



LEAN MANUFACTURING COMO BASE PARA IMPLANTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS EMERGENTES NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

*Lean Manufacturing as a basis for implementing emerging technologies in the
context of Industry 4.0*

Bruna Silva Porto¹

Graduanda em Administração pela UniEVANGÉLICA - GO.

Paulo Roberto V. Almeida²

Orientador (a) do Trabalho de Conclusão de Curso da UniEVANGÉLICA – GO.

¹ Bruna Silva Porto – Bacharelanda no curso de Administração pelo Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Brasil. E-mail: bruna_-porto@hotmail.com

² Paulo Roberto V. Almeida – Professor do curso de Administração do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Brasil. E-mail: paulo.almeida@docente.unievangelica.edu.br

RESUMO

Em 2011, o governo alemão apresentou um novo termo, a chamada Indústria 4.0, caracterizada pelo surgimento de tecnologias disruptivas de automação capazes de remodelar a cadeia global de valor. Este trabalho tem o objetivo de analisar se o *Lean Manufacturing* serve como base para a implementação da Indústria 4.0. O artigo explora a relação dos princípios *Lean* com a Indústria 4.0, bem como os benefícios encontrados na junção dos dois conceitos. Para tanto, é necessário identificar como o *Lean Manufacturing* pode atuar no processo de adoção das tecnologias da Quarta Revolução Industrial, quais elementos do *Lean* e quais tecnologias da Indústria 4.0 se relacionam entre si e analisar como esses elementos atuam como habilitadores para as tecnologias emergentes da Quarta Revolução Industrial. Realiza-se, então, uma pesquisa qualitativa pautada na revisão da literatura que tem o objetivo de investigar e discutir a literatura existente. Diante disso, verifica-se que o *Lean Manufacturing* suporta a implementação da Indústria 4.0. Neste estudo, são identificados diversos princípios do *Lean* que se relacionam diretamente com tecnologias da Indústria 4.0 e levam a fábrica a resultados significativos dentro de um processo produtivo flexível. O que impõe a constatação de que as empresas podem recorrer ao *Lean* no processo de implementação da Indústria 4.0, pois mudanças puramente tecnológicas podem não gerar ganhos significativos. Para que a empresa obtenha sucesso na implementação da Indústria 4.0, poderá associar as tecnologias disruptivas com os princípios do *Lean Manufacturing*.

PALAVRAS-CHAVE: *Lean Manufacturing*. Indústria 4.0. Automação.

ABSTRACT

In 2011, the German government introduced a new term, the so-called Industry 4.0, characterized by the emergence of disruptive automation technologies capable of reshaping the global value chain. This work aims to analyze whether Lean Manufacturing serves as a basis for the implementation of Industry 4.0. The article explores the relationship between Lean principles and Industry 4.0, as well as the benefits found in combining the two concepts. Therefore, it is necessary to identify how Lean Manufacturing can act in the process of adopting the technologies of the Fourth Industrial Revolution, which elements of Lean and which technologies in Industry 4.0 are related to each other and to analyze how these elements act as enablers for the emerging technologies of Fourth Industrial Revolution. Then, a qualitative research is carried out based on the literature review that aims to investigate and discuss the existing literature. Therefore, it appears that Lean Manufacturing supports the implementation of Industry 4.0. In this study, several Lean principles are identified that are directly related to Industry 4.0 technologies and lead the plant to significant results within a flexible production process. This imposes the realization that companies can resort to Lean in the process of implementing Industry 4.0, as purely technological changes may not generate significant gains. For the company to be successful in implementing Industry 4.0, it will be able to associate disruptive technologies with the principles of Lean Manufacturing.

KEYWORDS: Lean Manufacturing. Industry 4.0. Automation.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história o trabalho e o modo de produção vêm passando por diversas modificações. A cada momento surgem novas ideias, novas ferramentas e novas tecnologias, que buscam a otimização do trabalho e dos recursos, além da melhoria da qualidade na produção.

Em meados do século XVIII, ocorreu a Primeira Revolução Industrial na qual os processos manuais passaram a ser realizados por máquinas a vapor. Além do avanço na indústria têxtil, outros produtos como papel, couro e tijolos também sofreram mudanças em seu modo de fabricação, nesta ocasião foram implementadas as primeiras indústrias com fabricação em grande escala (SILVA, 2018; MORAIS; MONTEIRO, 2019).

Já na metade do século XIX, deu-se início à Segunda Revolução Industrial, nesse período, a energia elétrica surgiu e como resultado se deu a origem dos motores elétricos. A produção passou a ser mais rápida, possibilitando a implementação do primeiro sistema de produção em linha (MORAIS; MONTEIRO, 2019).

No final da Segunda Guerra Mundial, por volta de 1945, deu-se início à Terceira Revolução Industrial, que trouxe novas tecnologias de comunicação, diversas inovações eletrônicas, a automação, implantação de sistemas robotizados e computadores nas indústrias, além da criação da rede de internet (MORAIS; MONTEIRO, 2019).

Atualmente, estamos vivenciando uma nova revolução, a chamada indústria 4.0, que se caracteriza pela conexão das mais diversas tecnologias, permitindo a interação de maneira inteligente entre sistemas, máquinas e pessoas. A indústria 4.0 torna possível a personalização em massa e a reformulação dos atuais processos produtivos (SCHWAB, 2016).

