

INTERAÇÃO ENTRE OS TÓPICOS *LEAN MANUFACTURING* E INDÚSTRIA 4.0

Marcos Pistori Filho

FBUni – Centro Universitário Farias Brito
marcospistorifilho@gmail.com

Maurício Johnny Loos

FBUni – Centro Universitário Farias Brito
mauricioloos@hotmail.com

RESUMO: O *Lean Manufacturing* corresponde a uma abordagem em relação a gestão que visa produzir melhorias contínuas ao valor agregado de produtos e serviços na perspectiva dos clientes à medida que elimina os desperdícios. Atualmente as inovações tecnológicas concedem espaço para um novo modelo denominado Indústria 4.0. Deste modo, por se tratarem de abordagens distintas, este artigo tem por objetivo integrar os conceitos e ferramentas da Indústria 4.0 e do *Lean Manufacturing*. Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para identificação dos principais conceitos sobre os dois modelos, possibilitando a exploração de suas relações e as contribuições do *Lean Manufacturing* a Indústria 4.0. Os modelos se complementam e fortalecem principalmente a questão de integração.

PALAVRAS-CHAVE: *Lean manufacturing*. Indústria 4.0.

1. Introdução

Desde o início, o processo de industrialização tem passado por diversos saltos tecnológicos, sendo reconhecidos como “Revoluções Industriais”. A primeira revolução se deu em decorrência da mecanização das indústrias com o advento das primeiras máquinas hidráulicas e a vapor; a segunda ocorreu por conta da grande utilização da energia elétrica e do motor à combustão; e a terceira, como consequência do uso da informática, da eletrônica e da robótica (DRATH; HORCH, 2014; LASI et al., 2014).

De acordo com Kagermann et al. (2013) a quarta revolução industrial foi prevista como a era da “Indústria 4.0” ou “*Smart factories*”, e este conceito abrange as tecnologias utilizadas para automação e troca de dados, com o uso de Sistemas Ciber-Físicos (CPS), Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem e Big Data, o que permite um controle automatizado por meio da comunicação entre as máquinas, que aumenta o grau de eficiência no uso de recursos materiais e energéticos, desta forma a cadeia produtiva se torna mais flexível e sustentável.

O termo Indústria 4.0 foi introduzido no ano de 2011 na feira de Hannover, ocorrida na Alemanha, tal ato correspondia a uma iniciativa da indústria alemã com o intuito de manter a competitividade, tendo por base a produção inteligente de alta tecnologia, menores custos e a flexibilização dos processos de produção em massa que permitem uma alta personalização do produto (OLIVEIRA; SIMÕES, 2017; VAIDYAA; AMBADB; BHOSLEC, 2018).

Diante deste cenário econômico altamente competitivo, que resultou da globalização, as empresas foram forçadas a confrontar os desafios relativos a custo, qualidade e agilidade e buscarem meios para aperfeiçoar suas operações, elevando a produtividade e a lucratividade. Assim, diversas metodologias vêm sendo desenvolvidas e empregadas objetivando a evolução das operações para que sejam realizadas de forma mais eficientes e reduzindo as perdas. Nesse contexto, destaca-se *Lean Manufacturing* ou Produção Enxuta, que tem como principal finalidade a combinação de novas técnicas gerenciais com o uso de máquinas mais aperfeiçoadas, onde há um aumento da produção com diminuição dos recursos e da mão de obra (RIANI, 2006).

A combinação de tecnologias diferentes tem digitalizado as atividades cotidianas, com maior enfoque em ambientes industriais, para que se alcance maior eficiência nos processos de produção. Um dos principais destaques deste novo contexto de manufatura está centrado no aumento e garantia da eficiência do processo de produção, pois possui capacidade de monitoramento de todo o processo, bem como de identificação de falhas e rupturas nos processos de forma preventiva, fazendo com que perdas monetárias sejam evitadas, ao mesmo tempo em que ocorre maior garantia na qualidade do serviço e/ou produto ofertado (OLIVEIRA; SIMÕES, 2017).

