

Um Estudo Bibliométrico sobre o Lean Manufacturing e sua Relação com a Sustentabilidade

A Bibliometric Study of Lean Manufacturing and its Relationship with Sustainability

Un Estudio Bibliométrico sobre la Fabricación ajustada y su Relación con la Sostenibilidad

José Paulo de Sousa

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, 58429-900

 <https://orcid.org/0000-0002-3012-4499>

e-mail: josepaulo.santacruz@gmail.com

José Irivaldo Alves Oliveira Silva

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, 58429-900

 <https://orcid.org/0000-0002-0022-3090>

e-mail: prof.irivaldo@ufcg.edu.br

Resumo: Este trabalho foi motivado pela necessidade de refletir sobre as contribuições que o lean manufacturing oferece através de sua aplicação no gerenciamento da produção industrial e a forma de como as pesquisas acadêmicas estão se desenvolvendo para compreensão do objeto de estudo nos parâmetros de citação, cocitação, países mais influentes, idiomas, palavras-chave e índice de evolução em meio a temporalidade do tema em estudo. Assim como, definiu-se como objetivo analisar o lean manufacturing e sua relação com a sustentabilidade no atual panorama das pesquisas realizadas nos últimos dez anos. Diante disso, realizou-se pesquisa na plataforma Web of Science com análise de dados bibliométricos para gerar resultados para compreensão e análise das principais contribuições de pesquisas realizadas para o pertinente tema. Assim sendo, os principais resultados alcançados mostram que o tema precisa ser mais explorado no cenário nacional, possibilitando maior conhecimento de suas contribuições para a indústria e para o meio acadêmico; de certa forma, o estudo também mostrou que existem uma alta escassez de publicações brasileiras voltadas para o lean manufacturing para com a sustentabilidade, além disso as principais pesquisas empíricas em cenário global são pertencentes a Journals internacionais com conteúdos pagos. Contudo, o lean manufacturing oferece respostas para o processo produtivo, direcionado para a produção enxuta originada do Sistema Toyota de Produção, possibilitando o gerenciamento do processo produtivo equilibrado para a real demanda de consumo, proporcionando o uso consciente dos insumos, assim como oportunizando a sustentabilidade através dos fatores econômicos, sociais e ambientais.

Palavras-Chave: Produção Enxuta; Eliminação de Desperdícios; Sustentabilidade.

Abstract: The need to reflect on the contributions that lean manufacturing offers through its application in industrial production management has motivated this paper. Also, the way in which academic research has been developed to understand the object of study in the parameters of citation, co-citation, the most influential countries, languages, keywords and evolution index amidst the temporality of the subject under study. Lean Manufacturing and the current panorama of research carried out in the last ten years were defined as objectives to analyze. In view of this, we carried out a bibliometrics research to generate results for the understanding and analysis of the main contributions of research on the relevant topic. Therefore, the main results achieved indicate there is a need to be further explore the topic in the national scenario to enable greater knowledge of its contributions to the industry and to the academic environment. Thus, it is understandable that the industry needs processes that are advantageous for its production process and human capital. It

is necessary to innovate, invest and organize management models which offer better performances in the production, as well as in the value passed on to the consumers in a way that lean manufacturing offers answers to the production process, directed to the lean production originated from the Toyota Production System, enabling the management of the production process balanced for the real consumption demand, providing the conscious use of inputs, as well as providing opportunities for sustainability through economic, social and environmental factors.

Keywords: Lean Production; Balanced; Consumption; Sustainability.

Resumen: Este trabajo estuvo motivado por la necesidad de reflexionar sobre las aportaciones que ofrece el lean manufacturing a través de su aplicación en la gestión de la producción industrial y cómo está evolucionando la investigación académica para comprender el objeto de estudio en términos de parámetros de citación, co-citación, países más influyentes, idiomas, palabras clave e índice de evolución en medio de la temporalidad del tema objeto de estudio. El objetivo era también analizar el lean manufacturing y su relación con la sostenibilidad en el panorama actual de las investigaciones realizadas en los últimos diez años. Para ello, se realizó una búsqueda en la plataforma Web of Science, analizando los datos bibliométricos para generar resultados que permitieran conocer y analizar las principales aportaciones de las investigaciones realizadas sobre el tema en cuestión. Así, los principales resultados alcanzados muestran que el tema necesita ser más explorado en el escenario nacional, permitiendo un mayor conocimiento de sus contribuciones a la industria y a la academia; de cierta forma, el estudio también mostró que existe una alta escasez de investigaciones brasileñas enfocadas en lean manufacturing para la sustentabilidad, además de las principales investigaciones empíricas en el escenario global pertenecientes a revistas internacionales de contenido pago. Sin embargo, la manufactura esbelta ofrece respuestas para el proceso productivo, orientadas hacia la producción esbelta originada en el Sistema de Producción Toyota, posibilitando la gestión del proceso productivo de forma equilibrada a la demanda real de consumo, proporcionando el uso consciente de los insumos, así como brindando oportunidades de sostenibilidad a través de factores económicos, sociales y ambientales.

Palabras clave: Lean Production; Eliminación de residuos; Sostenibilidad.

Introdução

A procura por melhores métodos de trabalho vem sendo um objetivo almejado por todos os setores econômicos, dentre esses - a indústria - que busca estruturar em seus processos melhores ferramentas de produção para o alcance de uma qualidade contínua através de atividades rotineiras.

Dessa forma, a busca por respostas para a melhoria em processos de produção surge no ano 1990 através do Sistema Toyota de Produção que através da temporalidade cedeu espaço para a filosofia de gestão lean manufacturing ou manufatura enxuta, que segundo Stone (2012) é uma extensão dos 14 princípios do Sistema Toyota; assim, as atividades industriais começam a buscar inovações, e o lean manufacturing, doravante LM, surge com o objetivo de variabilidade, diminuição do tempo de produção, aperfeiçoamento do fluxo produtivo e a eliminando de desperdícios (Boyle & Rathje, 2009).

Pertinente ao assunto apresentado, Liker (2004) e Shingo (1996) ressaltam que o LM oferece ao setor industrial distintas ferramentas para adequação do sistema de produção, estimulando a desistência de velhos hábitos e adequação de novos padrões para uma performance empresarial mais competitiva e sustentável. Assim, os autores consideram tais ferramentas: 5s; Kanban; Takt time; Mapeamento do fluxo de valor; (VSM); Trabalho padrão; Kaizen; Controle da qualidade total; Gestão visual; Dispositivos a prova de erros ou Poka Yoke; Fluxo contínuo; Andon; Sigla de Single Minute Exchange of Dies – SMED; Heijunka; Total Productive Maintenance – TPM; Desenvolvimento e melhoria de produto enxuto; Integração com fornecedores; e Flexibilização da mão de obra.

Nesse contexto, as ferramentas do lean manufacturing surgem para oferecer nova performance as

indústrias, e ao mesmo tempo desafiam o pesquisador a exploração de pesquisas para compreensão do estudo, fazendo-se pertinente a busca por abordagens de distintos autores como Singh et al. (2010), Godinho Filho e Barco (2015), Camacho (2013), Bhamu (2014) e Womack, Jones e Roos (2004), que apresentam visões importantes sobre a temática investigada, os modelos de avaliação e as ferramentas de produção adequadas para cada necessidade identificada no setor industrial.

