sistemas de monitoramento de desempenho ambiental, para otimizar suas operações sustentáveis
Raja, I.D.; Kumar, V.N.; Mathiazhagan, P.; Rajmohan, W. (2014)	Não há aplicação prática dos frameworks de medição de desempenho em diferentes setores industriais, limitando a compreensão de sua eficácia em contextos específicos	Investigar a implementação prática de sistemas de medição de desempenho integrados para avaliar sua eficácia e adaptabilidade
Saghaei, A.; Najafi, H.; Mighi, A.; Mosanna, Z. (2014)	Não há validação empírica do framework proposto em contextos reais de desastres, limitando a compreensão de sua aplicabilidade prática	Investigar a implementação do framework DRSCQM em operações reais de ajuda humanitária para avaliar sua eficácia e adaptabilidade em diferentes contextos de desastres
Mishra, P.; Sharma, R.K. (2014)	Não aborda a aplicação prática do Seis Sigma em diferentes contextos regionais da indústria da seda, limitando a compreensão de sua eficácia em ambientes variados	Investigar a implementação do Seis Sigma em diferentes regiões produtoras de seda na Índia para avaliar sua adaptabilidade e impacto na melhoria da cadeia de suprimentos

Charkha, P.G.; Jaju, S.B. (2014)	O estudo não explora a aplicação do modelo em diferentes setores industriais, o que limita a compreensão de sua adaptabilidade e eficácia em contextos variados	Investigar a implementação do modelo proposto em setores específicos, como manufatura ou serviços, para avaliar sua adaptabilidade e impacto na melhoria do desempenho da cadeia de suprimentos
Ellis, S.C.; Goldsby, T.J.; Bailey, A.M.; Oh, J.-Y. (2014)	Falta explorar a aplicação do framework proposto em diferentes setores industriais ou em cadeias de suprimentos com estruturas mais complexas.	Investigar a implementação do framework híbrido em setores industriais distintos, como automotivo ou farmacêutico, para avaliar sua adaptabilidade e impacto na melhoria das dimensões dos processos em diferentes contextos de cadeia de suprimentos
Ramezani, M.; Kimiagari, A.M.; Karimi, B.; Hejazi, T.H. (2014)	Não possui validação empírica do framework proposto em diferentes contextos industriais, limitando a compreensão de sua aplicabilidade prática em ambientes variados	Investigar a aplicação do metodo empresarial de diferentes portes e segmentos dentro da indústria têxtil para avaliar sua adaptabilidade e eficácia na melhoria do desempenho da cadeia de suprimentos
Cokins, G. (2013)	O estudo não explora a aplicação da simulação em diferentes níveis educacionais ou em ambientes corporativos, o que poderia ampliar a compreensão de sua eficácia em contextos variados.	Investigar a adaptação e eficácia da simulação do avião de papel em programas de treinamento corporativo, visando a melhoria contínua dos processos na cadeia de suprimentos empresarial.
Mehrjerdi, Y.Z. (2013)	O modelo não aborda explicitamente aspectos ambientais ou de sustentabilidade, como emissões de carbono ou impactos ecológicos, que são relevantes em cadeias de suprimentos modernas.	Integrar métricas de sustentabilidade ambiental ao modelo fuzzy proposto, permitindo uma abordagem mais holística na concepção de redes de cadeia de suprimentos sustentáveis.

Após todo o processo de triagem de artigos desta revisão sistemática analisou-se o benéfico usar uma abordagem orientada para a gestão de projetos com a ferramenta seis sigma, está por sua vez é fundamental para fazer melhorias e mitigar os possíveis riscos de uma cadeia. Com o objetivo de equilibrar as necessidades diferentes de "enxuto" e "ágil" em diferentes funções e cadeia de suprimentos, o uso de um deste método se torna necessário (ANDERSSON et al., 2020). Como tema “seis sigma” abrangem diversas áreas do conhecimento, em diversos ramos de empresas, esta pesquisa observou que mesmo com grande parte das empresas não divulgando a atuação do programa devido ao alto grau de sigilo do processo, a ferramenta ainda será uma das grandes promotoras de novas tecnologias no que se refere à melhoria da qualidade em produtos e serviços.