De acordo com Schwab (2016), a Quarta Revolução Industrial pode ser descrita como um conjunto de diversas tecnologias que abrangem os campos físicos, digitais e biológicos. Essas tecnologias não são apenas um vislumbre do futuro, elas já são reais e o grande desafio para as indústrias está no sucesso da implantação e principalmente na consolidação dessas tecnologias.

Um estudo realizado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI mostrou que os impactos das tecnologias da quarta revolução industrial no

Brasil poderiam gerar uma economia de R\$73 bilhões por ano no país (FETTERMANN, 2020). Isso mostra o quanto se faz necessária a adoção dessas tecnologias pelas indústrias brasileiras.

De acordo com Igor Calvet, presidente da ABDI, para as indústrias nacionais ainda existem alguns obstáculos a serem enfrentados para que o emprego dessas tecnologias ocorra. Calvet destaca três principais dificuldades: alto custo na aquisição das tecnologias, demora no retorno dos investimentos, e necessidade de reestruturação de culturas que não se adaptam facilmente a mudanças (FETTERMANN, 2020).

Para este novo cenário, o autor Carvalho (2018) sugere que as organizações deverão integrar pessoas, processos e tecnologias, visto que a quarta revolução industrial terá um importante papel na modificação dos atuais processos produtivos. Neste contexto, os gestores deverão repensar sobre os processos de modo a aperfeiçoar as três principais forças da organização através de um ponto de vista sócio técnico e, desta forma, garantir o alcance de resultados.

De acordo com Moraes e Monteiro (2019), a indústria 4.0 trata do surgimento de novos modelos de negócios em que há um crescimento exponencial no uso de tecnologias digitais e pela interconexão e comunicação entre máquinas, pessoas e recursos.

Na visão de Venturelli (2014) a Quarta Revolução Industrial é capaz de fornecer uma série de benefícios para o setor industrial, dentre eles vale destacar a possibilidade de minimizar os custos, reduzir erros, acabar com desperdícios e a personalização e escala sem precedentes. De acordo com esse cenário, Rodrigues (2016) afirma que a filosofia *Lean* fornece meios para que as indústrias possam atingir melhores resultados em seus processos através da redução de desperdícios.

Souza (2018) destaca que além da redução de desperdícios, o *Lean* também busca o aumento da qualidade dos produtos, serviços, processos, melhora a produtividade e reduz os custos nas operações. Fazer um mapeamento da situação industrial focado no pensamento *Lean* é o primeiro passo da transição para a indústria 4.0.

Sendo assim, a necessidade de analisar como o *Lean Manufacturing* pode contribuir no processo de adoção das tecnologias disruptivas da indústria 4.0 foi o problema que motivou essa pesquisa, visto que o processo de transição requer um alto investimento e antes de realizar a implantação das tecnologias emergentes

dessa quarta revolução industrial, torna-se necessário redefinir os processos, a estrutura e a cultura da empresa de forma eficiente.

A partir deste cenário, o objetivo geral deste trabalho é analisar a relação do *Lean Manufacturing* com a indústria 4.0, bem como os benefícios encontrados na junção dos dois conceitos. Quanto aos objetivos específicos, o presente artigo pretende identificar como o *Lean Manufacturing* pode atuar no processo de adoção das tecnologias da quarta revolução industrial, quais elementos do *Lean Manufacturing* e quais tecnologias da indústria 4.0 se relaciona entre si e como esses elementos atuam como habilitadores para as tecnologias emergentes da quarta revolução industrial.

Para este trabalho, por meio de uma pesquisa qualitativa, foi empregado método de revisão da literatura, que se deu através da utilização de artigos obtidos a partir da base de dados do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão abordados os principais pontos e consequências que as revoluções industriais predecessoras ocasionaram para a humanidade. Também serão apresentados os conceitos da indústria 4.0, bem como suas principais características e impactos. Conjuntamente será conceituado o tema *Lean Manufacturing* e, por fim, serão apresentados os resultados do estudo elencando os benefícios do *Lean Manufacturing* no processo de introdução das tecnologias da indústria 4.0.

2.1 Histórico da Revolução Industrial

2.1.1 Primeira Revolução Industrial

A trajetória da humanidade é marcada por profundas transformações nos setores econômicos, políticos e sociais à medida que surgem novas tecnologias promovendo uma importante revolução. Para Brito e Garrote (2015), o setor industrial é responsável pelo avanço econômico de diversos países.

Iniciada na Inglaterra no século XIII, uma série de invenções substituíram paulatinamente os métodos de produção artesanal por máquinas e ferramentas, que por consequência foram responsáveis pela desvalorização e posteriormente pela substituição dos trabalhos de esforço manual (COSTA, 2017; BECKER *et al.*, 2018; SILVA, 2018).

A Primeira Revolução Industrial foi marcada principalmente pela criação do motor a vapor. Neste período, houve a exploração de biocombustíveis como o carvão, de modo a servir como fonte de energia para as máquinas de motor a vapor, dessa forma, uma única máquina era capaz de desempenhar a força de muitos homens (COSTA, 2017; SILVA, 2018).

Morais e Monteiro (2019) destacam que a indústria têxtil alcançou um posicionamento importante na economia da época, o setor foi o que obteve maiores ganhos com a mecanização e a criação da lançadeira rápida de *tear*. A indústria siderúrgica também foi de grande importância para essa revolução.