Para Silva (2024), o LM leva ao setor industrial várias interfaces existentes com a sustentabilidade, pois ele possui compatibilidade direta e objetivos em comuns com a sustentabilidade, buscando “atender as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades” (Souza; Armada, 2018, p. 28).

De forma mais específica, o LM é considerado uma ferramenta de controle para produzir mais com menos insumos, evitando desperdícios de matéria prima, sendo propício a relação com a sustentabilidade, pois “pode ser considerado como modelo catalizador para a melhoria das práticas ambientais, assim como a permanência do seu objeto originário, que se contorna para eliminação de desperdícios. (Silva; Sousa, 2024, p. 08).

Assim sendo, o presente artigo tem como objetivo analisar o lean manufacturing e sua relação com a sustentabilidade no atual panorama das pesquisas realizadas nos últimos dez anos. Assim como, almeja-se alcançar respostas através de levantamento bibliométrico e estudos contemporâneos que revelem autores, coautorias e palavras-chave que proporcionem respostas os questionamentos do tema em estudo.

Todavia, esse artigo direciona-se a discussão norteada através de produções reconhecidas no universo acadêmico, além de abordar análises através de periódicos para discussão e aproximação da realidade contemporânea do mundo hodierno; sendo um suporte para que estudantes, pesquisadores, organizações e demais interessados possam conhecer e também contribuir com o avanço do tema explorado.

Portanto, compreender a objeto de pesquisa apresentado de forma contextualizada através de estudos científico, justifica-se pela necessidade de entender a importância de organizar processos industriais de maneira que oportunizem a produção de forma padronizada e equilibrada para etapas de produções condizentes com a demanda a ser atendida, além da permanência da valorização do custo real ao consumidor, levando a utilização insumos de forma consciente para minimização dos impactos ao meio ambiente e sustentabilidade para todas as partes envolvidas.

Elementos teóricos da pesquisa

Lean Manufacturing: Estudo Histórico

A gestão lean manufacturing ou produção enxuta é originado do sistema Toyota de Produção, sendo uma filosofia de trabalho que surgiu com o propósito de redução de desperdícios e valorização do custo real ao consumidor. Segundo Womack et al (2004), com atividades advindas do setor automobilísticas da companhia Toyota – empresa japonesa localizada na ilha de Nagoya – a produção enxuta ascendeu através do declínio da produção em massa concebida pelo fordismo que se tornava um fator gerador de prejuízo e do esgotamento do bem estar social.

Para Vesentini (2004), nos anos 1970 o modelo de trabalho do fordismo começou a perder espaço nos processos de produção industrial, e também nas condições do bem estar social que se esgotava em

todos os cenários operacionais, onde a partir disso dava-se início a um novo processo produtivo que se revigorava aos modelos de produção capitalista: o Toyotismo ou o pós-fordismo.

Segundo Womack et al (2004), o Toyotismo espalhou-se pelos mais diversos segmentos sociais, concedendo novas oportunidades a sociedade através de formas de trabalhos não restritos à fábrica com uma produção enxuta ou flexível, onde no lugar do consumo em massa como era encontrado no fordismo, o pós-fordismo ofereceu o just-in-time para produzir apenas a demanda necessária para atendimento do consumo.

Assim sendo, o lean manufacturing é uma filosofia para gestão do trabalho voltada para eliminação de desperdícios que surge como apoio para o gerenciamento em diversos setores de linha de produção, desenvolvendo técnicas que “quando combinadas e amadurecidas, reduzem o tempo e o custo de produção, maximizam o valor ao cliente e minimiza desperdícios. (Mastrapa; Assumpção & Campos, 2021).

Além disso, o LM possui contribuições significativas em sua relação com a sustentabilidade, oferecendo equilíbrio entre o social, econômico e ambiental, pois “exige-se compromisso com o gerenciamento que deve ser visível, através de mecanismos que incentivem a autonomia desde o início dos ganhos e em uma continuada avaliação. (Silva et al, 2024, p. 9).

Segundo João P. Pinto, presidente da Direção Nacional da Comunidade Lean Thinking, o termo ou pensamento lean foi utilizado pela primeira vez por James P. Womark e Daniel Jones em 1996; autores esses que estudaram as formas de gestão e métodos de trabalho no Japão na década de 80 e tendo estudo primordiais para a produção enxuta em 1990 através da obra *The Machine That Changed the World*, onde atualmente a obra é tida como a pioneira para o pensamento lean.

Para Taddeo et al (2019), o lean manufacturing é um dos modelos mais eficientes da indústria, tendo potencial para aumentar a competitividade empresarial, contribuindo para a redução de qualquer das atividades sem valor, melhorando a produtividade e a qualidade.

Dessa forma,

O lean manufacturing (LM) tem sido amplamente percebido pela indústria como uma resposta a esses requisitos porque o LM reduz o desperdício sem requisitos adicionais de recursos. Isso levou a um surto de pesquisa em LM em todo o mundo, principalmente por meio de estudos empíricos e exploratórios que resultaram em uma infinidade de definições de LM com escopos, objetivos, indicadores de desempenho, ferramentas/técnicas e elementos divergentes. (Bhamu & Singh Sangwan, 2014).

É visível, que o LM reduz o desperdício sem requisitos adicionais de recursos, pois para Ballé (2019), Lino et al (2024), Silva et al (2015), Castro et al (2019) e Freitas et al (2023), mostram que o LM deve ser trabalhado com a sua implantação através de análises empíricas e exploratórias, possuindo adequação para qualquer segmento.

Assim sendo, percebe-se que o lean manufacturing, é definido como um pensamento/filosofia ou método de trabalho direcionado para a melhoria da qualidade operacional sem custos aditivos nas operações para retrabalhos, onde os resultados industriais podem ser vistos através de percepções de análises empíricas e exploratórias.

Conhecendo os Princípios do Lean Manufacturing

O conhecimento da estruturação dos princípios de determinada gestão se faz necessário para que

se possa seguir processos organizados. Segundo Herzog e Tonchia (2014), a organização dos princípios do Sistema Toyota são as pioneiras nos resultados das comunidades mais amplas do Japão, como proposta de mudanças contra a produção em massa que era tida pela maior parte das empresas americanas e europeias após a Segunda Guerra Mundial.

Pertinente a isso, para compreender os princípios do lean manufacturing torna-se necessário conhecer os 14 Princípios de Gestão da Toyota conforme aponta Liker (2004). Sendo eles:

