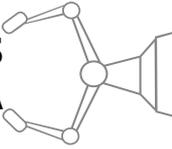


A INDÚSTRIA 4.0 COMO POTENCIALIZADORA DAS PRÁTICAS DA MANUFATURA ENXUTA



Anderson Felipe Habekost

Universidade do Vale do Rio dos Sinos
andersonfhabekest@yahoo.com.br

Marcelo Bubolz Larrosa

Universidade do Vale do Rio dos Sinos
LarrosaMarceloB@JohnDeere.com

Ismael Becker Gomes

Universidade do Vale do Rio dos Sinos
ismael.becker@hotmail.com

Lucas Schmidt Goecks

Universidade do Vale do Rio dos Sinos
lucasgoecks@edu.unisinos.br

Ismael Cristofer Baierle

Universidade do Vale do Rio dos Sinos
ismaelb@viavale.com.br

Recebido em: 27/11/2019

Aceito em: 02/03/2020

Resumo: Com o mercado global cada vez mais competitivo, a indústria mundial busca constantemente ferramentas de gerenciamento que possibilitem torná-las cada vez mais eficientes e rentáveis. Diante deste cenário, diversas empresas do mundo inteiro adotaram as práticas da Manufatura Enxuta, que tem por filosofia reduzir desperdícios, aumentar a produtividade, melhorar a qualidade, e consequentemente aumentar a satisfação do cliente. Atualmente experimenta-se um momento em que a tecnologia está avançando rapidamente em todas as áreas do conhecimento. Em razão disto, por iniciativa do governo alemão surgiu um novo conceito de indústria, denominado Indústria 4.0. Com o advento da internet, esta nova fase da revolução industrial torna a “fábrica inteligente”, e conecta todo fluxo produtivo da cadeia de valor. Aplicando os princípios do Cyber Physical Systems (CPS) e Internet das Coisas, a produção torna-se cada vez

mais eficiente, autônoma e customizável. Neste contexto, este estudo apresenta uma avaliação de quais os elementos da Manufatura Enxuta podem ser significativamente potencializados com o advento da implementação dos conceitos da Indústria 4.0, quais os elementos são moderadamente impactados, e quais não são afetados pela mesma. Por fim, serão sugeridas pesquisas futuras para ampliação e aprofundamento dos resultados obtidos.

Palavras-chave: Manufatura Enxuta; Sistema Toyota de Produção; Indústria 4.0.

Abstract: *With the increasingly competitive global marketplace, the global industry is continuously looking for management tools that can make them increasingly efficient and profitable. Faced with this scenario, several companies around the world have adopted Lean Manufacturing practices, which have the philosophy of reducing waste, increasing productivity, improving quality, and consequently increasing customer satisfaction. We are also experiencing a time when technology is advancing rapidly in all areas of knowledge. As a result, at the initiative of the German government, a new concept of industry, called Industry 4.0, has emerged. With the advent of the internet, this new phase of the industrial revolution makes the “smart factory” and connects every productive flow of the value chain. Applying the principles of Cyber-Physical Systems (CPS) and Internet of Things, production becomes increasingly efficient, autonomous, and customizable. In this context, this study presents an assessment of which elements of Lean Manufacturing significantly enhanced with the advent of the implementation of Industry 4.0 concepts, which elements moderately impacted, and which are unaffected by it. Finally, future research suggested expanding and deepening the results obtained.*

Keywords: *Lean Manufacturing; Toyota Production System; Industry 4.0.*

Resumen: *Con el mercado global cada vez más competitivas, la industria global busca constantemente herramientas de administración que puedan hacerlas cada vez más eficientes y rentables. Ante este escenario, muchas empresas de todo el mundo han adoptado prácticas de Lean Manufacturing, que tienen la filosofía de reducir el desperdicio, aumentar la productividad, mejorar la calidad y, en consecuencia, aumentar la satisfacción del cliente. Hoy es un momento en que la tecnología avanza rápidamente en todas las áreas del conocimiento. Como resultado, por iniciativa del gobierno alemán, ha surgido un nuevo concepto de industria, llamado Industria 4.0. Con el advenimiento de Internet, esta nueva fase de la revolución industrial convierte a la “fábrica inteligente” y conecta todo el flujo productivo de la cadena de valor. Aplicando los principios de Cyber Physical Systems (CPS) e Internet of Things, la producción se vuelve cada vez más eficiente, autónoma y personalizable. En este contexto, este estudio presenta una evaluación de qué elementos de Lean Manufacturing se pueden mejorar significativamente con el advenimiento de la implementación de los conceptos de la Industria 4.0, qué elementos se ven afectados de manera moderada y cuáles no se ven afectados. Finalmente, se sugerirá investigación futura para expandir y profundizar los resultados obtenidos.*