A extração do minério de ferro contribuiu de maneira significativa para os avanços tecnológicos da época. O melhoramento de máquinas, criação de ferramentas, construção de pontes foram conquistas importantes do setor siderúrgico, entretanto, para Dezordi (2008), a construção das ferrovias foi uma operação imprescindível para o setor siderúrgico.

O crescimento econômico da época só foi possível devido a grande quantidade de pessoas que deixaram o trabalho no campo para trabalhar na cidade, em virtude do cerceamento e da imposição feita pelos produtores maiores, conforme Camelo e Bezerra (2016, p. 146), “esses camponeses que estavam saindo do campo e indo para as cidades buscavam emprego e melhores condições de vida e estes viriam a ser os proletários, no caso os futuros operários das fabricas”.

A Primeira Revolução Industrial provocou uma vasta transformação na sociedade e na economia mundial. Com o surgimento das ferrovias a economia atingiu a escala global, criaram-se divisões de trabalho e a qualidade de vida da Europa aumentou. Segundo Drucker (1999), neste momento a população pela primeira vez pode ir e vir e expandir seus horizontes.

2.1.2 Segunda Revolução Industrial

Entre os séculos XIX e XX, na Segunda Revolução Industrial o mundo foi beneficiado por novas transformações tecnológicas, dessa vez a geração da energia elétrica, a criação dos motores elétricos, a invenção de meios de comunicação mais eficientes, a transformação do ferro em aço e os avanços na indústria de produtos químicos são apenas alguns dos diversos progressos dessa revolução (DATHEIN, 2003; MORAIS; MONTEIRO, 2019).

Dathein (2003) e Souza (2018) afirmam que os modelos de produção foram novamente redesenhados, surgiram linhas de montagem e as esteiras rolantes. O modelo de produção em massa denominado de “fordismo” objetivava uma produção intensificada com o menor tempo e o mínimo de custos possíveis.

2.1.3 Terceira Revolução Industrial

Tendo seu início já na segunda metade do século XX, a Terceira Revolução Industrial, conhecida como Revolução Digital ou ainda Revolução Técnico-Científica é retratada pelas inovações da tecnologia da informação, da eletrônica, da robótica e da automação. De acordo com Souza (2018), essa revolução foi marcada pelo período pós-guerra no qual a incansável procura por novas tecnologias significava proteção de possíveis ataques.

Diferente das revoluções anteriores, as tecnologias na área da robótica, circuitos eletrônicos, telecomunicação, informática, genética, biotecnologia e inúmeras outras que emergiram dessa revolução demandaram de uma mão de obra mais qualificada tanto na produção quanto em áreas de administração, financeira, comercial e de propaganda (SILVA, 2018).

As três revoluções industriais abordadas até aqui não só criaram diversas máquinas, ferramentas e tecnologias, como também foram fundamentais para o surgimento de diferentes setores. O capitalismo também é fundamentado por estágios e neste sentido, Souza (2018) afirma que ele se modificou com o tempo.

Antes, no capitalismo comercial da era da manufatura, os artesãos tinham suas riquezas geradas a partir do que se produzia para vender. A partir da época da maquinofatura e entre a primeira e a segunda revolução, ocorreu uma evolução do capitalismo industrial, nele as riquezas vinham das indústrias. Já o capitalismo financeiro teve sua fase evolutiva com o advento da terceira revolução e ainda perdura no limiar da Quarta Revolução Industrial (SOUZA, 2018).

2.2 Os Impactos da Revolução 4.0

A Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial é definida por um composto de inovações tecnológicas capazes de conectar sistemas físicos e virtuais proporcionando a interação destes sistemas de maneira autônoma. O termo foi apresentado pelo governo alemão em 2011, na Feira de Hannover, e sugere o aumento da produtividade por um sistema automatizado e com menor intermédio de ações externas e uma remodelação da cadeia global de valor (MORAIS; MONTEIRO, 2019).

Esta nova etapa vivenciada pela indústria possibilita o comando descentralizado dos processos de fabricação utilizando tecnologias de integração entre sistemas computacionais e de comunicação que se relacionam de maneira autônoma. A Indústria 4.0 propõe o uso de sistemas ciber-físicos (CPS *Cyber-Physical System*). O CPS permite a conectividade do real com o virtual e a troca simultânea de dados.

De acordo com Costa (2017, p. 9), o “Cyber-Physical Systems (CPS) são sistemas que integram computação, redes de comunicação, computadores embutidos e processos físicos interagindo entre si e influenciando-se mutuamente”. Morais e Monteiro (2019) afirmam que as fábricas inteligentes possibilitam a interação entre máquinas, produtos e pessoas através da internet. Neste sentido, os sistemas produtivos terão respostas mais rápidas e com autonomia quanto à tomada de decisões.

Além do uso dos CPSs, a Quarta Revolução Industrial se baseia em outras tecnologias fundamentais como a Internet das coisas (*IoT – Internet of Things*) e a *Big Data Analytics*. Essa junção de tecnologias propicia às indústrias não só mudanças exponenciais no processo produtivo, mas também em toda a cadeia de valor, indo da produção ao pós-venda.

Segundo Silva (2018, p. 33), “o impacto esperado na produtividade da indústria é comparável ao que foi proporcionado pela internet em diversos outros campos, como no comércio eletrônico, nas comunicações pessoais e nas transações bancárias”, entretanto, o advento da indústria 4.0 demanda a devida importância para outros setores que também experimentarão as influências dessa

revolução. Para Schwab (2016) esses impactos serão sentidos tanto na economia, assim como na política, na sociedade e nas organizações.