De um modo geral, o planejamento estratégico integrado para o desenvolvimento de atividades logísticas é de suma importância para possibilitar uma cadeia de longo prazo, sendo assim, abrange todas as atividades relacionadas com o fluxo e a transformação de mercadorias desde o estágio de matéria-prima até o usuário final, bem como os respectivos fluxos de informação. O primeiro passo para as empresas minimizarem os riscos será envolver mais fornecedores externos e clientes em todos os processos de produção do produto ou serviço, com o objetivo de usar a estrutura de treinamento do seis sigma e incentivar a participação dos

mesmos.

Em âmbito atual, diversas empresas aderiram a ferramenta seis sigma com o objetivo de desenvolverem uma forma estruturada de novos processos de produção de produtos, para tornarem melhores, mais rápidos e mais flexíveis. Foi provado que está ferramenta funciona como inovação e desempenho nos níveis organizacionais e operacionais. Além disso, há indicações que projetos que envolvam maior número de pessoas em uma determinada empresa, produzem os melhores resultados financeiros (Oprime et al., 2019), sendo assim, aumenta a competitividade em um ambiente turbulento do mercado. Após incorporarem o seis sigma, implementam o lean seis sigma para aprimorar o processo e eliminar os erros.

A fim de mitigar os riscos da cadeia de suprimentos é necessário que a primeira medida a ser tomada deve ser dentro da própria empresa. Em segundo lugar, é necessário que seja dentro da cadeia de suprimentos. Para realizar com êxito é importante que haja uma comunicação, colaboração e integração entre os membros que compõem a cadeia de suprimentos.

7. Conclusão

Esta revisão sistemática mostra a evolução da literatura ao longo dos últimos anos, precisamente a partir de 2003, a respeito de diferentes áreas sobre a Metodologia Seis Sigma aplicada a Cadeia de Suprimentos.

Um pergunta-chave foi proposta para se basear no objetivo principal desta pesquisa: RQ - “Como o seis sigma vem sendo usado para mitigar riscos em cadeias de suprimentos?” Sendo assim, foi proposto a implementação dos métodos 6S na SCM para gerenciar os riscos, mesmo mantendo a cadeia de forma dinâmica, garantindo a competitividade da organização, aumentando a receita e diminuindo custo. Procurou-se identificar e sintetizar informações e dados disponíveis recentemente. Após a triagem dos artigos, estabeleceu-se 27 como relevantes, conforme descrito na Seção 3. Então foi feita uma análise qualitativa de cada um deles. Em seguida foi feita uma análise dos dados quantitativos a respeito de alguns fatores como locais de publicação dos artigos, anos de publicações, bases mais utilizadas, nuvem de palavras, vantagens e desvantagens, limitações apresentadas e os tipos de melhorias propostas. Além disso, foi feita uma identificação de lacunas e tendências sobre os temas com base nas análises feitas. Todas estas análises foram feitas para responder a pergunta-chave que foram descritas de maneira ampla ao decorrer desta revisão e algumas partes principais destacadas nesta seção de conclusão.

Com isso foram identificadas as principais tendências de pesquisa, tendo um maior número dos trabalhos com foco na gestão de processos, que corresponde diretamente a uma das etapas de melhoria operacional. Além disso, verificou-se que a quantidade de trabalhos vem aumentado gradativamente nos últimos anos, o que demonstra que o interesse na associação entre os temas está sendo cada vez maior: Seis Sigma e Cadeia de Suprimentos. Verificou-se também que os países que mais publicam a respeito foram a Índia e o Irã, tendência de trabalhos nos continentes Asiáticos. A maior parte dos trabalhos teve como foco a aplicação industrial. Estudos mais detalhados, descritos inclusive na Tab. 2, focaram a respeito de melhoria e otimização do tempo em geral.