Palabras clave: *Lean Manufacturing; Sistema de Producción Toyota; Industria 4.0.*

1. INTRODUÇÃO

A busca pela competitividade no segmento industrial implica na definição de sobrevivência no mercado. A adoção de um modelo de negócios competitivo sugere atingir um desempenho melhor do que os concorrentes (DAGHFOUS; AHMAD, 2015). Este desempenho pode relacionar-se à eficiência dos processos produtivos da empresa, e de uma sistemática de melhoria contínua. À vista disso, uma das filosofias de negócio que busca o aumento de desempenho é o *Lean Manufacturing* (ANTUNES, 2007). Baseado no Sistema Toyota de Produção (STP), ele enfoca, a partir da ótica dos clientes nas ativida-

des básicas envolvidas no negócio, identificar os desperdícios a serem minimizados e os valores a serem maximizados (WOMACK, 1992). Este sistema é baseado na demanda dos clientes, para fluxos contínuos e sistemas puxados (OHNO, 1997).

Em paralelo a isso, a indústria global encontra-se em constante transformação incentivada pelo surgimento de novas tecnologias, cada vez mais evoluídas e ágeis (LASI *et al.* 2014). Em iniciativa do governo da Alemanha, criou-se um novo conceito no ramo industrial, denominado de Indústria 4.0, em referência a quarta revolução industrial (HOFMANN; RÜSCH, 2017). O termo Indústria 4.0 surgiu em 2011 na Feira de Hanover na Alemanha (SANDERS *et al.*, 2016). O objetivo principal desse novo conceito é a integração e controle da produção da fábrica a partir de máquinas e equipamentos conectados em rede, utilizando-se de *Cyber Physical Systems* (CPS), em conjunto com a inteligência artificial (SCHEER, 2015).

No que tange o assunto, destaca-se que a Indústria 4.0 é considerada o futuro modelo da produção, ou seja, novas tecnologias devem ser empregadas para integrar máquinas e humanos ao longo da cadeia de valor, compondo uma rede de entidades (plantas industriais) localizadas em posições geograficamente distribuídas (dispersas), e que devem fornecer serviços e produtos de forma autônoma (STRANDHAGEN, 2017). Ademais, para Hofmann e Rüsç (2017), o ambiente de Indústria 4.0, além de inteligente, aceita que toda fábrica se comunique por rede, ou seja, as máquinas e equipamentos do processo trocariam informações entre si ao longo das operações industriais, disponibilizando-as numa base de dados, sendo capazes de tomarem decisões de forma autônoma. Ainda, as unidades da mesma empresa, ou mesmo de empresas distintas, poderão trocar informações sobre compras e estoques, permitindo a otimização logística (HOFMANN; RÜSCH, 2017).

Assim, a Indústria 4.0 está relacionada com a eficiência, segurança, produtividade das operações e retorno do investimento, sendo que as principais tecnologias utilizadas nesse novo conceito são: *Internet of Things* (IoT), *Big Data* (BD), *Cyber Physical Systems* (CPS), com intuito de tornar a produção da fábrica mais eficiente, autônoma e customizável (STRANDHAGEN, 2017). Neste contexto, discutir de forma conjunta a relação entre as práticas da filosofia do *Lean Manufacturing* e os novos conceitos da Indústria 4.0, passa a ser um tema relevante para as empresas e para academia. De acordo com Martinez *et al.* (2016), após uma revisão da literatura, foram identificados que ambos os tópicos desenvolvem linhas de pesquisa separadamente, e como sugestão de trabalhos futuros seria importante iniciar um movimento de estudo relacionando aos benefícios mútuos dos dois tópicos.

