



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO



Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Universidade Federal do Espírito Santo

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE AS RELAÇÕES ENTRE A UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS LEAN E AS TECNOLOGIAS 4.0 SOBRE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

A BIBLIOMETRIC ANALYSIS ON THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE USE OF LEAN TOOLS AND TECHNOLOGIES 4.0 ON THE PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS

UN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO SOBRE LAS RELACIONES ENTRE EL USO DE HERRAMIENTAS LEAN Y TECNOLOGÍAS 4.0 EN EL PROCESO DE DESARROLLO DE PRODUCTOS

Tardio, P. R. ¹, Nara, E. O. B. ², & Schaefer, J. L. ^{3*}

^{1,2} Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUC-PR ³ Universidade Federal de Santa Maria - UFM

¹ paulo.tardio@pucpr.edu.br ² elpidio.nara@pucpr.edu.br ^{3*} engilschaefer@yahoo.com.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 13.02.2023

Aprovado: 08.05.2023

Disponibilizado: 17.05.2023

PALAVRAS-CHAVE: Processo de Desenvolvimento de Produto; Indústria 4.0; Smart Manufacturing; Lean Manufacturing; Lean Production.

KEYWORDS: Product Development Process; Industry 4.0; Smart Manufacturing; Lean Manufacturing; Lean Production.

PALABRAS CLAVE: Proceso de Desarrollo de Producto; Industria 4.0; Smart Manufacturing; Lean Manufacturing; Lean Production.

*Autor Correspondente: Schaefer, J. L.

RESUMO

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) ocorre e depende de uma série de etapas integradas, incorporando diversas tecnologias e adequando-se aos padrões de produção. Nesse sentido, a utilização de ferramentas do Lean pode auxiliar a melhorar continuamente os processos de forma sistemática, garantindo que todos esses processos realmente agreguem valor ao produto. Aliado a isso, a implementação de tecnologias da Indústria 4.0 pode auxiliar no aperfeiçoamento desses processos produtivos, possibilitando a obtenção de vantagens competitivas às empresas. Diante disso, esta pesquisa tem por objetivo mapear, correlacionar e analisar o conhecimento científico existente sobre os temas PDP, Indústria 4.0 e Lean Manufacturing. Para isso, serão realizadas buscas para recuperação de artigos da base de dados Scopus, e os dados serão processados com o software bibliometrix. Os resultados obtidos mostram que existe uma maior proximidade entre o PDP e o Lean Manufacturing, conectados à priori e com uma conexão posterior com a Indústria 4.0. Com isso é possível afirmar que os pesquisadores e gestores tem uma visão que as ferramentas do Lean estão diretamente conectadas ao PDP, auxiliando continuamente para o seu sucesso, enquanto que as tecnologias da Indústria 4.0 costumam ser consideradas em um segundo momento quanto da execução do PDP.

ABSTRACT

The Product Development Process (PDP) takes place and depends on a series of integrated steps, incorporating different technologies and adapting to production standards. In this sense, the use of Lean tools can help to continuously improve processes in a systematic way, ensuring that all these processes really add value to the product. Allied to this, the implementation of Industry 4.0 technologies can help improve these production processes, enabling companies to obtain competitive advantages. Therefore, this research aims to map, correlate and analyze the existing scientific knowledge on PDP, Industry 4.0 and Lean Manufacturing. For this, searches will be carried out to retrieve articles from the Scopus database, and the data will be processed with the bibliometrix software. The results obtained show that there is a greater proximity between PDP and Lean Manufacturing, connected a priori and with a later connection with Industry 4.0. With this, it is possible to affirm that researchers and managers have a view that Lean tools are directly connected to the PDP, continuously helping for its success, while Industry 4.0 technologies are usually considered in a second moment regarding the execution of the PDP.

RESUMEN

El Proceso de Desarrollo de Producto (PDP) ocurre y depende de una serie de pasos integrados, incorporando diferentes tecnologías y adaptándose a los estándares de producción. En este sentido, el uso de herramientas Lean puede ayudar a mejorar continuamente los procesos de forma sistemática, asegurando que todos estos procesos realmente agreguen valor al producto. Unido a esto, la implementación de tecnologías de Industria 4.0 puede ayudar a mejorar estos procesos productivos, permitiendo a las empresas obtener ventajas competitivas. Por tanto, esta investigación pretende mapear, correlacionar y analizar el conocimiento científico existente sobre PDP, Industria 4.0 y Lean Manufacturing. Para ello, se realizarán búsquedas para recuperar artículos de la base de datos Scopus, y los datos serán procesados con el software bibliometrix. Los resultados obtenidos muestran que existe una mayor proximidad entre PDP y Lean Manufacturing, conectado a priori y con una conexión posterior con la Industria 4.0. Con esto, es posible afirmar que investigadores y gestores tienen la visión de que las herramientas Lean están directamente conectadas al PDP, ayudando continuamente para su éxito, mientras que las tecnologías de la Industria 4.0 suelen ser consideradas en un segundo momento respecto a la ejecución del PDP.



INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de tecnologias avançadas de eletrônica, informação e fabricação está mudando os processos produtivos das empresas (Santos et al., 2020), transformando a manufatura tradicional em manufatura inteligente, aumentando a competitividade e a flexibilidade das organizações (Hughes et al., 2020; Maddikunta et al., 2022). Nesse sentido, a Indústria 4.0 é um meio das empresas promoverem vantagens competitivas através da aplicação e integração de novas tecnologias, como a *Internet of Things* (IoT), *Big Data Analytics*, *Artificial Intelligence*, *Deep Learning*, e outras (Contreras et al., 2017). A implementação dessas tecnologias visa melhorar o desempenho industrial para alcançar produtividade, flexibilidade, competitividade, sustentabilidade e customização na fabricação (Dalenogare et al., 2018).

Essa busca pelo aumento da competitividade nos negócios leva também a um foco maior no papel da eficiência organizacional no desempenho desses negócios. Isso tem contribuído para a popularidade de diferentes teorias de gestão no campo industrial, incluindo a manufatura enxuta (*Lean Manufacturing*), que vem a ser uma abordagem sistemática para eliminar processos sem valor agregado com base na melhoria contínua (Womack & Jones, 2003). O Lean é um processo contínuo de busca da perfeição que envolve todos na organização, incluindo os proprietários, com a visão de melhorar a competitividade (Achanga et al., 2006) e modificar os processos produtivos buscando a melhoria contínua através da eliminação das atividades que não agregam valor ao produto (Venugopal & Saleeshya, 2019), que são os primeiros sete desperdícios do Lean identificados na literatura: defeitos; superprodução; tempo de espera; transporte; estoque; movimento de pessoas ou materiais; e processamento extra.

Nesse sentido, novos produtos são demandados e desenvolvidos para atender aos segmentos específicos de mercado, incorporar tecnologias diversas, se integrar a outros produtos e usos, além de se adequar aos novos padrões e restrições legais (Rosenfeld et al., 2010). Realmente compreender o que leva um cliente a adquirir um produto deve ser a principal preocupação durante o Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) (Fuchs & Gutmann, 2022). Adicionalmente, os processos de desenvolvimento de produtos digitalizados nos permitem enfrentar quatro grandes desafios: a necessidade de otimização multiobjetivo; a necessidade de permitir a simulação multidomínio; a necessidade de explorar diferentes famílias de produtos topológicos; e a necessidade de lidar com ambientes em constante mudança (Glönkler et al., 2022). O desenvolvimento do produto envolve o acompanhamento desse após o lançamento, para possibilitar as alterações necessárias nas especificações, planejar a descontinuação do produto no mercado e incorporar as lições aprendidas ao longo do ciclo de vida do produto (Amaral et al., 2006).

O uso de abordagens híbridas para melhorar os processos produtivos tem apresentado bons resultados em ambientes de manufatura (Tripathi et al., 2022). Em vista disso, esta pesquisa busca concatenar os conceitos do PDP, Indústria 4.0 e *Lean Manufacturing*, trazendo insights gerenciais sobre a utilização conjunta desses conceitos nos processos industriais. Assim, o



objetivo deste artigo é mapear, correlacionar e analisar o conhecimento científico existente sobre os temas PDP, Indústria 4.0 e *Lean Manufacturing*.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 detalha os procedimentos metodológicos; a Seção 3 apresenta os resultados; a Seção 4 apresenta as discussões e implicações acadêmicas e práticas; e a Seção 5 traz as conclusões do artigo.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Mapear as publicações, autores e padrões de crescimento da literatura é uma importante etapa na discussão e construção do conhecimento sobre um tema (Olczyk, 2016). Esse mapeamento pode ser realizado com o auxílio da bibliometria (Martínez et al., 2015), que se utiliza de ferramentas analíticas para avaliar autores e assunto de forma clara e objetiva (Abramo et al., 2014). Assim, considerando o objetivo desta pesquisa voltado à análise da literatura sobre temas como Indústria 4.0, Lean e Processo de Desenvolvimento do Produto, foi realizada uma pesquisa prévia na base Scopus buscando artigos que abordassem os três temas de forma concomitante, porém, somente 4 artigos foram encontrados. Dessa forma, foi definido que, para possibilitar um mapeamento da literatura abordando os três temas, as buscas foram realizadas aos pares, pesquisando por Indústria 4.0 e Lean, depois por Indústria 4.0 e PDP e por Lean e PDP, possibilitando a realização de conexões bibliométricas acerca dos temas em questão. Com relação ao tempo, foram pesquisados todos os anos, pois há um lapso temporal grande entre o surgimento do conceito do *Lean Manufacturing* e a Indústria 4.0, o que levou a uma necessidade de compreender as origens desses conceitos e como eles se relacionam no presente. Assim, no Quadro 1 são apresentados os termos e filtros de busca a serem utilizados para realizar a recuperação de artigos desta pesquisa.