As contribuições gerenciais do estudo desta revisão somam conhecimentos para diversos profissionais que possuem relação a parte de gestão: administradores, engenheiros, educadores, cientistas da computação, entre outros. Academicamente, as contribuições vão a respeito da melhoria do gerenciamento da cadeia de suprimentos através do método Seis Sigma. Assim esta pesquisa apresentou diversos comportamentos atuais e projeções para pesquisas

futuras teoricamente e aplicadas na prática.

Com a aplicação da metodologia Seis Sigma na cadeia de suprimentos observamos que há uma minimização do número de erros ao longo do processo de produção de um serviço ou produto. Além disso, garante maior qualidade para o consumidor final. As ferramentas são bastante eficazes para controlar e gerenciar riscos e, em alguns casos, pode ser resultado em documentos ou economias substanciais. Contudo, é necessário que as empresas que são direcionas ao consumidor final devam introduzir os fornecedores e outras partes interessadas no processo de logística e cadeia de suprimentos, pois desta forma torna-se mais efetivo o uso das metodologias na empresa. Representantes de diferentes empresas e de diferentes partes das cadeias de suprimentos podem cooperar umas com as outras utilizando o método seis sigma e realizar projetos juntos e cruzar fronteiras.

A logística necessita ser ao mesmo tempo ágil e precisa, tem que interagir com diversas áreas dentro e fora da empresa e concentra em suas mãos um valor alto em ativos da mesma. Portanto, o método Seis Sigma possui uma importância para a resolução dos problemas operacionais na parte de produção, visando eliminar seus desperdícios e aumentar a variabilidade dos processos, já o Lean Seis Sigma visa melhoria no processo e eliminar erros. Estas metodologias devem ser utilizadas com seriedade e apoio de todos os níveis da organização a fim de alcançar a satisfação de seus clientes e aumentar a lucratividade.

Já relativo a lacunas a serem exploradas percebe-se que os métodos seis sigma e lean seis sigma estão sendo cada vez mais utilizados por empresas, no entanto, ainda existem segmentos, áreas e culturas organizacionais que não o utilizam, no entanto o método pode estar consolidado em diversos ramos. Vale ressaltar que o principal objetivo desta metodologia é a melhoria no processo com foco na satisfação do cliente.

As limitações de maneira macro foram apresentadas ao decorrer da pesquisa, no qual descrevem os limites de cada artigo analisado e uma relação do comportamento das limitações após a análise individual. Entretanto, analisando as limitações desta pesquisa, um destaque seria a inclusão da Inteligência Artificial (IA) para aprimoração do método seis sigma. A IA, com sua capacidade de analisar grandes volumes de dados e identificar padrões complexos, possibilita uma previsão mais precisa da demanda, otimização de estoques e o monitoramento em tempo real das operações logísticas. Em conjunto, IA e Seis Sigma aplicados na Cadeia de Suprimentos geram um sistema de dinâmico e altamente eficiente, que pode ser aplicado em diversas indústrias, proporcionando uma vantagem competitiva significativa em um mercado global cada vez mais exigente.

8. Referências

ADAWIYAH, Wiwiek Rabiatul et al. “Green supply chain management and its impact on construction sector Small and Medium Enterprises (SMEs) performance: A case of Indonesia.” **International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology**, [S. l.], v. 6, n. 10, p. 47–55, 2015.

ALAM, Md Sarwar et al. “Barriers to lean six sigma implementation in the supply chain: An ISM model”. **Heliyon,** [S. l.], v. 6, n. 10, e05010, 2020.

ANDERSSON, R.; HAMMERSBERG, P., “A six sigma framework enabling collaborations across companies’ boundaries in the supply chain, 19th Annual Conference for Nordic Researchers” in **Logistics (NOFOMA**), 2007, Reykjavık, Iceland. (2007)

ANDRY, Johanes Fernandes; NURPRIHATIN, Filscha; LILIANA, Lydia. “Supply Chain Disruptions Mitigation Plan Using Six Sigma Method for Sustainable Technology Infrastructure.” **Management and Production Engineering** Review, v. 13, n. 4, p. 88–97, 2022.