Desse modo, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de caso, elencando os elementos do *Lean Manufacturing* que podem ser considerados potencializadores para

a consolidação dos conceitos da Indústria 4.0. Inclusive, quais os elementos que podem ser impactados e quais não são afetados pela mesma. Contribuindo para a literatura e as organizações sobre os caminhos necessários para a transição do *Lean Manufacturing* à Indústria 4.0.

Apresentada a contextualização e problemática desta pesquisa na seção 1, o restante do trabalho divide-se da seguinte forma. A seção 2 apresenta uma breve revisão da literatura acerca dos conceitos de *Lean Manufacturing* e Indústria 4.0. A Seção 3 o método de pesquisa. Os resultados se encontram na seção 4. Por fim, as considerações finais e sugestões de pesquisas futuras estão apresentadas na seção 5.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção apresentam-se conceitos sobre o *Lean Manufacturing* e a Indústria 4.0 visando oferecer ao leitor um *background* teórico.

2.1 *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* pode ser descrito como uma abordagem de produção multifacetada que compreende uma variedade de práticas industriais, direcionadas para a identificação de processos de adição de valor a partir da competência do cliente e para possibilitar o fluxo desses processos na atração do cliente através da organização (WOMACK, 1992). Esse sistema evoluiu a partir do conceito do Sistema Toyota de Produção (STP), desenvolvido pelas iniciativas de Taiichi Ohno na Toyota Motor Company (OHNO, 1997). Ainda segundo Ohno (1997), o STP não é apenas um sistema de produção, mas um sistema gerencial adaptado aos mercados globais, cujo objetivo principal da fabricação é criar um fluxo simplificado de processos para criar os produtos acabados ao ritmo exigido pelo cliente, minimizando desperdícios.

Segundo Dennis (2016), a padronização do trabalho é uma das portas iniciais para que as melhorias aconteçam de forma gradual e natural. Somente processos padronizados e em constante análise podem ser melhorados. Um olhar crítico a todo o processo desta linha de tempo e da redução do trabalho que não agrega valor ao produto manufaturado, reflete-se em uma constante melhoria contínua. (SHINGO, 1996; SAVINO; MAZZA, 2015). Sendo assim, os desperdícios podem ser classificados como: a) superprodução; b) tempo de espera; c) transporte; d) processamento de pedido; e) estoque; f) movimentação; e, g) retrabalho. Esses desperdícios retiram percentuais da margem de lucro dos produtos e por vezes passam despercebidos no processo (NALLUSAMY, 2016). Consequentemente, formas simples, ou simplificadas de ver a operação, já reduzem as perdas.

Com uma revisão da literatura, Shah e Ward (2007) realizaram um estudo abrangente para identificar a estrutura dimensional da produção enxuta e desenvolver escalas confiáveis de significância. Para tanto, quantificaram a definição conceitual e a mensuração da produção enxuta em dez elementos: (I) *feedback* do fornecedor; (II) entregas *Just-In-Time* (JIT); (III) desenvolvimento de fornecedor; (IV) envolvimento do cliente; (V) produção puxada; (VI) fluxo contínuo; (VII) redução de tempo setup; (VIII) manutenção produtiva total; (IX) controle estatístico de processo; e, (X) envolvimento do funcionário. Inclusive, o trabalho de Shah e Ward (2007) fornece uma definição teórica para as práticas na Manufatura Enxuta. Esta definição de dez elementos inclui pessoas e elementos de processo, bem como fatores internos e externos, que apresentavam foco limitado nas pesquisas anteriores (DORA, *et al.*, 2013). Assim, estes dez elementos da Manufatura Enxuta foram utilizados como base desta pesquisa.