Tabela 1- Os 14 Princípios de Gestão da Toyota

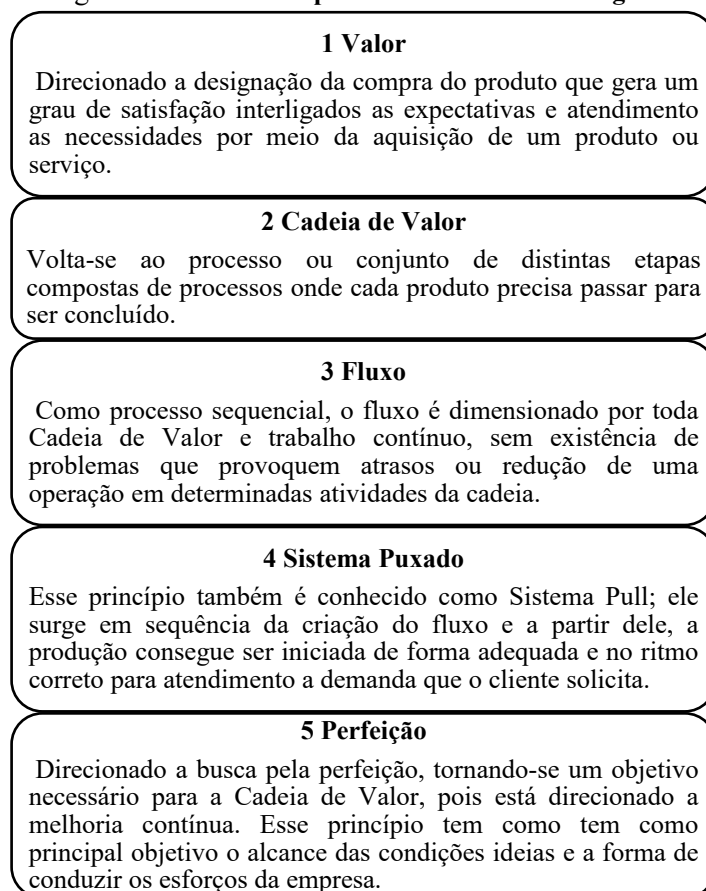
14 Princípios de Gestão da Toyota	
1	Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo.
2	Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona.
3	Usar sistemas puxados para evitar a superprodução.
4	Nivelar a carga de trabalho.
5	Construir uma cultura de parar e resolver os problemas, para que deste modo, seja possível obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa.
6	Tarefas padronizadas são à base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários.
7	Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto.
8	Usar somente tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos.
9	Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que viva a filosofia e as ensinem aos outros.
10	Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.
11	Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar.
12	Ver por si mesmo para compreender completamente a situação.
13	Tomar decisões sem pressa e por consenso, considerando completamente todas as opções e, após isso as implementá-las com rapidez.
14	Tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável e pela melhoria contínua.

Fonte: adaptado de Liker, 2004.

Assim sendo, o sistema Toyota teve esses princípios minimizados através da filosofia do LM, onde os quais auxiliam no gerenciamento da produção de uma indústria. Por outro lado, Womack et al (1996), define que os princípios do LM são desenvolvidos para atender a satisfação total do cliente, pois são eles que recebem e consomem os produtos, indicando assim o valor correspondente, além da especificação do valor sob a ótica do consumidor final, integrados à identificação das etapas necessárias para produção de um produto com o estabelecimento claro de um fluxo contínuo, sem atrasos ou esperas para a determinação de um fluxo puxado, fabricando apenas as quantidades solicitadas pelo consumidor, e garantindo a qualidade contínua para a perfeição, eliminando retrabalhos e os desperdícios.

Conforme autor supracitado, Womack, Jones e Roos (2004) apontam os princípios básicos para uma indústria se tornar lean:

Figura 1 - Os 05 Princípios do lean manufacturing



Fonte: adaptado de Womack, Jones e Roos (2004).

Quando se comparam os princípios, percebe-se que houve uma nova estrutura de organização, pois Stone (2012) considera que o LM engloba todo o processo da produção enxuta assim como os princípios Toyota, permanecendo a essência da eliminação de desperdício e qualidade contínua em todo processo de produção do produto.

Ferramentas de Análise do Lean Manufacturing

As ferramentas que compõe o LM são flexíveis a se adaptarem de acordo com a estrutura da organização. Assim, conforme apontado nas produções de Vieira (2017), Womack; Jones (1996), Monden (1984) e Ohno (1997), destacam-se as ferramentas:

- **5S** – essa ferramenta corresponde a cinco expressões japonesas iniciadas com a letra “S” e denominadas de senso, que estabelecem práticas essenciais para visão visual, limpeza e organização de forma contínua. Sendo elas:

1. **Seiri:** senso de utilização, onde estabelece que apenas os materiais e as ferramentas necessárias para a execução das tarefas devem ficar na área de trabalho, evitando excessos de ferramentas desnecessárias no local das atividades.
2. **Seiton:** Senso de organização, voltado para evitar movimentação desnecessária na realização da tarefa, por isso orienta a identificação e localização das ferramentas de trabalhos necessárias

próximas a ao local de trabalho/

3. **Seiso:** Senso de limpeza, voltado para manter a estação de trabalho limpa, integrando todos os componentes pertencentes ao ambiente;

4. **Seiketsu:** Senso de padronização, disciplinar/padronizar as práticas e organização do trabalho conforme os sentidos supracitados;

5. **Shitsuke:** Senso de autodisciplina, direcionado a manter o padrão dos outros quatro “S” não permitindo ciclos viciosos de velhos hábitos e mantendo um esforço sistemático contínuo.

- **Kanban** - O termo significa “quadro de sinais” ou “cartão” e é um sistema que oferece instruções através de cartões verdes, amarelos e vermelhos para sinalizar a produção ou retirada de produtos de acordo com o quadro de controle. Essa ferramenta orienta abastecedores para manuseio de materiais e evolução de processos para fabricação de produtos conforme solicitado pelo cliente. Essa ferramenta estabelece a essência do sistema de produção puxada.

- **Takt time** - É o estabelecimento de um valor de tempo que padroniza o ritmo da produção para atendimento da demanda solicitada. Ela estabelece a razão entre o tempo disponível para a produção até a etapa final de unidades a serem produzidas.

- **Mapeamento do fluxo de valor (VSM)** - volta-se a um diagrama que informa todas as etapas relacionadas nos fluxos de materiais com informações necessárias para atender os clientes desde o pedido até a entrega. O VSM é composto por dois mapas, onde o primeiro volta-se ao momento atual que demonstra as condições atuais, e o segundo que mostra a identificação de oportunidades de melhorias para melhoramento de desempenho em algum tipo de falha.

- **Trabalho padrão** - tendo como referência o tempo takt, é estabelecido procedimentos de trabalhos necessários para cada trabalhador na execução da produção, tendo sequência de trabalho e estoque padrão.

- **Kaizen** - estabelece o processo de melhoria contínua para todas as atividades com a finalidade de criação de mais valor com eliminação e a redução de desperdícios. Processo esse que todos os funcionários devem fazer parte.

- **Controle da qualidade total** - é um processo metodológico gerencial onde todos os níveis (estratégicos, táticos e operacionais) da empresa devem fazer parte aplicabilidade da qualidade contínua seus produtos e serviços através do ciclo PDCA.

- **Gestão visual** - orientado para oferecer visualização de informações de atividades, produção, produtos, indicadores de desempenho dentre outras variáveis que oportunizem o acesso e compreensão do andamento das atividades nas empresas.

- **Dispositivos a prova de erros ou Poka Yoke** - ferramenta que orienta os operadores a não prática do erro na execução das atividades; essa orientação pode ser feita através de sistemas eletrônicos ou estruturação complexa de monitoramento para garantir que a atividade seja executada ao invés de ser esquecida.

- **Fluxo contínuo** - ferramenta conduzida pelo método de produção e movimentação de um item por vez na produção de uma série contínua, ou seja, cada etapa será executada no momento que for solicitada pela etapa sequencial.

- **Andon** - Ferramenta de gerenciamento visual também chamada de “lâmpada ou sinais com luz”, direcionada a mostrar as operações em um único local, formando alertas visuais através de luzes que enfatizam onde é necessário agir em determinado local da produção.