Quadro 1. Filtros de busca.

Filtro	Base de dados Scopus
Tipo de documento	Articles
Busca em	Title, abstract or keywords
Área de pesquisa	Todas
Anos	Todos anos
Termos de busca	<i>"Industry 4.0" OR "smart manufacturing*" AND "lean";</i> <i>"Industry 4.0" OR "smart manufacturing*" AND "product development process*"</i> <i>"lean" AND "product development process*"</i>

Fonte: Autores (2022).

As buscas foram realizadas em novembro de 2022 e, inicialmente, as quantias de artigos recuperadas para cada combinação de termos de busca foram as seguintes:

- *"industry 4.0" OR "smart manufacturing*" AND "lean"*: 741 artigos.
- *"industry 4.0" OR "smart manufacturing*" AND "product development process*"*: 70 artigos.
- *"lean" AND "product development process*"*: 233 artigos.

Os artigos foram mesclados para excluir os duplicados, resultando em um total de 1.029 artigos. Os metadados desses artigos foram baixados em formato *.bib para que pudessem ser processados com o software Bibliometrix, que possibilita análises bibliográficas, de citações, redes de colaboração, coocorrências de palavras e redes de autores (Aria & Cuccurullo, 2017).



Com o *software* Bibliometrix foram realizadas as seguintes análises:

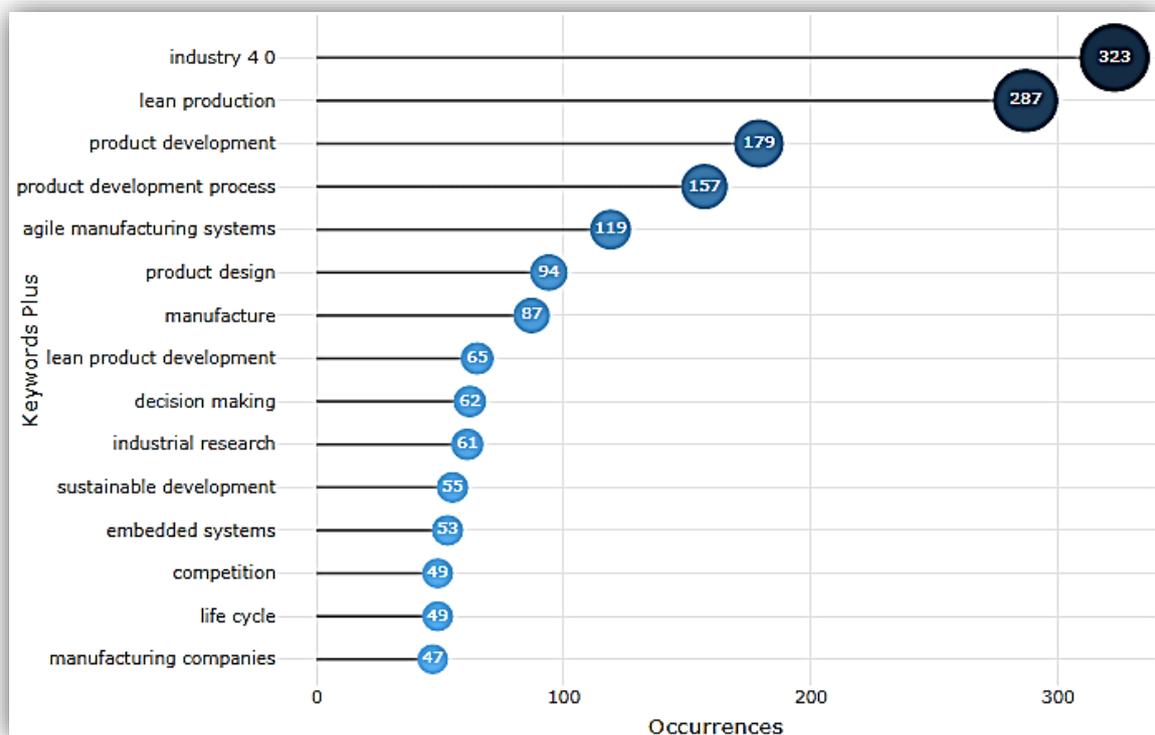
- Termos com maior número de ocorrência nos artigos recuperados;
- Agrupamento dos termos mais frequentes em uma nuvem de palavras;
- Rede de coocorrência de termos mostrando as ligações entre eles;
- Dendograma para demonstrar o nível de proximidades entre os termos;
- Mapa conceitual a partir de uma análise multivariada.

Com essas análises foi possível obter *insights* relevantes das relações existentes entre a utilização das Ferramentas Lean e das tecnologias da Indústria 4.0, e como isso tem impactado o Processo de Desenvolvimento de Produtos nas empresas de manufatura.

RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados das análises obtidas através do Bibliometrix. A primeira análise, apresentada na Figura 1, é a dos termos mais frequentes nos 1.029 artigos recuperados, onde pode-se ver que os temas principais deste artigo são também os mais frequentes, “*industry 4.0*”, “*lean production*”, “*product development*” e “*product development process*”. Na sequência, é possível verificar a existência de termos que sugerem a conexão desses temas principais, como *lean product development*, *agile manufacturing systems* e *product design*.

Figura 1. Termos mais frequentes.



Fonte: Autores (2022), através do software bibliometrix.

A Figura 2 traz uma nuvem de palavras, apresentando em formato maior e com mais densidade aquelas que apresentam maior relevância nos artigos recuperados.



Figura 2. Nuvem de palavras.



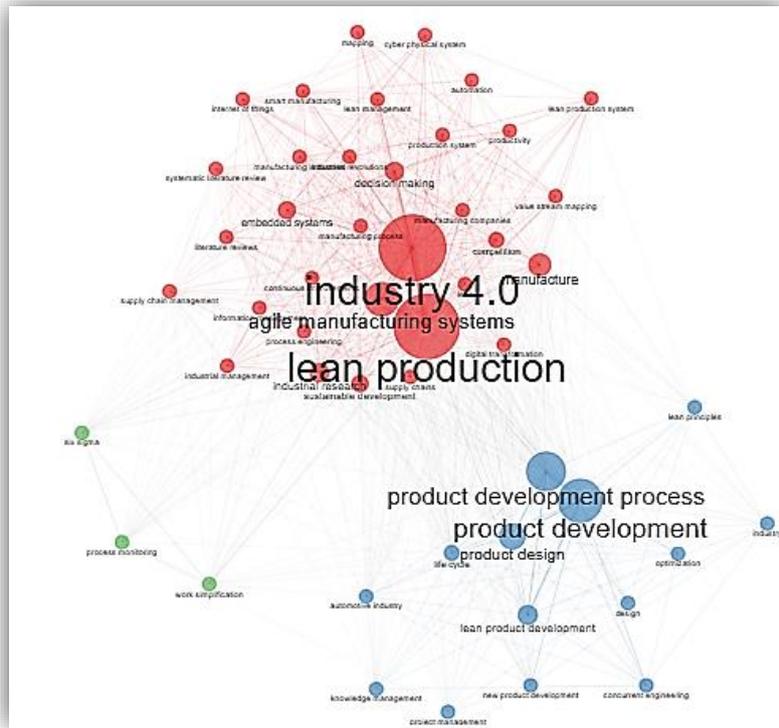
Fonte: Autores (2022).

A Figura 3 apresenta uma visão da coocorrência de palavras nos artigos recuperados. Nessa figura é possível ver a formação de dois grupos maiores (em vermelho e azul) e um grupo menor (em verde). No grupo em vermelho aparecem em predominância os termos relacionados com a Indústria 4.0 e ao *Lean Manufacturing* como “*industry 4.0*”, “*lean production*” e “*agile manufacturing systems*”, enquanto que no grupo azul aparecem em predominância os termos relacionados ao PDP como “*product development process*”, “*product development*” e “*product design*”. A figura mostra que há uma conexão entre o grupo vermelho com o grupo azul, sendo que o principal ponto de conexão entre os grupos passa pelo termo “*lean production*”, mostrando que há uma maior proximidade entre a utilização das ferramentas do *Lean* e o PDP. Todavia, existe uma forte conexão entre a Indústria 4.0 e o *Lean*, mostrando que existem pesquisas consistentes da utilização dos dois conceitos em conjunto, podendo ser um caminho para o sucesso das empresas, quando da operacionalização do PDP.



Citação (APA): Tardio, P. R., Nara, E. O. B., & Schaefer, J. L. (2023). Uma análise bibliométrica sobre as relações entre a utilização das ferramentas Lean e as tecnologias 4.0 sobre o processo de desenvolvimento de produtos. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(2), 88-98.

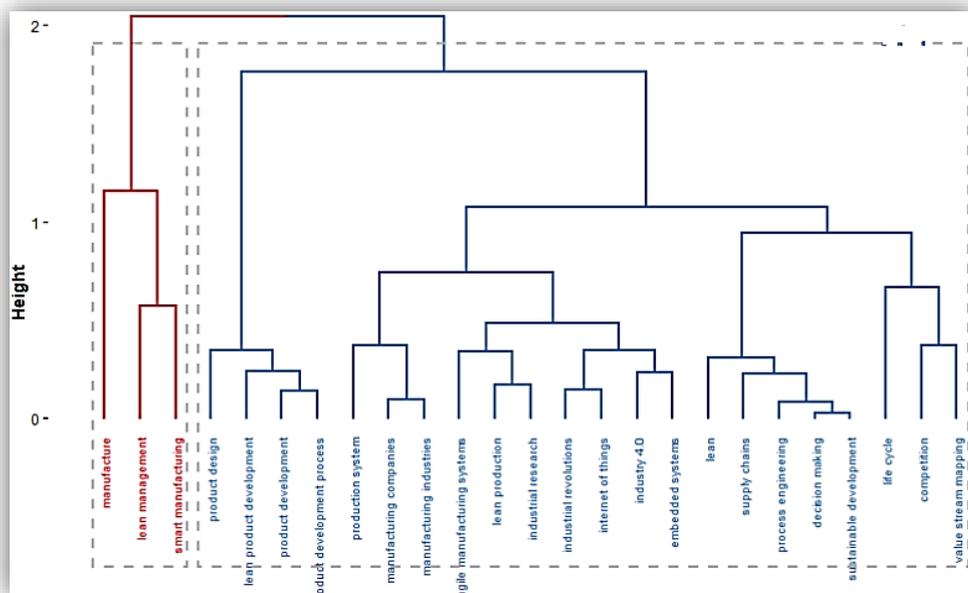
Figura 3. Análise de coocorrência de palavras