Assim, este trabalho tem como objetivo analisar a interação entre o *Lean Manufacturing* e a Indústria 4.0, indicando as principais técnicas utilizadas e as contribuições advindas do uso da abordagem *lean*. O trabalho está estruturado em: introdução, onde busca-se apresentar o tema do trabalho; revisão da literatura, com apresentação da origem e do conceito de *Lean Manufacturing*, os princípios que conduzem esta abordagem e a Indústria 4.0; procedimentos metodológicos, expondo a metodologia utilizada para obtenção dos dados utilizados no estudo; resultados, apresentando as percepções extraídas das análises dos dados pesquisados; e a conclusão, sendo neste capítulo apresentadas as considerações baseadas no estudo realizado.

2. Referencial teórico

Neste capítulo será abordada a revisão da literatura, tendo como base publicações que tratem da origem e conceito do *Lean Manufacturing*, bem como seus princípios norteadores e a descrição da Indústria 4.0.

2.1. Origem e conceito do *lean manufacturing*

Ohno (2002) explica que o sistema de produção *Lean Manufacturing* (LM) foi desenvolvido no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, em meados da década de 1950 pela Toyota Motors. Nesta época o país passa por dificuldades financeiras, entretanto, essa metodologia somente tomou maiores proporções a partir da década de 1970, durante a primeira crise do petróleo, onde os gerentes das indústrias perceberam os resultados que a Toyota estava alcançando através de sua constante busca pela eliminação dos desperdícios (WOMACK; JONES, 2004).

O sistema de produção LM chamou a atenção durante a década de 80 quando a eficiência e qualidade da indústria automobilística japonesa se mostraram superiores (LIKER, 2005).

O *Lean manufacturing* corresponde a um modelo de gestão focado na criação de fluxo de produção sem desperdícios, e com redução de tempo entre o pedido e a entrega do produto ao cliente. Segundo Manfredini e Suski (2010, p.5) este modelo de gestão propõe a redução de sete tipos de desperdícios no processo produtivo: “superprodução, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimento e defeitos”.

Bastos (2012, p.3) refere que:

A filosofia *Lean* assume-se como uma revolução que tem o potencial de melhorar, efetivamente, a capacidade produtiva de qualquer empresa. Este conceito nasceu do resultado de uma aprendizagem prática e dinâmica dos processos produtivos originários dos setores têxteis e automobilísticos, que surgiu cimentado na ambição e nas contingências do mercado Japonês. [...] *Lean Manufacturing* contribui com um conjunto de medidas e ferramentas adotadas como resposta à enorme crise atual e a necessidade das empresas de todo e qualquer ramo de especificação se tornar competitiva ao mercado. Os conceitos inerentes à filosofia regem-se, basicamente, pela eliminação dos desperdícios existentes tendo como consequência direta o aumento da produtividade e da eficiência nas linhas produtivas.

A filosofia *Lean Manufacturing* se refere à diferença entre valor e desperdício, sendo o primeiro relativo àquilo que satisfaz as necessidades do cliente no momento exato e a um preço acessível, e o segundo corresponde a qualquer ação humana que não incorpora valor. Deste modo, a adoção da filosofia *Lean* representa a busca incessante pela eliminação dos desperdícios nos processos, mantendo assim apenas operações que agreguem valor (STONE, 2012; BHAMU; SANGWAN, 2014).

2.2. Princípios do *lean manufacturing*

Para a implementação da abordagem Lean é necessário que ocorram mudanças comportamentais de todos os envolvidos na cadeia de valor, e que os mesmos tenham consciência dessa necessidade e da transparência nos processos (WOMACK; JONES, 2004). Diante disso, cinco princípios norteiam o processo que emprega os principais objetivos a abordagem lean, sendo eles:

- Valor: Na filosofia *Lean* o valor corresponde àquilo que o cliente considera como um benefício para ele, a um preço e tempo específicos e acessíveis (WOMACK; JONES, 2004). Este princípio pode ser observado sob duas óticas distintas, mas dependentes: a ótica do consumidor onde as características do produto/serviço buscam satisfazer as suas necessidades e expectativas, e a ótica dos gerentes e acionistas, pautada na elevação do valor das ações da empresa visando a garantia de investimentos futuros através da obtenção do lucro por meio das vendas dos produtos/serviços (GOLDSBY; MARTICHENKO, 2005). O erro na interpretação deste princípio se dá muitas vezes quando os produtores tentam definir o que é valor para o cliente, não considerando suas reais necessidades (PICCHI, 2000).