- **Sigla de Single Minute Exchange of Dies – SMED** - popularmente conhecido como set up é direcionado para troca rápida de ferramentas no menor tempo possível com separação de operações internas com o maquinário parado ou as operações das externas onde o maquinário continua em

operação. Busca resolver situações em estimativa menor de dez minutos para disponibilizar o equipamento e não interferir no tempo de entrega do produto.

- **Heijunka** -ferramenta estabelece o equilíbrio do tipo e da quantidade de produção mediante um período de tempo estipulado. Desta forma tem estabilidade do processo, eliminação de desperdício de tempo, eliminação de excesso de estoques, redução dos custos e da mão de obra, além do lead time da produção.
- **Total Productive Maintenance – TPM** - voltada para manutenção produtiva total, direcionando-se para que os maquinários e a garantia de que eles estejam sempre aptos ao funcionamento para execução das tarefas e os operadores sejam os agentes participativos aos cuidados com os equipamentos.
- **Desenvolvimento e melhoria de produto enxuto** -produção ágil para novos produtos, com menos trabalho e com eliminação de desperdícios. Desenvolvem princípios de substituição rápida de modelos, expansão contínua do mix de produtos, processo participativo dos fornecedores, equipes multidisciplinares e ferramentas de projetos computadorizadas.
- **Integração com fornecedores** - busca a seletiva de fornecedores que disponibilizem insumos que atenda às necessidades do sistema de produção relacionadas a qualidade, quantidade, prazos de entrega e custo.
- **Flexibilização da mão de obra** - volta-se a flexibilização da mão de obra, existindo a movimentação de funcionários a execução em outras operações quando a produção é alterada. A flexibilização é influenciada por três fatores: projeto adequado do layout dos equipamentos, operadores bem treinados, avaliação e revisões contínuas, além das operações padronizadas.

As ferramentas do LM são estruturadas para atender o diagnóstico de cada empresa de acordo com às necessidades encontradas. De certa forma, a execução se dá através de combinações e estratégias estruturadas que as indústrias estabelecem nos processos produtivos para o alcance de padrões de qualidade e eficiência operacional.

Modelos de Avaliação do Lean Manufacturing

O LM é uma filosofia ou método de gestão da produção medida através de estudos empíricos ou análises do ambiente industrial. Contudo, o modelo de avaliação dado para determinado estudo requer-se a coerência da análise feita através do objeto selecionado; Singh et al (2010), considera que não existe uma forma padronizada para o alcance do sucesso, pois toda instituição possui diversas variantes e distintos fatores que são condicionados aos estudos.

Para Godinho Filho e Barco (2015), o LM é uma referência para o estudo da produção industrial através de suas ferramentas de avaliação e princípios que buscam atender conceitos que agregam performance competitiva as indústrias, buscando adequar a avaliação de acordo com a análise realizada e a aplicabilidade de suas ferramentas.

Assim sendo, Marodin e Saurin (2013) consideram as mesmas abordagens do método de avaliação do LM nas indústrias, estruturando-se em duas perspectivas: Avaliação por Práticas ou pelos Resultados. Desta forma, Walter e Tubino (2013) estabelecem que a avaliação das práticas se volta para verificar o comprometimento dos agentes envolvidos com as ferramentas e metodologias propostas pelo lean manufacturing.

Em outra relevância, a avaliação dos resultados conforme abordado por Camacho et al (2013), direciona-se as métricas dos processos de produção, ou seja, as melhorias encontradas através da aplicação das ferramentas do LM, podendo ser por análise qualitativa ou quantitativa através dos

relatórios operacionais advindos da maturidade de uma cultura lean que deve ser analisada nas esferas estratégicas, táticas e operacionais de uma indústria.

Elementos metodológicos da pesquisa

Para alcançar o objetivo do estudo através de mudanças temporais nos padrões, naturezas e transformações nas produções científicas, adotou-se uma pesquisa de estudos bibliométricos, utilizando-se de técnicas de análise de citação, cocitação e de acoplamento bibliográfico.

O método bibliométrico oferece ao pesquisador a oportunidade de analisar a qualidade científica das publicações de determinado tema, por meio de evidências quantitativas através de parâmetros de conjuntos de artigos para gerenciamento de produções, informações e conhecimentos científicos advindos de determinado objeto em estudo. (Dutra; Santos; Freitag, 2022).

Para tal, os parâmetros identificáveis são: os artigos selecionados, suas referências, autores, journals, países, número de citações e cocitações, palavras-chave e periódicos mais relevantes (Ensslin et al., 2010).

Assim sendo, o presente trabalho possui mapeamento da produção científica em cenário nacional e internacional dos últimos dez anos (2011-2021), pois considerando que a escolha dessa temporalidade deu-se pelo fato de não existirem números relevantes de publicações e citações anteriores ao ano de 2011. Nas bases de periódicos nacionais, realizou-se a filtragem sobre a temática em estudo, e a plataforma Web of Science (WOS), foi a única que atendeu aos critérios, pelo fato de possuir maior número de artigos com estudos completos referentes ao tema, além da riqueza de informações e a alta extensão de acervo quando comparada as demais plataformas.

Nessa perspectiva, considerou-se o processo de sistematização defendido por Creswell (2010), estabelecendo critérios de inclusão ou exclusão; a unidade de análise foi definida nos meses de janeiro de 2011 à dezembro de 2021, utilizando-se como termologias [TS] “lean manufacturing”, [OR TS] “lean manufacturing e sustentabilidade”, [AND TS] “manufacturing and sustainability” e [OR TS] “manufacturing and lean production”, obtendo-se o total de 1.857 artigos encontrados.

Para o refinamento dos dados com o propósito de enfatizar o tema em estudo, filtrou-se os dados apenas pelas categorias “Management” e “Business” tendo como resultado 159 artigos. Para critérios de exclusão, considerou-se pesquisas de áreas não pertencentes às de conhecimento de “Management” e “Business”, assim como anos anteriores a 2011, além de tipos de documentos não pertencentes ao padrão artigo científico.

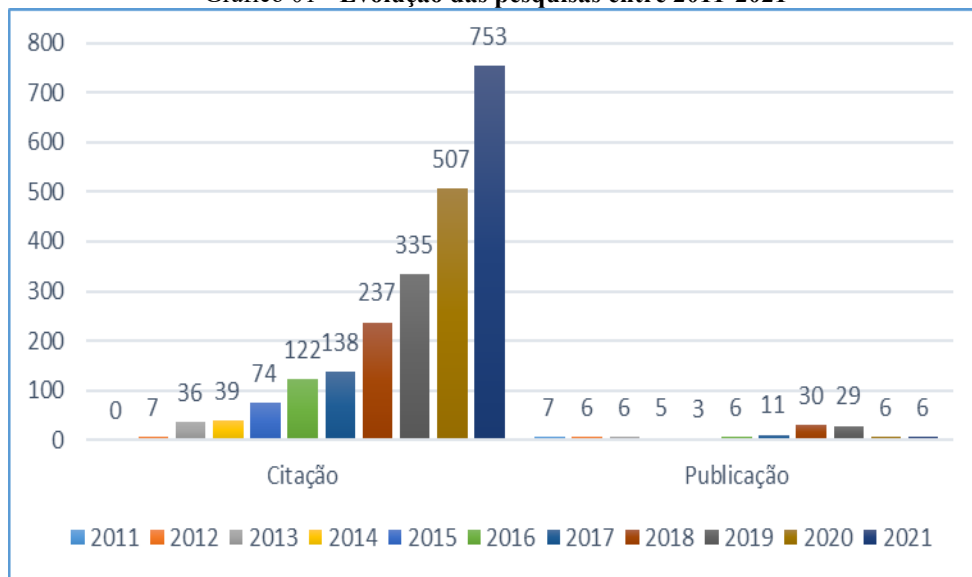
Para análise dos dados, organizou-se em duas etapas: a primeira voltada para a utilização das ferramentas do Microsoft Office Excel para elaboração de tabelas e gráficos, e a segunda etapa a utilização do software Vosviewer versão 1.6.18 para análises técnicas e precisas da clusterização e do mapeamento, com a finalidade de apresentação de análise sistemática dos resultados alcançados.