2.2 Indústria 4.0

Os principais conceitos da Indústria 4.0 foram apresentados pela primeira vez no ano de 2011, em uma Feira de Hanover na Alemanha (SANDERS *et al.*, 2016). No mesmo ano, o governo alemão incluiu o tema em uma iniciativa denominada “*High-Tech Strategy 2020 Action Plan*”. Após a iniciativa alemã, as replicações de estratégias para viabilizar essas transformações começaram a ser desenvolvidas em todo o mundo. Demonstrando a importância das transformações propostas para a inserção das indústrias mundiais nesse novo cenário econômico competitivo, emergido atualmente. (HARTWELL, 2017). As estratégias ganham variadas denominações, nos Estados Unidos com o programa *Advanced Manufacturing*, na Índia com o *Make in India*, na França com o *Industrie du Future*, na Suécia com o *Produktion 2030*, na China com o *Made in China 2025*, na Inglaterra com o *High Value Manufacturing* e no Japão com o *Innovation 2025 Program*.

Segundo Mrugalska e Wyrwicka (2017), atualmente não existe um conceito único para a Indústria 4.0. Este é definido como a integração de máquinas e dispositivos físicos com sensores em rede e *software*, usado para prever, controlar e planejar melhores resultados comerciais e sociais, ou um novo nível de valor, organização e gerenciamento de cadeias em todo o ciclo de vida dos produtos, ou, ainda, um termo coletivo para tecnologias e conceitos de organização da cadeia de valor. Cabe ainda ressaltar que a Indústria 4.0 é considerada a quarta Revolução Industrial, utilizando-se dos princípios dos *Cyber Physical Systems* (CPS), ou seja, *internet* e tecnologia orientadas para o futuro, e sistemas inteligentes com aprimoramento da interação homem-máquina. Isso permite identidade e comunicação para cada entidade no fluxo de valor por meio de TI, possibilitando a customização em massa no processo de fabricação (LASI *et al.*, 2014; POSADA *et al.*, 2015; VALDEZ *et al.*, 2015).

Nesse sentido, destaca-se que cada revolução econômica e industrial acarreta novos desafios e produz novas abordagens dentro das organizações (PEREZ, 2010). Por consequência, a quarta Revolução Industrial apresenta várias alterações, como: *Internet of Things* (IoT) (ISLÃ *et al.*, 2015), fábricas inteligentes (RASHID *et al.*, 2011), customização em massa (VIDOR *et al.*, 2015) e, recentemente, o conceito da Indústria 4.0 (LASI *et al.*, 2014). Tais alterações proporcionam novos modelos de negócio e de fabricação. Dentre esses conceitos, a Indústria 4.0 engloba um conjunto de sistemas sem fio, máquina autônomas, sistemas virtuais e outras tecnologias. Assim, a combinação de todas essas tecnologias na indústria abre o conceito de fábrica inteligente: “melhorar a produtividade na fabricação através de uma maior flexibilidade, simplificando as aquisições e análises de dados e gerando maior produção e reduzindo os custos de fabricação” (TEMPLE, 2016).

A Indústria 4.0 também considera a criação de uma melhor cooperação entre empresas, máquinas e parceiros de negócios, uma vez que influencia significativamente o ambiente de produção com alterações radicais na execução de operações. Ademais, em contraponto ao planejamento de produção baseado nas técnicas de previsão de vendas convencionais, a Indústria 4.0 possibilita a alteração e execução em tempo real dos planos de produção, juntamente com otimização dinâmica, elevando o grau de automação. As máquinas inteligentes sincronizam-se com toda a cadeia de valor, desde o pedido de compra de materiais até a entrega do produto ao cliente (SPATH *et al.*, 2013). Deste modo, as organizações acreditam nos benefícios da Indústria 4.0, uma vez que o processo é mais rápido e preciso, eficiente e seguro, reduzindo as taxas de erro e utilizando dados precisos, entre outras melhorias dentro desta revolução que permitem às empresas melhorias em seus resultados, reduzindo custos de produção com a flexibilidade de fabricação adicionada pela indústria 4.0 (BAUR; WEE, 2015).