- Cadeia de valor: Este princípio consiste nas atividades, que abrangem desde o planejamento até a comercialização do produto/serviço, que agreguem valor a este tanto sob a ótica do consumidor quanto dos acionistas (GOLDSBY; MARTICHENKO, 2005). A cadeia de valor corresponde a todas as etapas e processos que são fundamentais na transformação da matéria prima em um produto final para o cliente, considerando o desperdício e aquilo que represente valor para o cliente (WOMACK; JONES, 2004). A análise destas etapas e processos identifica três aspectos principais de ações, sendo as que: agregam valor; não agregam valor, mas são necessárias para a produção e ações que não agregam valor e não são necessárias e podem ser eliminadas (KOSKELA, 1997).
- Otimização do fluxo: A otimização do fluxo se refere a um processamento o mais contínuo possível de um produto/serviço, abrangendo somente atividades que tem como finalidade acrescentar valor e minimizar desperdícios (WOMACK; JONES, 2004). A proposta da filosofia *Lean* para os problemas de fluxo se encontra na redefinição dos trabalhos de cada função, departamento e em alguns casos da própria empresa, que contribuam de forma positiva para o alcance dos objetivos, com foco no respeito do cliente em todas as etapas do processo (SHINGO, 1996).
- Sistema *pull flow*: Após a otimização do fluxo, com redução de lotes e criação de equipes de trabalho balanceadas, se obtém as reduções tanto no tempo de produção quanto no de resposta ao consumidor, aumentando assim a confiabilidade do mesmo e do processo, e estabilizando a demanda, pois o cliente terá ciência de que poderá obter o produto/serviço de forma mais rápida e eficaz (WOMACK; JONES, 1998). Este princípio tem como objetivo produzir apenas o que é necessário, desta forma a produção está focada na demanda real do produto. A venda de um produto corresponde a uma solicitação para a linha de produção, trazendo como principais vantagens: menor dependência de inventários; produção em pequenos lotes; redução e controle de Stock de produto; sincronização ao longo da cadeia de valor; tempo de produção mais curtos; fluxo de produção e de informação mais contínuos (JACOBS; CHASE; AQUILANO, 2009).
- Melhoria contínua: Uma vez que tenha sido possível a prática de todos os princípios anteriores, fica claro que também há a possibilidade de se produzir um produto/serviço ainda melhor que corresponda as expectativas e necessidades dos clientes, ou seja, seria a busca pela perfeição através de uma melhora contínua, partindo-se da premissa de que a perfeição não pode ser obtida, então sempre pode se obter uma melhora a partir da situação anterior (WOMACK; JONES, 2004). Liker (2004) conclui que do quinto princípio com os demais é essencial para que o valor possa fluir com mais rapidez, e mesmo diante do surgimento de desperdícios, a busca pela melhora contínua faz com que estes sejam eliminados gradativamente.