ANTONY, J.; SONI, G.; GUPTA, S. “Six Sigma in manufacturing: a review of empirical literature.” **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 36, n. 7, p. 1105–1120, 2019

ANTONY, J.; SONY, M.; DEMPSEY, M.; BRENNAN, A.; FARRINGTON, T.; CUDNEY, E.A., “An evaluation into the limitations and emerging trends of Six Sigma: an empirical study”, **The TQM Journal**, Vol. 31 No. 2, pp. 205-221, 2019

ARIA, M., CUCCURULLO, C. “Bibliometrix: Uma ferramenta R para análise abrangente de mapeamento científico.” **Journal of Informetrics**, Vol. 11, No. 4, pp.959 - 75, 2017.

ANSORI, Y.; RAHMAN, M. T.; FADLILAH, U., “Optimization of tourism industry by supply chain strategy of Rokan regional district to increase original revenue.” **International Journal of Supply Chain Management**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 562–566, 2020.

BAK, O., “The use of collaboration tools in supply chain: implications and challenges”, **E-Supply Chain Technologies and Management**, Information Science Reference, 2007

BAKER, W.H., SMITH, G.E.; WATSON, K.J., “Chapter VII: information security risk in the Esupply chain”, in **E-Supply Chain Technologies and Management**, Information Science Reference, pp. 142-161, 2007

BALLOU, R. H. Logística empresarial. Rio de Janeiro. **Atlas**, 2009

BELEKOUKIAS, I.; GARZA-REYES, J.A.; KUMAR, V., “The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations.” **International Journal**

of Production Research, Vol. 52 No. 18, pp. 5346-5366, 2014.

BENDELL, T. et al "A review and comparison of six sigma and the lean organisations." **The TQM Magazine**, Vol. 18 No. 3, pp. 255-262, 2006.

BEN RUBEN, R.; VINAYAGAM, K.; SRINIVASAN, P.; VENKATESH, R., "Impact of Lean Six Sigma on supply chain performance: a review." **Benchmarking: An International Journal, Bingley**, v. 28, n. 9, p. 2780–2810, 2021.

BLACKHURST, J.; WU, T., "Managing Supply Chain Risk and Vulnerability. Tools and Methods for Supply Chain Decision Makers, Springer." **Verlag**, London, 2019.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. "Gestão da Logística de suprimentos." **Bookman,** Porto Alegre, 2001.

BRINDLEY, C. et al "Supply Chain Risk. Ashgate" **Publishing Ltd**., England, UK, 2004

CAVALCANTI, Ana Maria Gama; MOURA, Alfredo José Gomes de. "Decision-Making for the Selection of Suppliers Based on the Process Quality Assessment." **Journal of Manufacturing Processes**, [S. l.], v. 58, p. 617–625, 2020.

CHADEGANI, A.; SALEHI, H.; YUNUS, M.M., "A comparison between two main academic literature collections: Web of science and scopus databases." **Asian Social Science**, Vol. 9, No. 5, 2013.

CHAPMAN, P.; JUTTNER, U; BOLUMOLE, Y., "Supply Chain Vulnerability, Cranfield University,**" Cranfield**, 2003.

CHARKHA, Pranav Gopal; JAJU, Santosh B., "Supply chain performance measurement system: an overview." **International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 40–60, 2014.

CHEN, Ping-Shun; CHEN, Jimmy Ching-Ming; HUANG, Wen-Tso; CHEN, Huan-Ting., "Using the Six Sigma DMAIC Method to Improve Procurement: A Case Study". **Engineering Management Journal**, v. 35, n. 5, p. 1–14, 2023.

ÇIÇEK, HASAN; TURAN, HAKAN., "The Effects of Process Improvement on Sustainable Supply Chain Management Performance". Ano: 2023.

COLICCHIA, C.; STROZZI, F., "Supply chain risk management: a new methodology for systematic literature review." **Supply Chain Management: An International Journal**, Vol. 17 No. 4, pp. 403-418, 2012.

COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT. Definição de logística. 2016. Disponível em: < www.clm1.org>.