Resultados e Discussão

Para atender ao objetivo principal deste artigo que volta-se a analisar o lean manufacturing e sua relação com a sustentabilidade no atual panorama das pesquisas realizadas nos últimos dez anos, buscou-se dados estruturados em indicadores bibliométricos voltados para: total de publicações por países mais influentes, principais journals com publicações sobre a temática, principais idiomas em publicação, relevância dos principais autores, acoplamento bibliográfico de palavras-chave do autor, análise de cocitação de autores e acoplamento das palavras-chave em escala global.

No gráfico 01, expressa-se a evolução das pesquisas desenvolvidas sobre o objeto de estudo, considerando a quantidade de publicações e as citações realizadas entre os anos de 2011 até 2021:

Gráfico 01 - Evolução das pesquisas entre 2011-2021



Fonte: elaboração própria a partir do WOS, 2022.

Através do gráfico 01, percebe-se que as investigações sobre o LM e suas expertises no mundo industrial tornam-se cada vez mais ascendentes, logo, como identificado (gráfico 01) em 2011 não houveram citações, apenas produção de pesquisas, mas a partir de 2012 a comunidade acadêmica começa o interesse de trabalhar-se a temática. O destaque maior está principalmente no ano de 2020 e 2021 onde houveram publicação de apenas 06 documentos respectivamente, mas as citações chegam em uma média de 105 citações por artigos. Deve-se considerar que fatores externos podem ter favorecido esse interesse pelo estudo do LM, principalmente pelos agravos ambientais, economia procurando respostas em meio a pandemia da covid-19, assim como soluções para produzir mais com menos e estabelecer mais lucros com redução de custos.

Na tabela 04, apresenta-se os 10 principais países que possuem relevância em citações para referente temática em estudo:

Tabela 01 - Países mais influentes nas publicações

Países	Documentos	Citação
Estados Unidos	20	617
Inglaterra	14	579
Suécia	10	433
Brasil	30	376
Espanha	10	259
Índia	22	248
Itália	9	224
Países Baixos	5	171
Mexico	5	60
Malásia	5	49

Fonte: Elaboração própria a partir da Vosviewer, 2022.

Na tabela 04, percebe-se que os países mais influentes nas citações são encontrados no cenário internacional, e que o número de produções (documentos) não são influenciadores na qualidade da pesquisa, pois visivelmente nos Estados Unidos possui-se 20 documentos (617 citações) ao qual está em primeiro lugar no ranking, possuindo menos documentos que o Brasil (30 documentos) ao qual ocupa a quarta posição. É importante considerar que dos 10 países, apenas Brasil e México são pertencentes a América Latina, deixando a refletir os espaços das pesquisas voltados a temática em estudo e pela importância pelo desenvolvimento industrial em países em desenvolvimentos ou com dimensão ambiental que precisam de pesquisas para exploração sustentável sem degradação das dimensões da sustentabilidade.

Por outro lado, torna-se importante destacar que o continente europeu possui grande representatividade com 05 países que possuem pesquisas voltadas para o LM, sendo eles a Inglaterra (579 citações), Suécia (433 citações), Espanha (259 citações), Itália (224 citações) e Países Baixos (171 citações), que oportunizam a descoberta de novas alternativas e possibilidade de debater trabalhos menos agressores as dimensões sustentáveis e acordos ambientais.

Em sequência aos estudos, apresenta-se a tabela 05 com os 12 journals mais relevantes, levando em consideração a ordem de citações do maior para o menor:

Tabela 02- Principais journals com publicações sobre a temática

Journals	Qtd. Documentos	Qtd. Citações
<i>Internacional Journal of Operations & production Management</i>	19	738
<i>Total Quality Management & Business excellence</i>	16	381
<i>Benchmarking-an Internacional Journal</i>	13	220
<i>Management decision</i>	4	223
<i>Supply Chain management -an international journal</i>	4	213
<i>Internacional Journal of Productivity and Performance Management</i>	10	77
<i>International Journal of human resource management</i>	4	60
<i>Internacional Journal of Quality & Reliability Management</i>	5	52
<i>quality innovation Prosperity-Kvalita Inovacia prosperita</i>	4	19
<i>Journal of advances in management research</i>	4	10
<i>Independent Journal of Management & Production</i>	4	9
<i>Quality-access to seccess</i>	4	2

Fonte: Elaboração própria a partir do Vosviewer, 2022.

Assim sendo, analisando-se a tabela 05, pode-se ver que o Internacional Journal of Operations & production Management aparece em primeiro no ranking, apresentando o maior número de citações quando comparado aos demais (738 citações). Contudo, nota-se que os Journal Total Quality Management & Business excellence (223 citações) e o Journal Benchmarking-an Internacional Journal (213 citações) aparecem a frente do Internacional Journal of Productivity and Performance Management (77 citações) e do Internacional Journal of Quality & Reliability Management (52 citações), fazendo-se entender que a quantidade de documentos não é um fator que garante a força da citação de pesquisas relevantes, considerando que o Journal Total Quality Management & Business excellence e o Journal Benchmarking-an Internacional Journal possuem apenas 04 documentos,

respectivamente; importante ressaltar que as informações de maior parte desses journals são através de assinaturas pagas para acesso ao conteúdo.

Em continuidade a tais critérios de análise, é possível perceber através da tabela 06 os idiomas que os pesquisadores utilizam para produção bibliográfica, conforme a seguir:

Tabela 03 - Principais idiomas em publicação

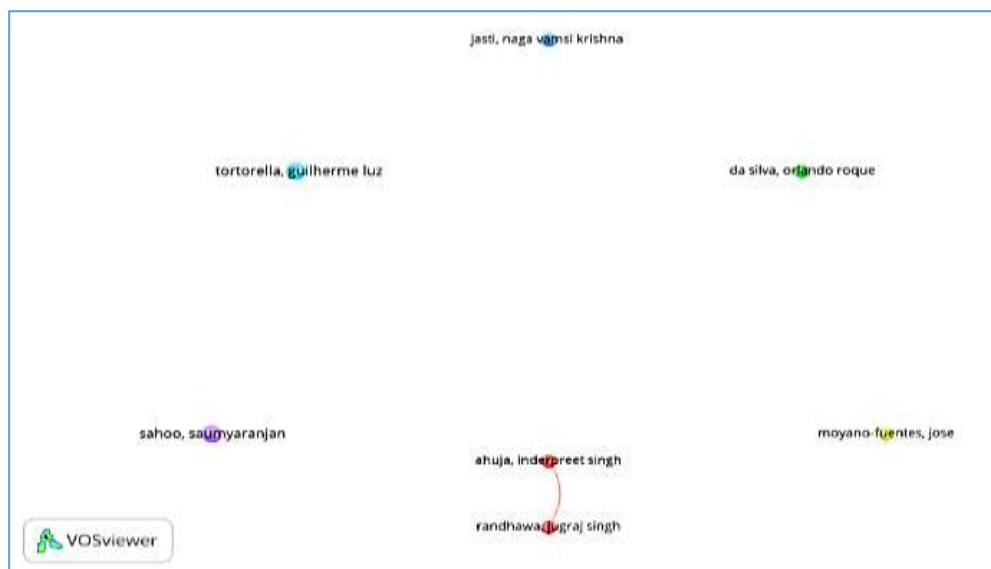
Idiomas	Qtd. De documentos
Inglês	151
Português	5
Espanhol	2
Croata	1

Fonte: Elaboração própria a partir do WOS, 2022.