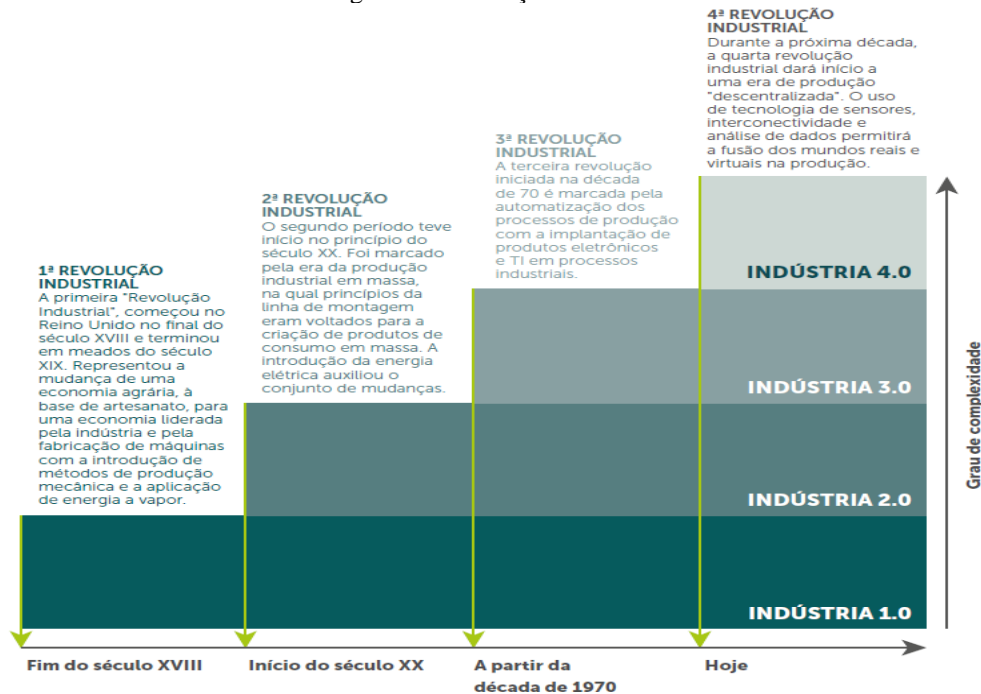
2.3. A indústria 4.0

A Indústria 4.0 corresponde à Quarta Revolução Industrial (FIGURA 1), tendo como principal incentivo as inovações tecnológicas. A mesma pode ser descrita como um conjunto de Sistemas Ciber-Físicos conectados aos processos de produção e às cadeias de suprimentos, fazendo com que as indústrias se tornem computadorizadas e integradas (SREEDHARAN; UNNIKRISHNAN, 2017).

De acordo com Santos (2017, p. 12), que apresenta a indústria 4.0 como:

[...] um projeto no âmbito da estratégia de alta tecnologia do governo alemão que promove a informatização da Manufatura. O objetivo é chegar à fábrica inteligente (*SmartManufacturing*) que se caracteriza pela capacidade de adaptação, a eficiência dos recursos e ergonomia, bem como a integração de clientes e parceiros de negócios em processos de negócios e de valor. Sua base tecnológica é composta por sistemas físicos/cibernéticos e a Internet das Coisas. Especialistas acreditam que a Indústria 4.0 ou a quarta revolução industrial poderia ser realizada dentro de uma década.

Figura 1 - Revolução Industrial



Fonte: adaptado de Deloitte (2015)

Anderl (2014) explica que a abordagem fundamental da Indústria 4.0 foca-se no uso de sistema cyber-físico com o intuito de tornar possível a comunicação e inteligência para sistemas artificiais, tornando-os sistemas inteligentes. Estes correspondem a uma tecnologia que surgiu em substituição de sistemas mecatrônicos e automatizados.

Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) afirmam que o desenvolvimento da Indústria 4.0 influencia a indústria de transformação, tornando as fábricas, produtos e serviços mais inteligentes e acessíveis. Os autores explanam ainda que a Quarta Revolução Industrial pode ser compreendida como uma junção entre máquinas inteligentes, processos, produção e sistemas consolidando uma rede interconectada sofisticada.

Segundo Maier, Korbel e Brem (2015), o conceito "Indústria 4.0" demonstra o desenvolvimento voltado para mudanças fundamentais nas indústrias tradicionais, tendo como prerrogativas a produção em massa e a integração de clientes e fornecedores.

A Indústria 4.0 é sustentada por avanços tecnológicos fundamentais, unindo tecnologias que são utilizadas de modo isolado na atualidade, gerando um fluxo produtivo integrado e automatizado, resultando e uma maior eficiência e em mudanças de interação tanto dos fornecedores, produtores e clientes como entre o homem e a máquina (RÜSSMANN; STÖCKLI, 2015).

3. Procedimentos metodológicos

O recurso metodológico utilizado para alcançar o objetivo do presente trabalho foi fundamentado em uma pesquisa qualitativa utilizando como fonte de coleta de dados a pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica se deu através da revisão de literaturas, releitura de textos e matérias já estudadas e aprofundamento dos conhecimentos teóricos através de análise de revistas, artigos científicos, documentos, legislação, artigos publicados na internet, livros que possibilitaram que este trabalho tomasse forma.

Segundo Marconi e Lakatos (1992), essa metodologia tem como finalidade fazer com que o pesquisador entre em contato com o material escrito sobre um determinado assunto, auxiliando na análise de suas pesquisas ou na manipulação de suas informações.

4. Apresentação e discussão dos resultados

O presente capítulo apresenta as percepções em relação ao tema, como base na análise do material pesquisado.