No que tange o cenário econômico, os autores Schwab (2016) e Tadeu e Santos (2016) apontam que grandes transformações serão percebidas, principalmente, nas variáveis macroeconômicas como o PIB, o mercado de investimentos, a forma de consumo, o mercado de trabalho, o comércio em geral e na inflação. De acordo com uma pesquisa realizada pelo Boston Consulting Group (2015), na Alemanha, a indústria 4.0 será responsável pelo crescimento da receita adicional em 30 bilhões de euros por ano, o equivalente a 1% do PIB do país.

Com relação ao quadro político, a Quarta Revolução Industrial exige que a Administração Pública estabeleça novas diretrizes e novas estratégias para se adaptar as mudanças futuras. Sendo assim, nas palavras de Schwab (2016, p. 75) “os governos – em colaboração com a sociedade civil e empresarial – precisam criar regras, pesos e contrapesos para manter a justiça, a competitividade, a equidade, a propriedade intelectual inclusiva, a segurança e a confiabilidade”.

Para Schwab (2016) as mudanças na economia, política e empresas ocasionadas pela indústria 4.0 naturalmente evidenciam os impactos que a sociedade irá vivenciar. Todavia, um dos impactos de maior significância para a sociedade serão as mudanças ocorridas na natureza do trabalho, nas competências e na empregabilidade. A princípio, a automação extinguirá uma quantia significativa dos postos de trabalho, sobretudo os trabalhos mecânicos, repetitivos, manual e de precisão (BCG, 2015; SCHWAB, 2016).

Em um estudo realizado pelos pesquisadores Frey e Osborne (2013), 47% dos empregos dos EUA estão incluídos em uma categoria de alto risco podendo ser substituído por tecnologias de automação em alguns anos. Por outro lado, à medida que alguns postos serão extintos, muitos outros serão criados. Conforme cresce o uso das novas tecnologias haverá a demanda para novas ocupações e, portanto, novas competências são exigidas (TADEU; SANTOS, 2016).

A Quarta Revolução Industrial vai impactar as organizações em todos os aspectos possíveis. Neste cenário, as indústrias terão um aumento exponencial na produtividade, na qualidade, na distribuição, na tomada de decisões, em suma, as mudanças ocorrerão em toda a cadeia produtiva, desde o início do processo até o pós-venda (COELHO, 2016; SOUZA, 2018; TADEU; SANTOS, 2016).

A otimização dos processos será possível graças ao uso de tecnologias como IoT e os CPs, a conexão em tempo real possibilita um modelo produtivo sustentável, eficiente e com custos menores. A Quarta Revolução Industrial também possibilita a criação de novos modelos de negócios, novos produtos e a customização econômica de produtos e serviços. As novas tecnologias também irão influenciar a demanda dos consumidores, que passarão a ser mais exigentes e ditarão um novo padrão de consumo (BUHR, 2015; SOUZA, 2018).

2.3 Lean Manufacturing

Em meados de 1949, Taiichi Ohno fundou o Sistema Toyota de Produção (TPS), trata-se de um conjunto de mecanismos e fundamentos com o propósito de gerir as fabricas de produção da melhor maneira possível. Esse sistema se tornou a base do que hoje é conhecido como *Lean Manufacturing* (EJSMONT et al., 2020).

O pensamento enxuto é descrito por Womack, Jones e Roos (2004) como um método para fazer mais com menos. Os autores sintetizam o pensamento enxuto em cinco fundamentos: valor, cadeia de valor, fluxo, produção puxada e busca pela perfeição.

O *Lean Manufacturing* é um sistema de gestão da produção e tem o enfoque na produção multifacetada, possui uma gama de praticas que levam a indústria ao fluxo simplificado de processo da produção, objetivando principalmente a redução de desperdícios que não agregam valor ao cliente (HABEKOST et al., 2020).

Shah e Ward (2007) realizaram uma extensa pesquisa para definir de maneira conceitual a manufatura enxuta. Os autores destacaram dez dimensões do sistema enxuto: *feedback* do fornecedor; entrega de JIT pelos fornecedores; desenvolvimento do fornecedor; envolvimento do cliente; produção puxada; fluxo contínuo; redução de tempo de configuração; TPM; controle estatístico de processo e envolvimento do funcionário.

Ohono (1997) afirma que para atingir a melhoria na eficiência é necessário identificar os sete desperdícios: superprodução; espera; transporte; movimento; estoque; excesso de processos; produtos defeituosos. O autor afirma que a eliminação destes desperdícios eleva a eficiência na produção.

3 METODOLOGIA

No segundo semestre de 2020 realizou-se uma pesquisa com o intuito de analisar as perspectivas da temática proposta nesse estudo. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica com o objetivo de analisar o que já foi produzido sobre cada um dos assuntos aqui abordados.

Para o momento posterior a pesquisa continuará sendo pautada na pesquisa qualitativa. De acordo com Moreira (2002), a pesquisa qualitativa não é quantificada, nesta abordagem o autor coleta os dados através de textos (oral ou escrito), além de documentos, fotografias, relatórios, etc. e tem o objetivo de traduzir seus significados através da interpretação do autor.

De modo específico, quanto à natureza do estudo, a pesquisa será aplicada. Segundo Correa (2008), a pesquisa aplicada tem o intuito de fornecer conhecimento para uma aplicação prática da ciência, logo, o estudo é classificado como pesquisa aplicada, pois se espera que seus resultados sejam aplicados no processo de implantação das tecnologias emergentes da Quarta Revolução Industrial em sinergia com o *Lean Manufacturing*.