Fonte: Autores (2022).

A Figura 4 apresenta um dendrograma com o nível de proximidade e similaridade entre os termos. Nessa figura fica evidente a formação de dois grupos, com uma separação entre o PDP perante o “lean production” e a Indústria 4.0, sendo que pode ser visualizada uma conexão mais próxima entre o PDP e o “lean production”, com uma conexão posterior com o termo “industry 4.0”.

Figura 4. Dendrograma de proximidade dos termos

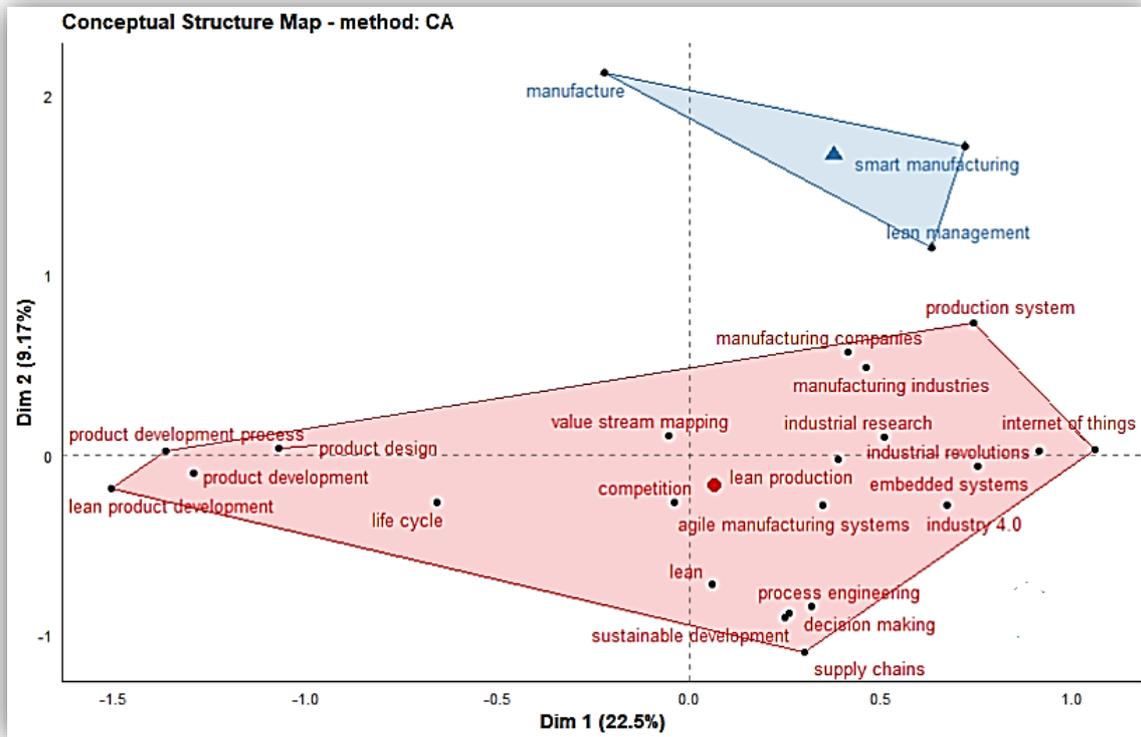


Fonte: Autores (2022).



A Figura 5 traz uma análise PCA, onde são apresentadas as primeiras duas dimensões, explicando 31,67% das relações entre termos encontradas nos artigos. Nessa figura aparecem novamente dois clusters, entretanto, nessa construção os termos relacionados ao PDP aparecem posicionados mais proximamente aos termos do Lean.

Figura 5. Mapa conceitual de termos



Fonte: Autores (2022).

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como a Indústria 4.0 traz com ela muitas novas tecnologias e quando essas começam a ser empregadas de forma mais efetiva. Existe também um desenvolvimento da manufatura enxuta que faz com que empresas passem a realizar suas atividades de maneira muito mais ágil e precisa. Como o mercado atual está cada vez mais competitivo e, por isso, as empresas precisam sempre procurar oferecer o melhor produto com o menor preço possível.