4.1. Contribuições do *lean manufacturing* para a indústria 4.0

Morgan e Liker (2008) referem que a abordagem *lean* possui alinhamento com mudanças relativas ao desenvolvimento da indústria 4.0, principalmente em relação as melhorias dos sistemas, pois a principal característica desta abordagem é a compreensão das novas tecnologias com a finalidade de promover maior eficiência a seus processos, deste modo a uma maior agregação de valor aos clientes. Em relação aos processos produtivos, as mudanças ocasionadas pela adoção desta prática resultam numa melhora contínua no padrão de operação, bem como na forma de controle de ocorrência dos processos.

Foi observado nos estudos que as inovações tecnológicas advindas com implemento da Indústria 4.0 promovem mudanças em consonância com a abordagem *Lean* que proporcionam uma evolução no desenvolvimento dos sistemas e nos processos de produção, fazendo com que consequentemente haja uma melhoria nos lucros para a empresa e maior satisfação dos clientes.

Buer, Strandhagen e Chan (2018) explicam que, após a realização de estudo com base na abordagem *Lean*, foi possível verificar que, apesar das distinções relativas à gestão de produção, ambos modelos possuem similaridades que se complementam relativas ao aumento de produtividade e flexibilidade. Os autores apontam ainda que há um fornecimento recíproco de assistência entre os modelos, onde nos ambientes em que a abordagem *Lean* já está sendo implementada há uma maior propensão ao controle de seus processos.

Rüttimann e Stöckli (2016) ressaltam que o *Lean Manufacturing* não se torna obsoleto por conta da Indústria 4.0, pois a correlação exercida por ambos os sistemas demonstra que além da dependência mútua, há também um domínio específico de aplicação que depende da variabilidade do produto e do volume de produção.

As similaridades encontradas nos estudos demonstram que a abordagem *Lean* e a Indústria 4.0 procuram se complementar naquilo que cada processo de produção exige. Isso reflete de forma positiva nas empresas, que buscam assim satisfazer as necessidades dos clientes através de maiores possibilidades proporcionadas pelos avanços tecnológicos.

Thames e Schaefer (2016) e Lu (2017) complementam explicando que com o apoio da Internet das Coisas (IoT), a Indústria 4.0 apresentará mudanças em relação a tomada de decisões referentes à produção, fazendo com que haja um aumento na interação com os clientes, envolvendo as decisões relativas à qualidade e customização dos produtos. Deste modo, propiciará oportunidades para que se mantenham os relacionamentos existentes e a formação de novos, gerando aumento da concorrência.

A utilização de recursos inovadores facilita a tomada de decisões por parte das empresas, pois o uso da tecnologia para a realização das análises de produção e satisfação apresentam os

pontos a serem modificados ou melhorados. Assim, os clientes já existentes terão a percepção do bom atendimento dentro daquilo que é objetivado, ao mesmo tempo ocorre a abertura para a inserção de novos relacionamentos para a empresa, em decorrência da melhora na produção e do atendimento.

5. Conclusão

O *Lean Manufacturing* e a Indústria 4.0 não são técnicas semelhantes de gestão da produção e não competem entre si. Tratam-se de modelos que se complementam. A implantação dos conceitos de *Lean Manufacturing* constitui um grande desafio para as empresas e as soluções providas pela Indústria 4.0 podem corroborar na perspectiva de integração. Da mesma forma, indústrias que tenham o *Lean Manufacturing* como parte de suas culturas estão mais adequadas para explorar os benefícios das tecnologias da Indústria 4.0.

As tecnologias inovadoras podem gerar impactos nas ferramentas conceituais do *Lean Manufacturing*, sendo importante salientar que a automação ou a inovação sem gerar valor para o cliente pode se tornar um desperdício.

O *Lean* pode ser percebido como um agente fundamental na implementação e consolidação da Indústria 4.0, sendo que conceitos *Lean* como a padronização do trabalho, organização e transparência são fundamentais no suporte a implementação e consolidação da Indústria 4.0.

Por fim, cabe salientar que o fator humano deve ser melhor integrado aos modelos existentes, uma vez que os funcionários continuarão sendo uma parte essencial dos processos. Sendo necessário um melhor planejamento e gestão na escolha do sistema *Lean Manufacturing*, com foco nos recursos humanos e tecnológicos, buscando a identificação de problemas de forma detalhada e clara com finalidade de obter as melhores soluções e ao controle e avaliação constantes do andamento a fim de evitar ou solucionar o mais rapidamente durante o processo produtivo.