COKINS, Gary. et al "Enterprise Performance Management: Making it Work." **EDPACS: The EDP Audit, Control, and Security Newsletter**, v. 48, n. 6, p. 11–21, 2013.

CHRISTOPHER, M.; MCKINNON, A.; SHARP, J.; WILDING, R.; PECK, H.;
CHRISTOPHER, M.; PECK, H., "Building the resilient supply chain", **The International Journal of Logistics Management**, Vol. 15 No. 2, pp. 1-13, 2004

DAHLGAARD, J.J.; DAHLGAARD-PARK, D.M., "Lean production, six sigma quality, TQM and company culture", **TQM Magazine**, Vol. 18 No. 3, pp. 263-281, 2006

DE KONING, H.; DOES, R.J.M.M.; BISGAARD, S., "Lean six sigma in financial services." **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage** Vol. 4 No. 1, pp. 1-17, 2008.

ELLIS, Scott C.; GOLDSBY, Thomas J.; BAILEY, Ana M.; OH, Jae-Young., "Teaching Lean Six Sigma within a Supply Chain Context: The Airplane Supply Chain Simulation. Decision Sciences" **Journal of Innovative Education**, v. 12, n. 4, p. 287–319, 2014.

ERIKSSON, David; MANFREDSSON, Peter; HILLETOFTH, Per., "Using the industry as a model for better learning experience in higher education." **Industrial and Commercial Training**, [S. l.], v. 48, n. 2, p. 104–111, 2016.

FILBECK, G.; KUMAR, S.; LIU, J.; ZHAO, X., "Supply chain finance and financial contagion from disruptions." **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, Vol. 46 No. 4, pp. 414-443, 2016.

FORRESTER, P.; SHIMIZU, U.; SORIANO-MEIER, H.; GARZA-REYES, J.A.; BASSO, L., "Lean production, market share and value creation in the agricultural machinery sector in Brazil", **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 21 No. 7, pp. 853-871, 2010.

GAUDENZI, B.; CHRISTOPHER, M., "Achieving supply chain leagility through a project management orientation**." International Journal of Logistics: Research and Applications**, Vol. 19 No. 1, pp. 3-18, 2016.

HEANEY, B. et al "Supply chain intelligence: Descriptive, prescriptive, and predictive optimization." **Research Report**, Aberdeen Group, Boston, 2015.

HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N., "Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking", **International Journal of Operations and Production Management**, Vol. 24 No. 10, pp. 994-1011, 2004.

HO, W.; TANG, C. S., "A review of supply chain risk management: definition, trends, and research opportunities." **International Journal of Production Economics**, v. 228, p. 107711, 2020.

HUBBARD, D. et al "The Failure of Risk Management: Why It's Broken and How to Fix It." **John Wiley and Sons**, Hoboken, NJ, 2009.

JUTTNER, U. et al “Supply chain risk management: understanding the business requirements from a practitioner perspective”, **The International Journal of Logistics Management**, Vol. 16 No. 1, pp. 120-141, 2005.

KEI TSE, Y.; MATTHEWS, R.L.; HUA TAN, K.; SATO, Y.; PONGPANICH, C., “Unlocking supply chain disruption risk within the Thai beverage industry,” **Industrial Management and Data Systems**, Vol. 116 No. 1, pp. 21-42, 2016.

KUMAR, M.; ANTONY, J., “Comparing the quality management practices in UK SMEs,” **Industrial Management and Data Systems**, Vol. 108 No. 9, pp. 1153-1166, 2019.

KUMAR, M.; ANTONY, J., “Six Sigma for operational risk reduction: a review and future directions.” **Total Quality Management & Business Excellence,** 33(9–10), 1120–1140, 2022.

MAARTENSSON, A.; SNYDER, K.; INGELSSON, P., ‘Interlinking lean and Sustainability: how ready are leaders?.” **The TQM Journal**, Vol. 31 No. 2, pp. 136-149, 2019.

MADU, Christian N.; KUEI, Chu-Hua., “Disaster relief supply chain quality management (DRSCQM).” **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 31, n. 9, p. 1052–1067, 2014.