3. MÉTODO

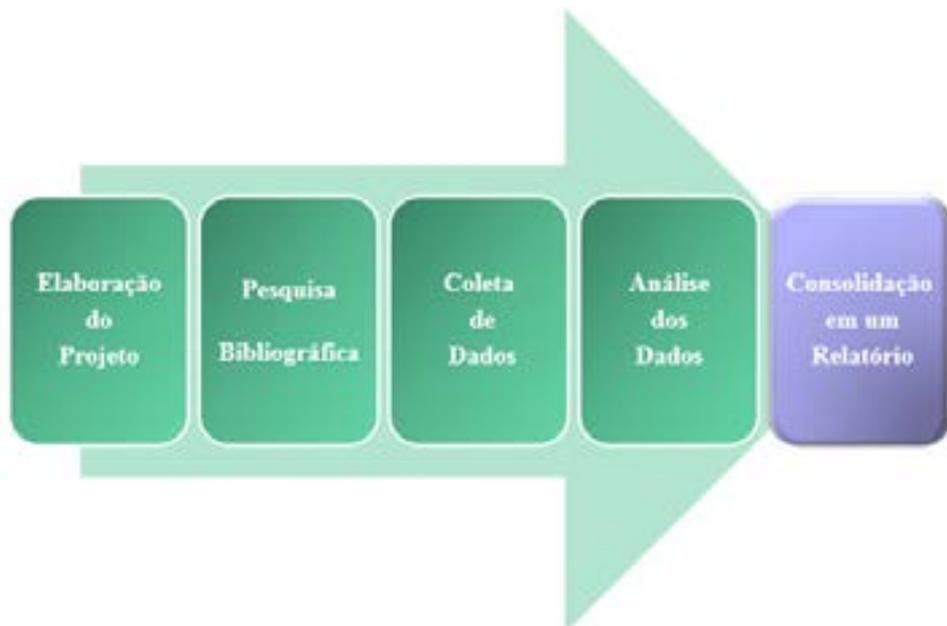
Segundo Roesch (1999), uma variedade muito rica de situações problemáticas apresenta-se nas organizações. Estas oportunidades ou problemas podem ser explorados e analisados de forma mais completa através de métodos e técnicas. A escolha do método adequado é fundamental para o sucesso da pesquisa. Ela é baseada em critérios que estão relacionados com o objetivo do trabalho. Destarte, segundo Yin (2001), a metodologia proposta para o presente estudo consiste em um estudo de caso.

Essa investigação ocorreu em uma situação onde existem distintas variáveis de interesse, baseando-se em múltiplas fontes de evidências com os dados convergidos em triangulação e beneficiando-se de um desenvolvimento prévio de proposições teóricas para a obtenção e a análise de dados. O método do estudo de caso foi conduzido por meio

de uma pesquisa de caráter exploratório, e a análise dos dados foi realizada mediante uma abordagem qualitativa (GIL, 1991). A coleta de dados teve início pela realização de uma pesquisa bibliográfica e documental (MIGUEL, 2007). Após, como forma de facilitar a realização da análise, foi adotada a técnica de grupo focal com especialistas da indústria metal mecânica (VERGARA, 2004). De posse de todos os dados coletados, foi efetuada uma análise crítica qualitativa (GREENHALGH; TAYLOR, 1997). Esta análise crítica foi realizada em função dos resultados obtidos com a aplicação de um modelo de avaliação utilizado durante a dinâmica de grupo focal. Ele foi elaborado com elementos que podem ser avaliados com notas de “0”, “5” ou “10”.

Os elementos com nota “0”, foram aqueles onde julgou-se que o conceito da Indústria 4.0 não apresenta impacto fomentador no *Lean Manufacturing*. Com nota “5”, aqueles com impacto fomentador moderado na Manufatura Enxuta. Com nota “10”, aqueles que exibem impacto fomentador significativo. Com isso, ao final do estudo, foi possível visualizar quais os elementos do *Lean Manufacturing* são significativamente ou moderadamente potencializados com o advento da implementação dos conceitos da Indústria 4.0, e aqueles que não são afetados, seguindo a perspectiva dos gestores das empresas estudadas no grupo focal. Assim sendo, o método de trabalho utilizado para o desenvolvimento deste projeto, foi executado conforme a Figura 1.

Figura 1 – Método de trabalho.



Fonte: os autores (2019).