Lean Manufacturing é uma das filosofias de gestão mais populares que visam reduzir custos e aumentar a eficiência. A introdução da Indústria 4.0 e sua integração com o Lean introduziu o termo híbrido “Lean 4.0” (Mayr et al., 2018), unindo as práticas da Indústria 4.0 aos conceitos do Lean, assim, pode-se dizer que há uma busca cada vez mais efetiva pela melhoria. Como Lean significa fazer mais com menos, a automatização e a integração dos processos tecnológicos estão contribuindo crescentemente com esse propósito.

Um dos exemplos que podemos citar entre Indústria 4.0 e o Lean é a automação com a robótica, que têm sido tradicionalmente usadas no chão de fábrica, mas nos últimos anos, soluções novas e mais avançadas foram introduzidas para substituir trabalhos humanos ou



cooperar com funcionários humanos para melhorar a produtividade e reduzir erros (Bahrin et al., 2016).

Por sua vez, Sanders et al. (2017) concluem que para facilitar a integração das tecnologias Lean e Indústria 4.0 nas fábricas inteligentes do futuro, será necessário repensar, por exemplo, conceitos tão importantes da manufatura enxuta como *takt time*, entre outras questões.

No que diz respeito às práticas enxutas, embora seu efeito não tenha sido o que esperávamos, os gerentes não devem esquecer o comentário de Bill Gates de que, se a automação for aplicada a uma operação eficiente, ela aumentará a eficiência. No entanto, se for aplicada a uma operação ineficiente, aumentará a ineficiência (Krishnan, 2013). Esse conceito enfatiza o fato inevitável de que um processo ineficiente, mesmo quando automático, ainda é ineficiente. E, essencialmente, a automação se torna um desperdício (Nicoletti, 2013).

Ter as empresas no caminho da Indústria 4.0 e com o *Lean Manufacturing* já enraizado, pode ajudar a melhorar o desenvolvimento do produto para atingir, muitas vezes, certa eficiência na performance de mercado com rapidez e agilidade.

O *Lean* é frequentemente associado para a produção de produtos físicos, onde o objetivo são operações repetitivas que alcançam resultados de alta qualidade com custo e tempo mínimos, ou seja, maximizar o valor do cliente enquanto minimiza o desperdício (JP Womack et al., 2007). O desenvolvimento enxuto de produtos é uma filosofia totalmente adequada para melhorar a eficiência no desenvolvimento de produtos com base no valor do cliente (Synnes & Welo, 2016).

O design geralmente é limitado pelo método de fabricação, de modo que uma nova tecnologia de fabricação criará um impulso tecnológico no design. Um exemplo são as peças impressas em 3D, que podem permitir peças mais leves e melhor utilização do material se o projeto utilizar totalmente as oportunidades do processo de processamento (Synnes & Welo, 2016).

Para que uma empresa converta sua tecnologia e ideias em novos produtos que atendam aos requisitos do cliente e aos objetivos estratégicos da empresa, é necessário um sistema de desenvolvimento de produto que integre efetivamente pessoas, processos e tecnologia (Gagné, 2018; Kennedy, 2004). Métodos que levam a um tempo de desenvolvimento mais curto, realização mais rápida do produto, redução do custo de desenvolvimento do produto e melhoria da qualidade devem ser aproveitados.

Uma das tecnologias da Indústria 4.0 é a IoT – que pode auxiliar no processo de desenvolvimento, baseado nos conceitos de Lean –, feita através da coleta de dados de utilização do produto. Isso permite que a equipe de desenvolvimento obtenha insights valiosos sobre como o produto é usado pelo cliente e quais as funcionalidades que são mais valorizadas. Essas informações podem ser usadas para otimizar o projeto do produto e melhorar sua usabilidade (Santos et al., 2020). Também permite a equipe de desenvolvimento monitorar processos e equipamentos em tempo real, melhorando a eficiência da produção e obtendo insights valiosos sobre melhoria do produto pelo cliente.



A automação também é uma das tecnologias da Indústria 4.0, na qual uma das suas principais contribuições para o processo de desenvolvimento do produto, baseado nos conceitos de Lean, é a redução de desperdícios de tempo e recursos (Dalenogare et al., 2018). Com a automação, muitas tarefas manuais podem ser automatizadas, reduzindo a necessidade de intervenção humana. Isso permite que a equipe de desenvolvimento se concentre em tarefas mais estratégicas e de maior valor agregado, como a identificação de oportunidades de melhoria no processo.

A Inteligência Artificial, que é também uma das tecnologias da Indústria 4.0, pode ser usada para melhorar a qualidade do produto, baseado nos conceitos do Lean. Por exemplo, algoritmos de aprendizado de máquina podem ser usados para analisar dados de produção e detectar defeitos no produto em tempo real (Sartal et al., 2022). Isso permite que a equipe de produção identifique e corrija rapidamente quaisquer problemas que possam surgir, evitando que produtos defeituosos sejam entregues aos clientes. A Inteligência Artificial também pode ser usada para personalizar o produto com base nas preferências do cliente. Por exemplo, a Inteligência Artificial pode analisar dados de histórico de compras e preferências do cliente para sugerir produtos que atendam às suas necessidades específicas.