O reflexo das publicações quando analisa-se o idioma para principais produções, percebe-se que a língua inglesa possui grande relevância entre os pesquisadores, logo, quando compara-se a tabela 06 com a tabela 05 (Principais journals com publicações sobre a temática), identificamos que muito dos países não usam de seu idioma materno para escrita de pesquisas dando preferência a língua inglesa que é predominante na maior parte dos continentes.

Na figura 03, mostra-se mapeamento dos autores que formam redes com cocitação em comum, além de autores que não possuem redes mais expressividade em cocitações.

Figura 03 - Acoplamento de Cocitação de autores.



Fonte: Elaboração própria a partir do Vosviewer, 2022.

Através das redes de cocitação (Figura 03), percebe-se que os autores mais citados não possuem relação de redes entre eles, existindo um mapeamento isolado. Dessa forma, compreende-se que para tal estudo, os pesquisadores ainda não exploram de forma compartilhada as pesquisas desenvolvidas, dando a entender que são realizadas obras sem socialização de leituras entre textos que trabalham a mesma temática. Entre os 06 clusters, verifica-se que o da cor vermelha volta-se a autores que são

citados em comum em alguns trabalhos, sendo eles Ahuja e Randhawa possuindo cada um dos 03 documentos e 35 citações respectivamente.

Através dessa análise, foram também identificados os autores mais influentes de modo geral, possuindo a maior força de citações entre si, sendo eles: Tortorella (258 citações), Moyano-Fuentes (114 citações), Sahoo (90 citações), Jastin (37 citações), Da Silva (11 citações); Para tais autores, suas obras são relevantes em números de citações, contudo não possuem relação em comum com quaisquer trabalho conforme visto na imagem Figura 01.

A seguir, apresenta-se a figura 04 com mapeamento bibliográfico de palavras-chave mais utilizadas pelos autores em suas produções de resumos ou títulos dos artigos, com a finalidade de entender o que contorna a temática trabalhada por eles. Na Figura 04, expõe-se a co-ocorrência da formação de palavras-chave mais utilizadas que estão contidas em títulos ou resumos dos artigos pertencentes a amostra em estudo, que através disso foram encontrados 05 clusters.

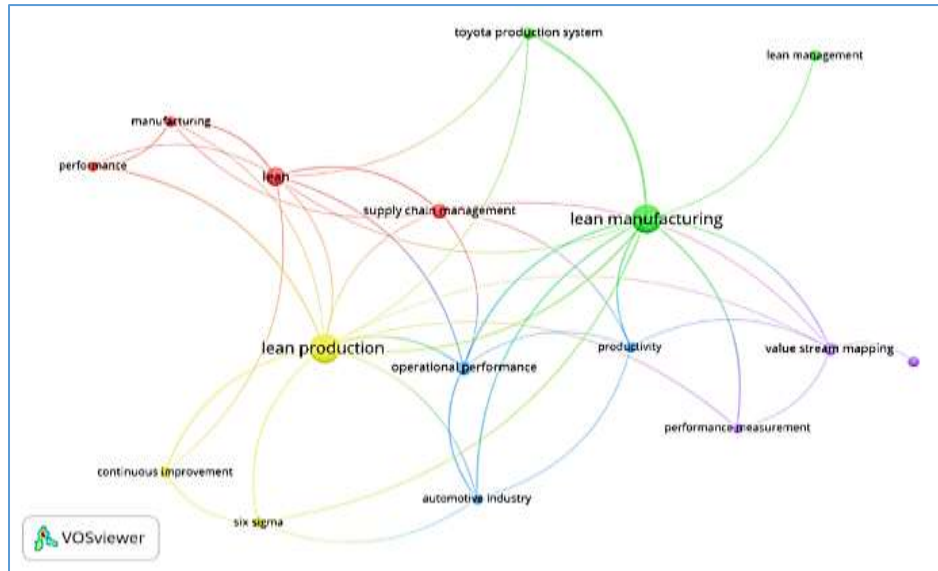
O primeiro cluster representado pela cor vermelha com as palavras lean, manufacturing, performance e supply chain management são as mais repetidas pelos autores em suas produções para direcionamento a linha de produção e impactos produtivos, considerando-se o que Liker (2004) e Shingo (1996) afirmam sobre o LM sobre sua adequação aos sistemas produtivos e ao oferecimento de adequações as atividades desenvolvidas para mudança e melhoramento da performance empresarial mais competitiva.

Assim sendo, o segundo cluster representado pela cor verde e organizado em rede de três palavras, sendo lean management, lean manufacturing e toyota production system, volta-se ao direcionando da temática relacionada ao sistema Toyota de Produção conforme encontrado em Womack et al (2004) e Stone (2012) que relatam essa relação entre ambos métodos de trabalho mediados pela produção enxuta e pela qualidade nos processos.

Para o terceiro cluster, representado pela cor azul verifica-se aglomeração de palavras automotive industry, operacional performance e productivity demonstrando contextualização para pesquisas industriais, desempenho operacional e produtividade; deixando notório a existência da busca pela performance industrial e melhorias contínuas conforme afirmado na bibliografia de Bhamu et al (2014).

Na formação do quarto cluster, representado pela cor amarela e pelas palavras continuous improvement, lean production e six sigma tende-se o direcionamento a pesquisas voltadas para qualidade por meio da melhoria contínua que ofereça a busca de processos mais dinâmicos e competitivos para a indústria. Isso também é encontrado no quinto cluster, representado pela cor lilás que possui palavras-chave para lean six sigma, performance measurement e value stream mapping contextualizado pela forma do mapeamento que existe nas indústrias e em todo o fluxo de valor necessários para a sustentabilidade da vida operacional.