Na etapa 1, elaboração do projeto, foi apresentada a empresa objeto do estudo de caso, o tema ao qual se refere o trabalho, o escopo, os objetivos e a importância da pesquisa. Na etapa 2, pesquisa bibliográfica, foi realizado um estudo da literatura, com base em livros, artigos, teses e dissertações que tratam do Sistema Toyota de Produção e da Indústria 4.0, de forma a embasar a aplicação prática do trabalho. Na etapa 3, coleta de dados, foi organizada uma dinâmica de grupo focal com especialistas da indústria metal mecânica, objetivando discutir o impacto do conceito da Indústria 4.0 nas práticas do *Lean Manufacturing*. Na etapa 4, análise dos dados, foi elaborado um modelo de avaliação, como forma de facilitar o entendimento do impacto do conceito da Indústria 4.0 nas práticas do *Lean Manufacturing*. Por fim, na etapa 5, consolidação do trabalho em um relatório, foi estruturado um documento que formaliza a realização deste estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação da dinâmica de grupo focal foi realizada em um único evento, com duração de duas horas, com a participação de 6 gestores de 6 empresas de diferentes, situadas no sul do Brasil, que possuem algum método *Lean* aplicado em sua gestão de produção, inclusive, todas deveriam ter projetos de consultoria, interno ou externo, em andamento para a aplicação dos conceitos da indústria 4.0 em sua fábrica. Salientando que todos os gestores possuem formação superior completa e conhecimentos na área de manufatura ou engenharia. As empresas foram escolhidas de modo aleatório, levando em consideração o atendimento dos requisitos citados anteriormente. Após a aplicação do método do grupo focal e obtenção das avaliações dos 10 pontos do *Lean Manufacturing* elencados anteriormente, apontaram-se os resultados apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Resultados obtidos.

Nº	Práticas de Manufatura Enxuta	Avaliação
1	Feedback do fornecedor	10
2	Entrega JIT	10
3	Redução de tempo de setup	10
4	Envolvimento do funcionário	10
5	Desenvolvimento de fornecedor	5
6	Envolvimento do cliente	5
7	Produção Puxada	5
8	Manutenção produtiva total	5
9	Fluxo contínuo	0
10	Controle Estatístico do processo	0

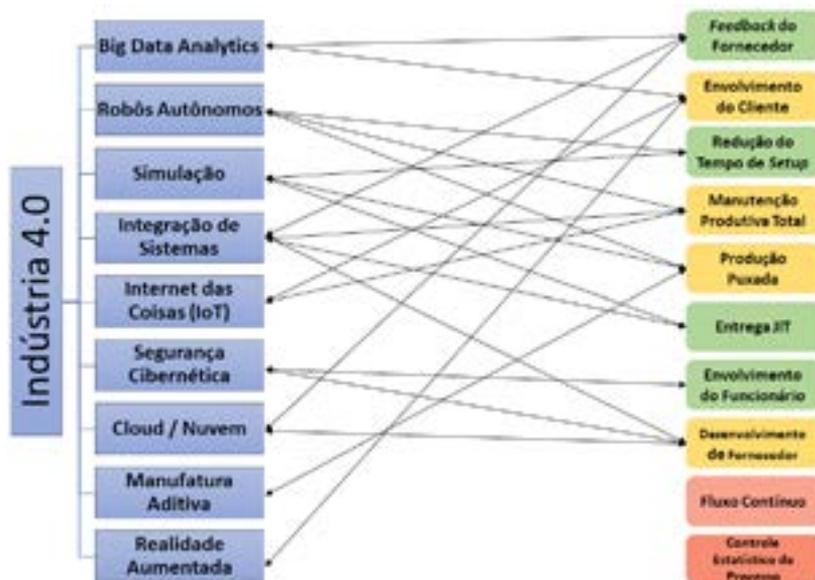
Fonte: Os autores (2019).

Segundo as respostas dos gestores no grupo focal, percebe-se que as práticas com maior potencial para adoção dos conceitos de gestão da Indústria 4.0 são: *feedback* do fornecedor, entrega JIT, redução de tempo de *setup* e envolvimento do funcionário. Práticas com potencial moderado: desenvolvimento de fornecedor, envolvimento do cliente, produção puxada e manutenção produtiva total. Enquanto que as práticas que não potencializam são: fluxo contínuo e controle estatístico do processo.