MANUJ, I.; MENTZER, J.T., “Global supply chain risk management.” **Journal of Business Logistics**, Vol. 29, No. 1, pp. 133-55. 2008.

MARTICHENKO, R. O. et al “Tudo que aprendi sobre Lean aprendi no 1º ano da escola.” São Paulo: **Editora Lean Institute Brasil**, 2012.

MARODIN, G. A.; SIANO, C.; TORTORELLA, G. L.; RICHARDSON, R. J., “Lean supply chain management practices and supply chain resilience: a multiple case study.” **Supply Chain Management: An International Journal,** v. 27, n. 6, p. 586–600, 2022.

MEHRJERDI, Yahia Zare. et al. “A framework for Six-Sigma driven RFID-enabled supply chain systems.” **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 30, n. 2, p. 142–160, 2013.

MENTZER, J. T. et al. “Defining supply chain management. “**Journal of Business Logistics**, v. 22, n. 2, 2014.

MILLER, Keith E.; HILL, Craig; MILLER, Antoinette R., “Bringing Lean Six Sigma to the Supply Chain Classroom: A Problem-Based Learning Case.” **INFORMS Transactions on Education**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 85–100, 2016.

MISHRA, Pratima; SHARMA, Rajiv Kumar., “Six sigma and interpretive structural modelling for effective SCC with focus on human dimensions.“ **International Journal of Business Excellence**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 293–316, 2016.

MOHANA, R. R.; VELMURUGAN, R., “Supply chain management system with maintenance

strategy for reimbursement of growth in industry." **International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET),** [S. l.], v. 9, n. 4, p. 591–599, 2018.

NGUYEN, H. T.; PHAM, T. T.; NGUYEN, T. D.; DOAN, X. H., "Lean Six Sigma adoption in supply chains: empirical evidence and future agenda." **Operations Management Research**, New York, 2023.

NURUL KARIMAH, W.; AHMAD, W.; DE BRITO, M.P.; TAVASSZY, L.A., "Sustainable supply chain management in the oil and gas industry," **Benchmarking: An International Journal**, Vol. 23 No. 6, pp. 1423-1444, 2016.

OPRIME, P.C.; PIMENTA, M.L.; JUGEND, D.; ANDERSSON, R., "Financial impacts of innovation in Six Sigma projects," **Total Quality Management and Business Excellence**, Vol. 25 July, pp. 1-13, 2019.

PANDE, P.S.; NEUMAN, R.P.; CAVANAGH, R. R., "Estratégia seis sigma: como GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho." **Qualitymark**, Rio de Janeiro, 2001.

PETTIT, T. J.; CROXTON, K. L.; FIKSEL, J., "The evolution of supply chain resilience: a framework for managing disruption." **Journal of Business Logistics, Hoboken**, v. 40, n. 1, p. 56–65, 2019.

PEREIRA, R. S.; SILVA, M. T.; ANTONY, J., "Collaborative practices and supply chain resilience: a systematic review and future research directions." **Supply Chain Management: An International Journal,** v. 28, n. 1, p. 15–32, 2023.

RAGHU KUMAR, B.; AGARWAL, A.; SHARMA, M.K., "Lean management - a step towards sustainable green supply chain," **Competitiveness Review**, Vol. 26 No. 3, pp. 311-331, 2016.

RAJA, I.D.; KUMAR, V.N.; MATHIAZHAGAN, P.; RAJMOHAN, W., "Measures to strengthen the supply chain management in silk industry." **International Journal of Economic Research**, v. 11, n. 3, p. 785–796, 2014.

RAMEZANI, Majid; KIMIAGARI, Ali Mohammad; BOSTANABAD, Reza Karimi., "Closed-loop supply chain network design under a fuzzy environment." **Knowledge Based Systems**, v. 59, p. 108–120, 2014.

ROSE, William S. et al., "Recruiting students to an undergraduate supply chain management program." **Heliyon**, [S. l.], v. 8, n. 9, e10251, 2022.