Referências

ANDERL, R. **Industry 4.0 – Advanced Engineering of smart product and smart production**. Conference: 19th International seminar on high technology. 2014.

BASTOS, B. C.; CHAVES, C. **Aplicação de Lean Manufacturing em uma Linha de Produção de uma Empresa do Setor Automotivo**. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, IX SEGeT, 2012.

BHAMU, J.; SANGWAN, K. S. **Lean manufacturing: literature review and research issues**. International Journal of Operations & Production Management, v. 34, n. 7, p. 876-940, 2014.

DRATH, Rainer; HORCH, Alexander. **Industrie 4.0: Hit or hype?** [industry forum]. IEEE industrial electronics magazine, v. 8, n. 2, p. 56-58, 2014.

BUER, S. V.; STRANDHAGEN, J. O.; CHAN, F. T. S. **The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda**. International Journal of Production Research, v. 56, n. 8, p. 2924-2940, 2018.

DELOITTE. **Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies**. Deloitte 1–30. 2015.

GOLDSBY, T.; MARTICHENKO, R. **Lean Six Sigma Logistics: Strategic Development to Operational Success**. Florida: J. Ross Publishing, Inc. 2005.

JACOBS, F.; CHASE, R. AQUILANO, N. **Operations & Supply Management**. New York: McGraw-Hill, 2009.

- KAGERMANN, H.; HELBIG, J.; HELLINGER, A.; WAHLSTER, W. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry**; final report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion, 2013.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. ACATECH – National Academy of Science and Engineering. Federal Ministry of Education and Research. 2013.
- KOSKELA, L. **Lean production in construction**. In: Alarcón, L. (Ed) Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2., 1993, Espoo, Finlândia. Lean Construction. Rotterdam: A. A. Balkema, 1997. p. 1-9.
- LASI, H.; FETTKE, P.; FELD, T.; HOFFMANN, M. **Industry 4.0**. Business & Information Systems Engineering, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014.
- LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- MAIER, M. A.; KORBEL, J. J.; BREM, A. **Industry 4.0: Solving the agency dilemma in supply networks through cyber physical systems**. Proceedings of the 21st EurOMA Conference: Operations Management in an Innovation Economy. Palermo. Itália. 2014.
- MANFREDINI, M. F.; SUSKI, C. A. **Aplicação do Lean Manufacturing para minimização de desperdícios gerados na produção**. IN: 1º congresso de inovação, tecnologia e sustentabilidade. 2010.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico**. 4a ed. São Paulo: Editora Atlas, 1992.
- MORGAN, J. M.; LIKER, J. K. **Sistema Toyota de desenvolvimento de produto: integrando pessoas, processos e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2008.
- OLIVEIRA, F. T.; SIMÕES, W. L. **A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia**. In: II Simpósio de Engenharia de Produção. Catalão, Goiás: 2017.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção. Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- PICCHI, F. A. **Lean principles and the construction main flows**. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 8., 2000, Brighton, U. K.. Proceedings... U.K., 2000.
- RIANI, A. M. **O Lean Manufacturing aplicado na Becton Dickinson**. 2006. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2006.
- RÜTTIMANN, B. G.; STÖCKLI, M. T. **Lean and Industry 4.0—twins, partners, or contenders? A due clarification regarding the supposed clash of two production systems**. Journal of Service Science and Management, v. 9, n. 06, p. 485, 2016.
- SANTOS, R. P. **Indústria 4.0 e logística 4.0: evolução tecnológica**. 6ª Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu. São Paulo, 2017.
- SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996. 291p.
- SREEDHARAN, R.; UNNIKISHNAN, A. **Moving Towards Industry 4.0: A systematic review**. International Journal of Pure and Applied Mathematics, v. 117, n. 20, p. 929–936, 2017.
- STONE, K. B. **Four decades of lean: a systematic literature review**. International Journal of Lean Six Sigma, v. 3, n. 2, p. 112-132, 2012.

THAMES, Lane; SCHAEFER, Dirk. **Software-defined cloud manufacturing for industry 4.0.** Procedia CIRP, v.52, p. 12-17, 2016.

VAIDYAA, S.; AMBADB, P.; BHOSLEC, S. **Industry 4.0–a glimpse.** Design Engineering, v. 2351, p. 9789, 2018.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.