Figura 04 - Acoplamento de palavras-chave autor

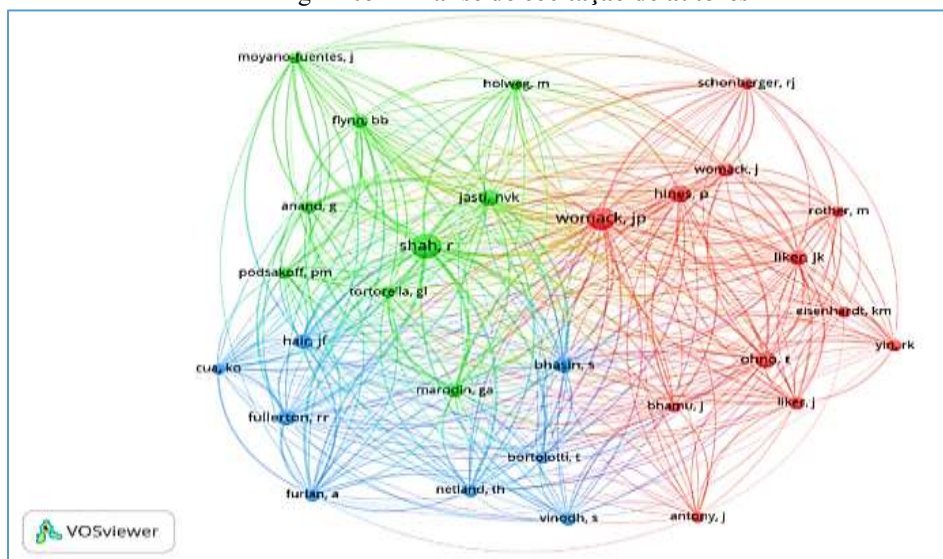


Fonte: Elaboração própria a partir do Vosviewer, 2022.

Analisando-se as redes de cocitação da figura 05, identifica-se que o cluster de cor vermelha é o de maior destaque entre os 03 clusters formados, logo, o autor Womack possui alta nesse grupo, onde tais pesquisas voltam-se para contextos direcionados para manufatura enxuta, desperdícios, fluxo de valor, qualidade e gargalos encontrados na indústria, assim como possíveis hipóteses para soluções mais eficazes e sustentáveis. Para tanto, para o cluster de cor verde com representatividade para a autoria de Shah, os trabalhos se contornam em pesquisas voltados para manufatura enxuta, desperdícios industriais, aprimoramento do LM e condições sustentáveis.

Contudo, para a cluster de cor azul a autora Fullerton dentre outros que compõem esse grupo, possuem pesquisas contornadas para a Manufatura enxuta, modelagem de estruturas, contabilidade enxuta e estabilidade industrial.

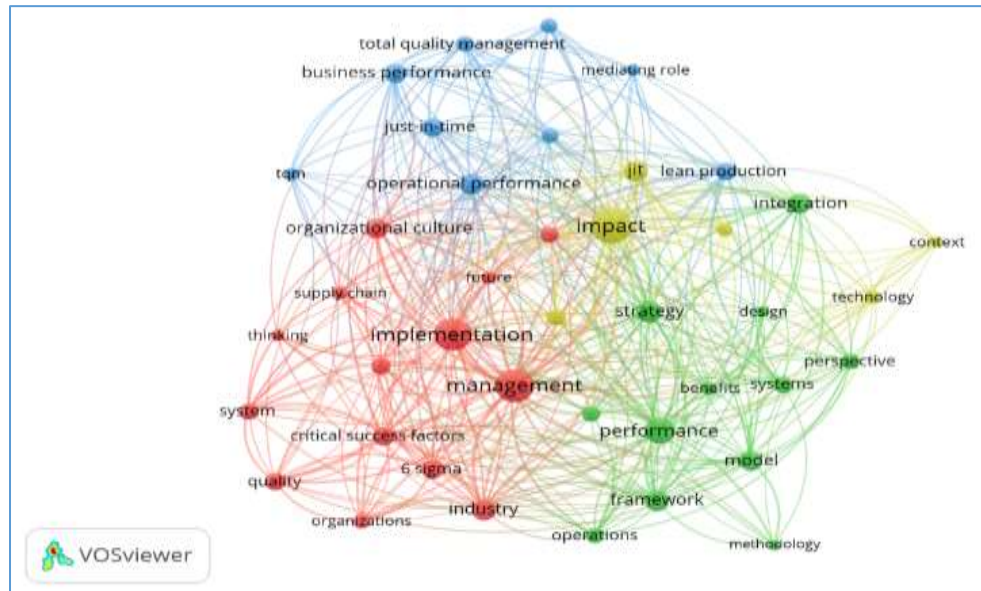
Figura 05 - Análise de cocitação de autores



Fonte: Elaboração própria a partir do Vosviewer, 2022.

Na figura 06, a análise se direciona ao estudo da repetição das principais palavras-chave no cenário global, oportunizando a formação de 04 clusters; onde o primeiro de cor vermelha (14 palavras) tem alta representatividade pelas palavras implementation e management, sendo essas destacadas em espiral maior. Para o cluster 02, identificado pela cor verde (12 palavras), percebe-se em destaque as palavras performance, strategy, model e framework. Para o cluster 03 sinalizado em cor azul (09 palavras), as palavras operational performance e business performance são as em destaque.

Figura 06 - Acoplamento de palavras-chave Global



Fonte: Elaboração própria a partir do Vosviewer, 2022.

Contudo, para o cluster amarelo (06 itens), impact e jit são as mais relevantes. Assim percebe-se que o contexto que essas palavras-chave possuem em volta das abordagens trabalhadas por cada autor, estão estruturadas diretamente para modelos de trabalho com maior performance empresarial com a finalidade de alcançar a qualidade nos processos operacionais.

Considerações Finais

O lean manufacturing propõe o uso padronizado de suas ferramentas de controle de produção com a finalidade de diminuição e eliminação de desperdícios que devem ser controlados nas indústrias para maior aproveitamento de insumos e recursos humanos.

De certa forma, a relevância dos estudos das pesquisas analisadas, apontam que a praticidade do LM nas empresas surge através de efeitos consideráveis e maior contribuição para fatores de rentabilidade, diminuição de custos e qualidade nos produtos fabricados; assim como, faz-se necessário investimentos em tecnologia e avanços econômicos, pois as indústrias passam por modificações e o sistema de produção precisa chegar de forma acessível a todas elas para torna-las competitivas ao mercado hodierno.

Todavia, a escassez de pesquisas brasileiras torna-se um fator preocupante no cenário nacional, considerando o avanço dos estudos desde 2011 que possuem tendência ascendente entre as instituições,

o Brasil fica entre os países menos influentes em estudos da referente temática, considerando seu potencial industrial e ambiental para desenvolvimento de processos em dimensões sustentáveis; além de ser perceptível que os principais estudos e pesquisas empíricas em cenário global são pertencentes a journals com conteúdo pagos sendo seu acesso através de assinaturas, dessa forma poucas são as bibliografias abertas ao público, sendo elas em formato de periódicos ou produções mais extensas.

Nessa concepção, chega-se à consonância que a deficiência em pesquisa conforme verificada na análise dos dados bibliométricos, refletem diretamente em possíveis diagnósticos econômicos que influenciam de forma “agressiva” nas regiões menos desenvolvidas, onde empresas não conseguem desenvolver a cultura LM por falta de investimentos, inovação, interesse público ou desenvolvimento de pesquisas para auxiliar ao entendimento do cenário industrial.

Portanto, esse trabalho contribuiu para refletir sobre a evolução do lean manufacturing e suas contribuições ao longo dos últimos dez anos, além de sua relação em pesquisas desenvolvidas com relação a sustentabilidade, através das ferramentas de trabalhos e método de redução de desperdícios que são propícias a oferecer menores impactos. Assim como, o estudo contribuiu para que pesquisadores, acadêmicos e profissionais possam compreender e conhecer mais sobre o tema em estudo, oportunizando o surgimento de novas pesquisas e trabalhos acadêmicos de acesso a estudantes e comunidade geral.

Referências

Antunes, J. (2008). Sistemas de Produção: Conceitos e práticas para projeto e gestão de produção enxuta. Porto Alegre: Bookman.