Quanto aos fins, o estudo terá caráter exploratório, segundo Gil (2008, p. 27), “as pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores”.

Este estudo foi realizado por meio do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES), por se tratar de um dos maiores e mais importante banco de dados, onde é possível encontrar um amplo acervo de estudos acadêmicos de nível superior.

Para a pesquisa, foi realizada uma busca avançada com as palavras-chave *Industry 4.0 AND Lean Manufacturing*. A pesquisa foi realizada com o refinamento de periódicos revisados por pares. Os artigos encontrados foram analisados a partir de uma leitura integral para identificar a relação com os objetivos desse estudo.

Quanto aos meios, a pesquisa em questão será caracterizada como pesquisa bibliográfica, através do levantamento de dados já existentes e com maior relevância. Neste modelo o estudo é realizado com base em livros, artigos, revistas, jornais entre outros materiais publicados que podem ser tanto de classificação primária quanto secundária (VERGARA, 2016).

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados a partir de uma revisão da literatura. A revisão da literatura é “um tipo de texto que reúne e discute informações produzidas na área de estudo” (MOREIRA, 2004, p. 22) e tem como objetivo responder a uma pergunta específica.

4.1 Integração do *Lean Manufacturing* e Indústria 4.0

Para Buer, Chan e Strandhagen (2018), o *Lean Manufacturing* e a Indústria 4.0 estão relacionados à gestão descentralizada e tem o objetivo principal de flexibilizar os processos produtivos e gerar ganhos na produtividade. Os autores afirmam em sua pesquisa que ainda são escassos os estudos relacionando os dois campos. Portanto, este estudo pretende investigar por meio de revisão da literatura, como o *Lean Manufacturing* pode operar em favor das tecnologias emergentes da indústria 4.0, bem como a relação entre os dois conceitos.

O *Lean Manufacturing* emergiu a partir do Sistema Toyota de Produção, desenvolvido por Taiichi Ohno, e tem como princípio a eliminação total de desperdício, e os dois pilares que sustentam esse sistema são o Just in Time (JIT), e a Automação (OHNO, 1997).

De acordo com Sanders, Elangeswaran e Wulfsberg (2016), o *Lean Manufacturing* ou manufatura enxuta consiste em uma série de procedimentos adotados pelas organizações, a fim de conquistar uma significativa melhora na produtividade, além da redução de custos.

Para Mrugalska e Wyrwicka (2017), trata-se de um sistema de melhoria contínua e visa o fazer mais (no sentido de criar valor) com menos (reduzir tempo, capital, esforço, estoques, etc.). Esses conceitos são fundamentais para os processos produtivos de uma indústria e a Indústria 4.0 pode proporcionar um progresso significativo neste domínio.

Conforme dito por Ohno (1997), o princípio do Sistema Toyota de Produção é a eliminação total de desperdício. O autor afirma que os dois pilares do Sistema Toyota de Produção, também encontrados no *Lean Manufacturing*, o *Just in Time*

(JIT) e a automação são fundamentais para os processos produtivos de uma indústria.

Em um processo produtivo, o JIT entrega apenas o necessário para a produção, na quantidade e no momento necessário evitando desperdícios e produção desnecessária de componentes (OHNO, 1997). De acordo com Sanders, Elangeswaran e Wulfsberg (2016), atualmente, vários problemas de logística impedem que o *Just in Time* ocorra com eficácia. Para os autores, nesta circunstância a partir do uso da Internet das Coisas é possível gerenciar as informações de transporte dos produtos, utilizando um sistema com dispositivos integrados de comunicação.

A automação significa que máquinas inteligentes são capazes de identificar anormalidades na produção e parar automaticamente, evitando a fabricação de produtos defeituosos. A indústria 4.0 também se baseia no emprego do *Cyber Physical Systems* (CPS), que diz respeito ao uso de internet e tecnologias aliadas e orientadas para o futuro, além de sistemas inteligentes elaborados para a interação homem-máquina (SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; HABEKOST et al., 2020). O emprego do CPS permite que as máquinas se tornem inteligente, favorecendo a automação (BUER; CHAN; STRANDHAGEN, 2018).

Conforme Sanders, Elangeswaran e Wulfsberg (2016), fábricas inteiramente autônomas, sem nenhuma intervenção humana, fazem parte de uma realidade improvável. Contudo, esta ideia de fábrica do futuro deu lugar ao que hoje é conhecida como automação enxuta. Trata-se do emprego de tecnologias de automação e robótica a fim de alcançar o *Lean Manufacturing*.

Dombrowski, Richter e Krenkel (2017) relacionaram 15 estudos onde os autores declaram que existe uma correlação entre o *Lean* e a Indústria 4.0.