Já a outra tecnologia da Indústria 4.0, o *Big Data* pode ser usado para prever a demanda do mercado e ajustar a produção de acordo com essa. Isso pode ajudar a equipe de desenvolvimento de produtos a planejar melhor a produção e evitar a produção excessiva de produtos que não serão vendidos, juntamente com os conceitos do Lean (Yin et al., 2017). Essa tecnologia também pode ser usada para analisar dados de desempenho do produto e identificar oportunidades de melhoria. Por exemplo, a equipe de desenvolvimento de produtos pode analisar dados de uso do produto e feedback do cliente para identificar problemas comuns e áreas de melhoria.

Portanto do ponto de vista empresarial, as empresas enfrentam muitas dificuldades ao desenvolver novos produtos, principalmente com problemas de qualidade do projeto, *lead times* longos e custo muito alto de desenvolvimento. E é nesse cenário que um sistema de desenvolvimento de produtos mais eficiente e com menos desperdícios se torna bastante estratégico.

E também do ponto de vista prático a Indústria 4.0 e o *Lean Manufacturing* podem levar as empresas a avanços acelerados no design de novos produtos, bem como a reduções significativas no tempo e nas despesas associadas às atividades como manutenção, recall de produtos, cumprimento de requisitos regulatórios e reformulação dos processos de fabricação.

CONCLUSÃO

O objetivo deste artigo é mapear, correlacionar e analisar o conhecimento científico existente sobre os temas PDP, Indústria 4.0 e *Lean Manufacturing*. Para isso, foram realizadas análises bibliométricas com o software Bibliometrix, utilizando metadados de artigos recuperados a partir da base de dados Scopus. Essas análises proporcionaram a obtenção de informações



relevantes sobre quais termos são mais utilizados nas pesquisas e quais termos possuem maior relação e similaridade nas pesquisas sobre *Lean Manufacturing*, Indústria 4.0 e PDP. A partir disso, ficou evidenciado que existe uma maior proximidade entre a utilização das ferramentas do Lean e o PDP, com as tecnologias da Indústria 4.0 exercendo uma influência em um segundo momento sobre o PDP.

Do ponto de vista prático, considerando a abordagem sistêmica, essa pesquisa trouxe novas contribuições apresentando novos insights para as empresas com relação ao PDP, mostrando a importância de utilizar as metodologias do *Lean Manufacturing* e as tecnologias da Indústria 4.0, para obter melhorias no PDP e na performance de mercado. Pode-se observar que nos resultados dessa pesquisa tem uma distância entre Indústria 4.0, *Lean Manufacturing* e PDP, e que o artigo buscou preencher essa lacuna, promovendo a ideia da relevância prática, informando que é necessário discutir mais sobre o impacto da adoção das metodologias do *Lean Manufacturing* e também das tecnologias da Indústria 4.0 sobre o PDP.

Esta pesquisa limitou-se a analisar os artigos recuperados da base Scopus utilizando os termos aos pares, o que tornou necessário mesclá-los em uma única lista para possibilitar uma visão mais ampla da utilização desses conceitos em pesquisas científicas. Como pesquisa futura pretende-se estudar os efeitos e influências da utilização das ferramentas do Lean e das tecnologias da Indústria 4.0 sobre o PDP.

REFERÊNCIAS

- Abramo, G., Costa, C., & D'Angelo, C. A. (2014). A multivariate stochastic model to assess research performance. *Scientometrics*, 102(2), 1755-1772. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1474-5>
- Achanga, P., Shehab, E., Roy, R., & Nelder, G. (2006). Critical success factors for lean implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(4), 460-471. <https://doi.org/10.1108/17410380610662889/FULL/XML>
- Amaral, D. C., Toledo, J. C., Silva, S. L., Alliprandini, D. H., & Scalice, R. K. (2006). *Gestão de Desenvolvimento de Produto: uma referência para a melhoria do processo*. Saraiva.
- Aria, M. & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/J.JOI.2017.08.007>
- Kamarul Bahrin, M. A., Othman, M. F., Nor Azli, N. H., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: a review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, 78(6-13). <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>
- Contreras, J. D., David, J., & Pastrana, D. (2017). Developing of Industry 4.0 Applications. *International Journal of Online Engineering*. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v13i10.7331>
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383-394. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2018.08.019>
- Santos, L. M. A. L., dos., da Costa, M. B., Kothe, J. V., Benitez, G. B., Schaefer, J. L., Baierle, I. C., & Nara, E. O. B. (2020). Industry 4.0 collaborative networks for industrial performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*. <https://doi.org/10.1108/JMTM-04-2020-0156>
- Fuchs, C. & Gutmann, T. (2022). How Technical Market Segmentation Can Help Build Products Your Customers Really Need. *IEEE Engineering Management Review*, 50(1), 17-19. <https://doi.org/10.1109/EMR.2022.3140715>
- Gagné, D. (2018). La révolution 4.0 : le retour du pendule pour les travailleurs et travailleuses du XXIe siècle? *Ad Machina*, 2, 52-72. <https://doi.org/10.1522/RADM.NO1.914>
- Glönkler, V., Reick, B., Stetter, R., Till, M., & Pfeil, M. (2022). A Contribution to Sustainable Product Development Using the Example of Battery Electric Vehicles. *Sustainability*, 14(7), 3729. <https://doi.org/10.3390/SU14073729>
- Hughes, L., Dwivedi, Y. K., Rana, N. P., Williams, M. D., & Raghavan, V. (2020). Perspectives on the future of manufacturing within the Industry 4.0 era. *Production Planning & Control - The Management of Operations*, 33(2-3), 138-158.