Bhamu, J. & Singh Sangwan, K. (2014). Manufatura enxuta: revisão da literatura e questões de pesquisa. International Journal of Operations & Production Management, 34 (7), 876-940. Recuperado de <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>

Boyle, T.A., & Scherrer-Rathje, M. (2009). An Empirical examination of the best practices to ensure manufacturing flexibility. Journal of Manufacturing Technology Management, 20(3), 348-366. DOI: <https://doi.org/10.1108/17410380910936792>

Camacho-Miñano, M., Moyano-Fuentes, J., & Sacristán-Díaz, M. (2013) What can we learn from the evolution of research on lean management assessment? International Journal of Production Research, 51(4), 1098 - 1116. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.677550>

Castro, M. D. R. et al. Implementação de técnicas de fabricação lean na indústria de panificação em Medellín. Gestão & Produção, v. 26, p. e2505, 2019.

Creswell, J. W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. (3a. ed.) Porto Alegre, RS: Penso.

Dutra, J.; Santos, D. R.; Freitag, A. E. B. Uma análise bibliométrica da literatura quanto ao efeito do desenvolvimento financeiro sobre a desigualdade da renda. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 10., 2022, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: [S. n.], 2022. p. 1-13.

Ensslin, L., Afonso, M. H. F., Souza, J. V. D. & Ensslin, S. R. (2011). ProKnow-C, knowledge development process - constructivist. Revista de Gestão Social e Ambiental, 5(2), 47-62. Recuperado em

https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/424/pdf_13

Freitas, L. C. A. D.; et al. A implantação do Lean Manufacturing (manufatura enxuta): estudo de caso da empresa Malhas D'Estefano. Estação Científica, [S. l.], v. 13, n. jan./jun., 2023.

Godinho Filho, M., & Barco, C. F. (2015). A framework for choosing among different lean-based improvement programs. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 81(1-4),183-197. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-015-7181-4>

Herzog, N. V., & Tonchia, S. (2014). An instrument for measuring the degree of lean implementation in manufacturing. Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering, 60(12), 797-803. https://www.svjme.eu/?ns_articles_pdf=/ns_articles/files/ojs/1873/public/1873-11282-1-PB.pdf&id=3167

Kneipp, J. M., Gomes, C. M., Bichueti, R. S., & MaccarTi, E. A. (2012). Gestão para a sustentabilidade em empresas do setor mineral. Revista de Ciências da Administração, 14(33), 52-67. Recuperado em <http://dx.doi.org/10.5007/2175-8077.2012v14n33p52>

Liker, J. (2014). The Toyota Way: 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer, McGraw-Hill, New York, NY.

Lino, A. et al. Um Sinergia entre Lean Manufacturing e Gestão do Conhecimento: Estratégias para a Eliminação de Desperdícios e Aumento da Produtividade. Revista Inteligência Empresarial, [S. l.], v. 49, n. 1, 2024.

Marodin, G. A., Saurin, T. A. (2013). Implementing lean production systems: research areas and opportunities for future studies. International Journal of Production Research, 51(22), 6663-6680. Recuperado em <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.826831>

Mastrapa, L. H., Assumpção, M. R. P. D., Campos, F. C. D. (2021). Business Intelligence + Lean Manufacturing: uma revisão sistemática da literatura (2008-2018). Exacta, 19(1), 17- 34. Recuperado em <https://doi.org/10.5585/exactaep.v19n1.11356>

Monden, Y. (1984). Produção Sem Estoques - Uma Abordagem Prática Ao Sistema De Produção Da Toyota. São Paulo, SP: IMAM.

Ohno, T. (1997). O sistema Toyota de produção além da produção. Bookman.

Piercy, N., & Rich, N. (2015). The relationship between lean operations and sustainable operations. International Journal of Operations & Production Management, 35(2),282-315. Recuperado de <https://doi.org/10.1108/IJOPM-03-2014-0143>

Schmitt, T. et al. (2021). Beyond “Leanear” production: A multi-level approach for achieving circularity in a lean manufacturing contexto. Journal of Cleaner Production, 318 (128531). Recuperado de https://iepapp.unimep.br/biblioteca_digital/pdfs/docs/11112022_171916_tese_luizvicenteneto.pdf

Shingo, S. (1996). O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção. (Tradução de Eduardo Schaan. 2a. ed). Porto Alegre, RS: Bookman.

Shingo, S. (1996). Sistemas de produção com estoques zero: O sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre, RS: Bookman.

- Shinohara, I. (1988). *New Production System: JIT Crossing Industry Boundaries*. Productivity Press.
- Silva, J. I. A. O., & Sousa, J. P. de. (2024). O lean manufacturing e sua relação com a sustentabilidade. *Observatório De La Economía Latinoamericana*, 22(4), e4265. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n4-155>
- Singh, B., Garg, S. K., & Sharma, S. K. (2010). Development of index for measuring leanness: study of an Indian auto component industry. *Measuring Business Excellence*, 14(2), 46-53. Recuperado em <https://doi.org/10.1108/13683041011047858>
- Silva, M. C. D. S.A. D., ARMADA, C. A.S. *Sustentabilidade: um olhar multimensional e contemporâneo*. Itajaú: UNIVALI, 2018.
- Silva, J. I. A. O., & Sousa, J. P. de. Lean manufacturing and the apparel industry: an assessment model for sustainability. *Lumen et virtus*, [S. l.], v. 16, n. 46, p. 2589–2612, 2025. Recuperado em <https://doi.org/10.56238/levv16n46-069>
- Sousa, J. P. D., Oliveira, V. D., & Bem Maracajá, K. F. (2021). A Sustentabilidade no Espaço Empresarial: Reflexões sobre a Responsabilidade Sócio Empresarial no Setor da Indústria Têxtil da Cidade de Toritama/PE. *Revista Ciências Gerenciais*, 25(42). DOI: <https://seer.pgsscogna.com.br/cgerenciais/article/view/14570/7681>
- Stone, K. B. (2012). Four decades of lean: a systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(2), 112-132. DOI: <https://doi.org/10.1108/20401461211243702>
- Taddeo, R., Simboli, A., Di Vincenzo, F., & Ioppolo, G. (2019). A bibliometric and network analysis of Lean and Clean(er) production research (1990/2017). *Science of the Total Environment*. 653, 765–775. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.412>
- Vesentini, J. W.(2004). *O ensino de geografia no século XXI*. Campinas, SP: Papirus.
- Vieira, E. L. (2017). *Proposta de um método de avaliação do nível de utilização das práticas lean manufacturing - estudo de caso na APL de alumínio do sudoeste do Paraná (Dissertação de Mestrado)*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR: UTFPR.
- Walter, O. M. F. C., & Tubino, D. F. (2013). Métodos de avaliação da implantação da manufatura enxuta: uma revisão da literatura e classificação. *Gestão & Produção*, 20 (1), 23-45. Recuperado em <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2013000100003>
- Werkema, C. (2010). *Lean Seis Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing*. Belo Horizonte, MG: Werkema Editora.
- Womack, J.P., & Jones, D. T. (1996). Beyond Toyota: how to root out waste and pursue perfection. *Harvard business review*, 74 (5), 140-&.
- Womack, J.P., Jones, D. T., & Roos, D. (2004). *A máquina que mudou o mundo*. São Paulo, SP: Campus.