Tabela 1 - Correlacionando o Lean Manufacturing e a Indústria 4.0

ARTIGO	DECLARAÇÃO	Lean como base de 4.0	4.0 completa Lean	4.0 aumenta eficiência enxuta	Princípios Lean estão mudando
Bauernhansl, T.: Die Vierte Industrielle Revolution - Der Weg in ein wertschaffendes	<ul style="list-style-type: none"> TPS (Toyota Production System) e 4.0 não se contradizem. GPS como base do Smart 	X	X		X

Produktionsparadigma.	Factory com a dimensão da rede.				
Becker, K.-D.: Arbeit in der Industrie 4.0 - Erwartungen des Instituts für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. Industrie 4.0 als Chance für die Wettbewerbsfähigkeit von Arbeit.	<ul style="list-style-type: none"> • CPS (Cyber-Physical systems) elevam a eficiência do Lean. • GPS como pré-condição para implementação eficiente de 4.0. 	X			
Bick, W.: Warum Industrie 4.0 und Lean zwingend zusammengehören. “Man kann auch schlechte Prozesse digitalisieren”.	<ul style="list-style-type: none"> • Dois conceitos com o mesmo propósito. • 4.0 usa Lean como base e se estabelece em suas bases. 	X		X	
Dombrowski, U.; Richter, T .; Ebentreich, D .: Auf dem Weg in die vierte industrielle Revolution. Ganzheitliche Produktionssysteme zur Gestaltung der Industrie-4.0 Architektur.	<ul style="list-style-type: none"> • Lean e 4.0 são adaptáveis e compatíveis. • 4.0 como abordagem técnica é viável apenas com Lean como base. 	X	X		X
Döppler, Karl Heinz - Herausgeber Lean Magazin: Lean 4.0 - das Unternehmen der Zukunft!	<ul style="list-style-type: none"> • O sucesso do 4.0 depende da experiência dos funcionários com o Lean. • Usa o termo “Lean 4.0” 	X			
Gepro mbH: Industrie 4.0 und Lean: Ein Widerspruch?	<ul style="list-style-type: none"> • Se o Lean não é a base do 4.0 é uma nova edição do CIM. • Nomeia “Smart Lean” como uma tentativa da empresa. 	X			
Hasse, Ferdinand - Phoenix Contact GmbH & Co.: Lean encontra Industrie 4.0.	<ul style="list-style-type: none"> • 4.0 expande as ferramentas do Lean. • “4.0 acelera o Lean”. 			X	
Hofmann, J.: Lean atende Industrie 4.0.	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagens diferentes com os mesmos resultados. • Processos ruins não podem ser automatizados com sucesso. 	X	X		
Höth, H.-G. m.: Industrie 4.0 versus Produktionssystem.	<ul style="list-style-type: none"> • 4.0 não é uma contradição com Lean. • CPS acelera a filosofia de Lean. 		X	X	
IFP: Industrie 4.0: Ein Schlagwort eingeordnet em das Weltbild der Schlanke	<ul style="list-style-type: none"> • 4.0 leva a uma mudança abrangente dos princípios Lean 				X

Produktion.					
Kolberg, D.; Zühlke, D.: Automação Enxuta habilitada pela Industry 4.0 Technologies.	<ul style="list-style-type: none"> • 4.0 é a reencarnação da automação Lean. • Até Ohno pensou em automação. 		X		
Netland, Torbjørn H. - Indústria 4.0: Onde fica o lean?	<ul style="list-style-type: none"> • 4.0 apoia e aumenta o objetivo do Lean. Alguns princípios do Lean podem se tornar menos importantes. 	X			X
Soder, J.: Use Case Production: Von CIM über Lean Production zur Industrie 4.0.	<ul style="list-style-type: none"> • O Perfect Lean deve ser combinado com o 4.0. 	X			
Spath, D. et al. Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0.	<ul style="list-style-type: none"> • Não há conflito sério entre 4.0 e produção enxuta, eles são capazes de se complementar, mas não são semelhantes. 		X		X
Zuehlke, D.: Smart Factory - Towards a factory-of-things.	<ul style="list-style-type: none"> • Não engorde as coisas, pense enxuto! "Crie e use tecnologias enxutas agora, como você criou uma organização enxuta antes!" • 4.0 também segue o princípio de evitar desperdícios. 	X			

Fonte: Adaptado de Dombrowski, Richter, Krenkel (2017).

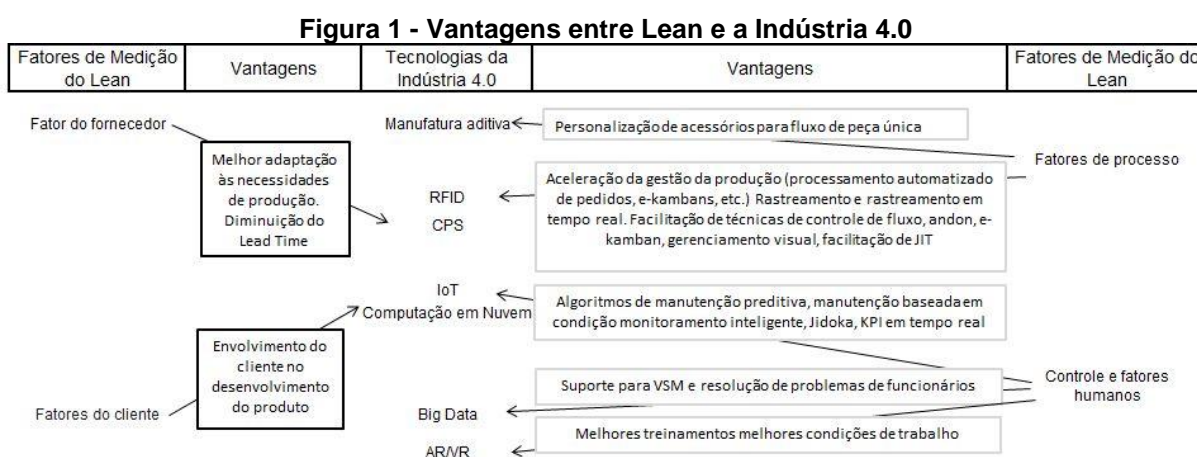
Esta revisão da literatura deixa evidente que o *Lean* fornece a base necessária para implementação da Indústria 4.0, além disso, as tecnologias da Quarta Revolução Industrial complementam o *Lean* de forma a aumentar sua eficiência.