SAGHAEI, Abbas; NAJAFI, Hoorieh; MIGHI, Ali; MOSANNA, Zeynab., "Mathematical modelling to improve Rolled Throughput Yield in a supply chain." **Production Planning & Control**, v. 25, n. 5, p. 414–424, 2014.

SANTOS, G.; CABRAL, J. A. S.; ANTONY, J., "Lean Six Sigma and quality management in

higher education institutions: a systematic review." **International Journal of Quality & Reliability Management, Bingley**, v. 38, n. 6, p. 1421–1446, 2021.

SILVA, C. E. S. et al. "Transactional failure mode and effect analysis: an application to map risks in the service industry." **Case Studies on Transport Policy**, v. 9, n. 4, p. 1606–1614, 2021.

SINGH, J.; MODI, S.; ANTONY, J., "Supply chain integration and its impact on operational performance: a systematic literature review." **The TQM Journal**, v. 33, n. 6, p. 1405–1426, 2021.

SINHA, Deepankar. et al., "Estimating opportunities for errors in multimodal logistics system in global business." **International Journal of Services Operations and Management**, v. 43, n. 1, p. 1–20, 2024.

SNEE, R. D. et al., "Lean six sigma - getting better all the time." **International Journal of Lean Six Sigma**, Vol. 1 No. 1, pp. 9-29, 2010.

STEVENS, G.C.; JOHNSON, M., "Integrating the supply chain ... 25 years on", **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, Vol. 46 No. 1, pp. 19-42, 2016.

SREEDEVI, R.; SARANGA, H., "Uncertainty and supply chain risk: the moderating role of supply chain flexibility in risk mitigation", **International Journal of Production Economics**, Vol. 193, pp. 332-342, 2017.

TAY, Huay Ling; LOH, Hui Shan., "Digital transformations and supply chain management: a Lean Six Sigma perspective." **Journal of Asia Business Studies, Bingley**, v. 16, n. 2, p. 340–353, 2022.

TLAPA, D.; LIMON, J.; GARCIA-ALCARAZ; J.L., BAEZ, Y.; SANCHEZ, C., "Six Sigma enablers in Mexican manufacturing companies: a proposed model." **Industrial Management and Data Systems**, Vol. 116 No. 5, pp. 926-959, 2016.

TORTORELLA, G. L.; FOGLIATTO, F. S.; MACCARI, E. A., "Implementation of lean manufacturing and impact on productivity and business performance: a systematic review." **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 8, p. 2383–2406, 2020.

TRKMAN, P.; VALADARES DE OLIVEIRA, M.P.; MCCORMACK, K., "Value-oriented supply chain risk management: you get what you expect**." Industrial Management and Data Systems**, Vol. 116 No. 5, pp. 1061-1083, 2016.

TSIRONIS, L.K.; PSYCHOGIOS, A.G., "Road towards Lean Six Sigma in service industry: a multifactor integrated framework", **Business Process Management Journal**, Vol. 22 No. 4, pp. 812-834, 2016.

UNG, Uk; CHUNG, Byung Do., "Lessons from the history of Samsung's SCM innovations:

focus on the TQM perspective." **Total Quality Management & Business Excellence**, [S. l.], v. 27, n. 7–8, p. 751–760, 2016.

WERKEMA, M. C. C. et al., "Lean Seis Sigma Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing." Belo Horizonte: **Editora Werkema**, vol.4, 2006.

WILLIAMS, R.; BOUDEWIJN, B.; BARRIE, D.; VAN DER WIELA, T.; VAN IWAARDEN, J.; SMITH, M.; VISSER, R., "Quality and risk management: what are the key issues?", **The TQM Magazine**, Vol. 18 No. 1, pp. 67-86, 2006.

WTW., **Global Supply Chain Risk Report.**, 2023.

ZHOU, Steve Bin; JI, Fiona Xiaoying., "Impact of Lean Supply Chain Management on Operational Performance: A Study of Small Manufacturing Companies**." International Journal of Business and Applied Social Science**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 1–19, 2015.