Quando foram realizados os *links* de integração entre as práticas da Manufatura Enxuta e os pilares da Indústria 4.0, observou-se a seguinte relação proposta pelo grupo focal:

- *Feedback* do fornecedor: relacionado com o *Big Data Analytics*, a Integração de Sistemas e com a *Cloud / Nuvem*;
- Entrega JIT: relacionada com a Simulação Computacional e com a Integração de Sistemas;
- Redução de tempo de *setup*: relacionado com Robôs Autônomos e Simulação Computacional;
- Envolvimento do funcionário: relacionado com a Segurança Cibernética;
- Desenvolvimento de fornecedor: relacionado a Integração de Sistemas, Segurança Cibernética e *Cloud / Nuvem*;
- Envolvimento do cliente: relacionado com *Big Data Analytics*, *Internet* das Coisas (IoT) e Realidade Aumentada;
- Produção puxada: relacionado com Robôs Autônomos, Simulação Computacional e Manufatura Aditiva;
- Manutenção produtiva total: relacionada com Robôs Autônomos, Integração de Sistemas e *Internet* das Coisas (IoT).

As práticas fluxo contínuo e controle estatístico de processo não receberam relações entre os conceitos de *Lean Manufacturing* e Indústria 4.0. Durante a aplicação do grupo focal, ficou claro que as empresas que já haviam estruturado a aplicação da metodologia *Lean* apresentam menor dificuldade na introdução relacionamento dos conceitos da indústria 4.0 em seu sistema, principalmente na estruturação do banco de dados do processo produtivo e na interação com fornecedores. Sabe-se também que outros fatores podem contribuir para uma aplicação deste porte, como capital disponível, tecnologia escolhida e escolha das lideranças do projeto. Com os resultados oriundos do grupo focal obtidos anteriormente, elaborou-se um *framework* na Figura 2 com a integração dos conceitos observados.

Figura 2 – *Framework* de relacionamento entre o *Lean* e a Indústria 4.0

Fonte: os autores (2019).

5. CONCLUSÕES E PESQUISAS FUTURAS

É recomendável ressaltar as limitações para avaliação das análises. O próprio método de estudo de caso apresenta uma desvantagem quanto às suas conclusões e seus resultados, dificultando a generalização. Outro aspecto relevante refere-se a realização de apenas uma dinâmica de grupo focal, onde um número maior de sessões poderia ampliar a quantidade de informações obtidas na etapa de coleta de dados, e, conseqüentemente, tornar mais robusta as etapas de análise e conclusão. Por conseqüências, durante o desenvolvimento deste estudo, surgiram algumas recomendações que poderão servir de objeto para outras pesquisas que relacionem a Indústria 4.0 e a filosofia do *Lean Manufacturing*. Sugere-se avançar os estudos e realizar um trabalho de análise semelhante, porém com um grupo de especialistas acadêmicos para entendimento dos resultados em um contexto diferente.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Brasil.