Em seu estudo, os autores Dombrowski, Richter e Krenkel (2017) analisaram 260 casos de uso da Indústria 4.0 e suas conexões com o *Lean*, os autores identificaram que em 84 casos de uso as tecnologias da computação em nuvem podem ser empregadas para efeito do princípio *Lean* em redução de desperdícios, em 68 casos de uso, essas mesmas tecnologias se relacionam também com a produção puxada e em 33 casos elas se associam ao princípio do defeito zero. De acordo com a pesquisa, os autores afirmam que em associação aos fundamentos do *Lean*, a computação em nuvem é uma tecnologia indispensável.

Sanders, Elangeswaran e Wulfsberg (2016) realizaram um estudo sobre as diversas dimensões do *Lean Manufacturing* que podem ser agrupadas em quatro elementos principais: a) fatores do fornecedor; b) fator do cliente; c) fatores de

processos e d) controle e fatores humanos. Os autores identificaram 23 obstáculos para a implementação do *Lean* e elaboraram soluções para esses obstáculos, baseadas na Indústria 4.0 e concluíram que as tecnologias da Quarta Revolução Industrial facilitam o *Lean*, pois elimina esforços massivos em reduzir custos, uma fábrica enxuta consegue eliminar desperdícios e conseqüentemente diminuir os custos operacionais.

Ejsmont et al. (2020) destacaram algumas vantagens que podem ser obtidas através da sinergia entre o *Lean Manufacturing* e a Indústria 4.0.



Fonte: Adaptado de Ejsmont et al. (2020).

Sony (2018) apresenta em três modelos de integração da Indústria 4.0 e propõe cinco princípios do *Lean* como etapas da integração. A Integração Horizontal diz respeito à parceria entre diferentes organizações dentro da cadeia de suprimentos para levar valor agregado ao consumidor final. A Integração Vertical, através da digitalização, elabora um sistema de produção flexível com integração de subsistemas hierárquicos com intuito de alcançar os objetivos estratégicos. Já a Integração de Engenharia de ponta a ponta envolve toda a cadeia de valor do produto com o objetivo de viabilizar sua customização.

O autor sugere que cada integração da Indústria 4.0 seja orientada por cinco passos baseados nos princípios *Lean* de identificar valor para o cliente; mapear o fluxo de valor dos produtos/serviços; facilitar o fluxo removendo gargalos; sistema puxado e buscar a perfeição. Ainda segundo Sony (2018), as integrações da Indústria 4.0, se orientadas pelos princípios *Lean*, alcançarão um sistema flexível de respostas rápidas a mudanças futuras. Sendo assim, de acordo com o autor, os princípios *Lean* servem como base para a implementação da Indústria 4.0.

Buer, Chan e Strandhagen (2018) afirmam que o Lean Manufacturing sustenta a implementação da Indústria 4.0, de acordo com os autores, uma fábrica com suas bases estabelecidas na filosofia Lean, pode facilmente automatizar seus processos. Por conseguinte, fábricas de manufatura enxuta tendem a migrar naturalmente para a automação enxuta.

A revisão da literatura aponta que o *Lean Manufacturing* suporta a implementação da Indústria 4.0 além de servir como um orientador para as tecnologias disruptivas desta nova revolução industrial. As indústrias que já operam com os princípios *Lean* terão maior facilidade em modelar seus processos para implementar a Indústria 4.0.

Apesar de se tratar de conceitos opostos, o *Lean Manufacturing* e a Indústria 4.0 possuem objetivos em comum. Tanto o *Lean* quanto a Indústria 4.0 buscam a redução de desperdício, gerar ganhos na produtividade, eliminar defeitos, agregar valor ao cliente, etc. Ademais, os dois conceitos possuem uma gestão descentralizada, com processos orientados para o futuro.

O *Lean Manufacturing* pode ser considerado uma base introdução da Indústria 4.0. O *Lean* atua como um orientador no processo de implementação dos modelos de integração da Indústria 4.0, levando a indústria ao alcance de um sistema flexibilizado e de resposta rápida para mudanças futuras.

No princípio *Lean*, os fatores dos fornecedores pode ser relacionado com RFID, IoT, CPS e computação em nuvem. Essas tecnologias da Indústria 4.0, melhoram a troca de informação e *feedback* entre fornecedores, fábricas e clientes. Elas também fornecem dados relevantes para otimizar as necessidades de produção.

O fator do cliente consiste em envolver o cliente no processo de desenvolvimento do produto. A Indústria 4.0 possibilita esse envolvimento através das *IoT*, *Big Data* e computação em nuvem. Essas tecnologias colaboram para que a empresa tenha um melhor entendimento das necessidades dos clientes e, conseqüentemente, alcancem a manufatura enxuta.

Nos fatores de produção, a produção puxada pode ser otimizada através do uso de CPS e RFID, essas tecnologias otimizam o monitoramento de produtos acabados, possibilitam o rastreamento em tempo real. O tradicional sistema de cartões Kanban é migrado para o e-kanban, um sistema automatizado com

tecnologia de informação e comunicação e, conseqüentemente, melhora o fluxo de produção. O uso de Internet das coisas simplifica o *Just in Time*.