Citação (APA): Tardio, P. R., Nara, E. O. B., & Schaefer, J. L. (2023). Uma análise bibliométrica sobre as relações entre a utilização das ferramentas Lean e as tecnologias 4.0 sobre o processo de desenvolvimento de produtos. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(2), 88-98.

<https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1810762>

Kennedy, M. N. (2004). The Toyota product development system. *Machine Design*, 76(9), 152.

<https://doi.org/10.4324/9781482293746/TOYOTA-PRODUCT-DEVELOPMENT-SYSTEM-JAMES-MORGAN-JEFFREY-LIKER>

Krishnan, K. (2013). *Data warehousing in the age of big data*. A volume in MK Series on Business Intelligence. Elsevier. ISBN 978-0-12-405891-0.

<https://doi.org/10.1016/C2012-0-02737-8>

Maddikunta, P. K. R., Pham, Q. V., B, P., Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T. R., Ruby, R., & Liyanage, M. (2022). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. *Journal of Industrial Information Integration*, 26, 100257.

<https://doi.org/10.1016/J.JII.2021.100257>

Martínez, M. A., Cobo, M. J., Herrera, M., & Herrera-Viedma, E. (2015). Analyzing the Scientific Evolution of Social Work Using Science Mapping. *Research on Social Work Practice*, 25(2), 257-277.

<https://doi.org/10.1177/1049731514522101>

Mayr, A., Weigelt, M., Kühn, A., Grimm, S., Erll, A., & Cirp, M. P. (2018). Lean 4.0-A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 72, 622-628.

Nicoletti, B. (2013). Lean and automate manufacturing and logistics. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 415, 278-285. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41263-9_34/COVER

Olczyk, M. (2016). Bibliometric approach to tracking the concept of international competitiveness. *Journal of Business Economics and Management*, 17(6), 945-959.

<https://doi.org/10.3846/16111699.2016.1236035>

Rosenfeld, H., Forcellini, A. F., Amaral, D. C., Toledo, J. C., Silva, S. L., da, Alliprandini, D. H., & Sacalice, R. K. (2010). *Gestão de Desenvolvimento de Produto - Uma referência para melhoria dos processos*. Saraiva.

Sanders, A., Karthik, K. R., Redlich, T., & Wulfsberg, J. P. (2017). Industry 4.0 and lean management –

synergy or contradiction?: A systematic interaction approach to determine the compatibility of industry 4.0 and lean management in manufacturing environment. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 514, 341-349.

https://doi.org/10.1007/978-3-319-66926-7_39/FIGURES/3

Sartal, A., Llach, J., & León-Mateos, F. (2022). “Do technologies really affect that much? exploring the potential of several industry 4.0 technologies in today’s lean manufacturing shop floors”. *Operational Research*, 22(5), 6075-6106.

<https://doi.org/10.1007/S12351-022-00732-Y/TABLES/5>

Synnes, E. L. & Welo, T. (2016). Enhancing Integrative Capabilities through Lean Product and Process Development. *Procedia CIRP*, 54, 221-226.

<https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2016.05.090>

Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Mukhopadhyay, A. K., Sharma, S., Li, C., Singh, S., Saleem, W., Salah, B., & Mohamed, A. (2022). Recent Progression Developments on Process Optimization Approach for Inherent Issues in Production Shop Floor Management for Industry 4.0. *Processes*, 10(8), 1587.

<https://doi.org/10.3390/PR10081587>

Venugopal, V. & Saleeshya, P. G. (2019). Manufacturing system sustainability through lean and agile initiatives, 12(3), 159-173. <https://doi.org/10.1080/19397038.2019.1566411>

Womack, J. & Jones, D. (2003). *Lean Thinking*. Simon and Schuster.

Womack, JP, Jones, D., & Roos, D. (2007). *The machine that changed the world: The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry*.

Yin, Y., Stecke, K. E., & Li, D. (2017). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 848-861.

<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1403664>