Referências

- ANTUNES, Junico *et al.* **Sistemas de produção**: conceitos e práticas para projetos e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- BAUR, Cornelius; WEE, Dominik. Manufacturing's next act. **McKinsey Quarterly**, New York, jun. 2015. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act#>
- DAGHFOUS, Abdelkader; AHMAD, Norita. User development through proactive knowledge transfer. **Industrial Management & Data Systems**, Bingley, v. 115, n. 1, p. 158-181, 2015.
- DENNIS, Pascal. **Lean Production simplified**: a plain-language guide to the world's most powerful production system. Boca Raton: Crc press, 2016.
- DORA, Manoj *et al.* Application of lean practices in small and medium-sized food enterprises. **British Food Journal**, Bingley, v. 116, n. 1, p. 125-141, 2014.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.
- GREENHALGH, Trisha; TAYLOR, Rod. How to read a paper: Papers that go beyond numbers (qualitative research). **The BMJ**, London, v. 315, n. 7110, p. 740-743, 1997.
- HARTWELL, Ronald Max. **The Industrial Revolution and economic growth**. Abingdon: Taylor & Francis, 2017. v. 4.
- HOFMANN, Erik; RÜSCH, Marco. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers in Industry**, Amsterdam, v. 89, p. 23-34, 2017.
- ISLAM, S. M. Riazul *et al.* The internet of things for health care: a comprehensive survey. **IEEE Access**, Piscataway, v. 3, p. 678-708, 2015.
- LASI, Heiner *et al.* Industry 4.0. **Business & information systems engineering**, Wiesbaden, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014.
- LEE, Jay; KAO, Hung-An; YANG, Shanhu. Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. **Procedia Cirp**, Amsterdam, v. 16, p. 3-8, 2014.
- MARTINEZ, F.; JIRSAK, P.; LORENC, M. Industry 4.0. The end Lean Management. **International Days of Statistics and Economics**, Prague, v. 10, p.1189-1197, 2016.
- MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Revista Produção**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.
- MRUGALSKA, Beata; WYRWICKA, Magdalena K. Towards lean production in industry 4.0. **Procedia Engineering**, Amsterdam, v. 182, p. 466-473, 2017.
- NALLUSAMY, S. Lean manufacturing implementation in a gear shaft manufacturing company using value stream mapping. **International Journal of Engineering Research in Africa**, Baech, v. 21, p. 231-237, 2016.

OHNO, Taiichi. **Sistema Toyota de Produção** – Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PEREZ, Carlota. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge journal of economics**, Oxford, v. 34, n. 1, p. 185-202, 2010.

POSADA, Jorge *et al.* Visual computing as a key enabling technology for industrie 4.0 and industrial internet. **IEEE computer graphics and applications**, Piscataway, v. 35, n. 2, p. 26-40, 2015.

RASHID, M. Asif *et al.* ERP-communication framework: Aerospace smart factory & smart R&D campus. **International Journal of Computer Science and Information Security**, Pittsburgh, v. 9, n. 7, p. 116, 2011.

ROESCH, Sylvia Maria Azevedo; BECKER, Grace Vieira; MELLO, Maria Ivone de. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. São Paulo: Atlas, 2000.

ROJKO, Andreja. Industry 4.0 concept: background and overview. **International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)**, Wien, v. 11, n. 5, p. 77-90, 2017.

SANDERS, Adam; ELANGESWARAN, Chola; WULFSBERG, Jens P. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)**, Terrassa, v. 9, n. 3, p. 811-833, 2016.

SAVINO, M. M.; MAZZA, A. Kanban-driven parts feeding within a semiautomated O-shaped assembly line: a case study in the automotive industry. **Assembly Automation**, Bingley, v. 35, n. 1, p. 3-15, 2015.

SCHEER, A. W. Industry 4.0: from vision to implementation. **Whitepaper** - AWS-Institute, Saarbrücken, n. 9, 2015.

SHAH, Rachna; WARD, Peter T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of operations management**, Hoboken, v. 25, n. 4, p. 785-805, 2007.

SHINGO, Shigeo. **Sistema Toyota de Produção** – do ponto de vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SPATH, Dieter *et al.* Cyber-physical system for self-organised and flexible labour utilisation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION RESEARCH (ICPR 22), 22., 2013, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Fapesp, 2013.

STRANDHAGEN, Jan Ola *et al.* Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. **Advances in Manufacturing**, Basel, v. 5, n. 4, p. 359-369, 2017.

TEMPLE, N. The smart factory and the converging roles of IT, production and engineering. In: SMART IoT, 2016, London. **Performer [...]**. London: ExCel, 2016.

VALDEZA, André Calero *et al.* Reducing complexity with simplicity-usability methods for industry 4.0. In: TRIENNIAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION, 19., 2015, Melbourne. **Proceedings [...]**. Melbourne: IEA, 2015. p. 14.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 11 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

VIDOR, Gabriel *et al.* Critical characteristics for the implementation of mass-customized services. **European Business Review**, Bingley, v. 27, n. 5, p. 513-534, 2015.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **The machine that changed the world**. New York: Simon and Schuster, 1990.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZEZULKA, František *et al.* Industry 4.0–An Introduction in the phenomenon. **IFAC-PapersOn-Line**, Amsterdam, v. 49, n. 25, p. 8-12, 2016.