O controle e fator humano leva em consideração a manutenção produtiva e preventiva total. Informações sobre falhas em máquinas ligadas a sistemas de informação e comunicação chegam diretamente para o responsável pela manutenção. O uso de CPS informa em tempo real as necessidades de manutenção, o uso de VR e AR aperfeiçoa o trabalho dos funcionários.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do que foi exposto neste estudo, fica claro os inúmeros indicativos de que a sociedade está vivenciando uma nova revolução industrial. É possível afirmar que assim como as três primeiras revoluções ocasionaram grandes impactos nas organizações, na quarta revolução não será diferente.

Compreender as novas tecnologias emergentes e suas aplicabilidades é relevante para que as organizações se modifiquem e não fiquem para trás em um mercado tão competitivo e exigente. Ainda sobre a compreensão das novas tecnologias, os atores interessados em participar dessa nova revolução deverão inicialmente realizar uma análise sobre a situação atual da indústria como um todo, uma vez que incrementar tecnologias de alto custo sem avaliar a real necessidade pode ter conseqüências negativas, tais como a perda de capital, desequilíbrio do clima organizacional, perda no valor entregue aos clientes, etc.

O estudo mostra que o *Lean Manufacturing* atua como base para a implementação das tecnologias disruptivas da Indústria 4.0, além de fornecer uma visão clara de como o *Lean* pode guiá-las para a automação enxuta. Apesar de diferentes, os dois conceitos levam ao mesmo objetivo.

O *Lean Manufacturing*, assim como a Indústria 4.0, tem o objetivo de reduzir desperdícios, aumentar a qualidade e a produtividade. Ambos fazem parte de um sistema de produção flexibilizado que busca a melhoria contínua. Ademais, é esperado que o presente trabalho possa contribuir para a discussão e aplicação de resultados na gestão futura.

REFERÊNCIAS

- BECKER, A. *et al.* Os conceitos da indústria 4.0 associados a abordagem da capacidade dinâmica. **Anais da Engenharia de Produção**, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 123–136, 2018. Disponível em: <https://uceff.edu.br/anais/index.php/engprod/article/view/203>. Acesso em: 10 abr. 2020.
- BOSTON CONSULTING GROUP. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. Disponível em: https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx. Acesso em: 4 mai. 2020.
- BRITO, E. C.; GARROTE, A. J. S. Industrialização, Política Industrial e Crescimento Econômico: uma discussão teórica. **Revista de Iniciativa Eletrônica**, [S.l.], v. 2, n. 2, 2015. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/iniciativa/article/view/8068>. Acesso em: 17 mai. 2020.
- BUER, S.-V.; STRANDHAGEN, J. O.; CHAN, F. T. The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: Mapping current research and establishing a research agenda. **Journal of Production Research**, [S.l.], v. 56, n. 8, p. 2924-2940, 2018.
- BUHR, D. **Social Innovation Policy for Industry 4.0**. Friedrich-Ebert Stiftung, 2015. Disponível em: <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/11479.pdf>. Acesso em 12 mai. 2020.
- CAMELO, P.; BEZERRA, R. A revolução industrial, a modificação do espaço rural e a cultura de paz: uma experiência em sala de aula. **Revista Rural e Urbano**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 143–150, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/ruralurbano/article/view/241017>. Acesso em: 12 mai. 2020.
- CARVALHO, A. R. D. S. **Abordagem Sociotécnica da Indústria 4.0**. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, XV., 2018. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos18/9026112.pdf>. Acesso em: 21 set 2020.
- COELHO, P. M. N. Rumo à Indústria 4.0. **ESTUDO GERAL Repositório Científico da Universidade de Coimbra**, p. 65, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/36992>. Acesso em: 14 abr. 2020.
- CORRÊA, L. N. (Ed.). **Metodologia Científica: Para trabalhos acadêmicos e artigos científicos**. Florianópolis: [s.n], 2008.
- COSTA, C. Indústria 4.0: o futuro da indústria nacional. **POSGERE - Pós-Graduação em Revista**, São Paulo, set 2017. 5-14. Disponível em: <http://seer.spo.ifsp.edu.br/index.php/posgere/article/view/82>. Acesso em: 10 abr. 2020.

DATHEIN, R. Inovação e Revoluções Industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX. **DECON/UFRGS**, Porto Alegre, fev 2003. Disponível em: <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/artnoveau/docs/revolucao.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.

DEZORDI, L. L. A Primeira Revolução Industrial e o Pensamento de Adam Smith. *In*: DEZORDI, L. L. **Fundamentos de Economia**. Curitiba : IESDE Brasil S.A, 2008. p. 17-24. Disponível em: <http://www2.videolivrraria.com.br/pdfs/9692.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

DOMBROWSKI, U.; RICHTER, T.; KRENKEL, P. Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems - a use cases analysis -. **Procedia Manufacturing**, Germany, v. 11, p. 1061-1068, 2017.

DRUCKER, P. F. Beyond the Information Revolution. **The Atlantic**, 1999. Disponível em: <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/1999/10/beyond-the-information-revolution/304658/>. Acesso em: 14 abr. 2020.

EJSMONT, K. et al. Towards 'Lean Industry 4.0' – Current trends and future perspectives. **Cogent Business & Management**, [S. l], v. 7, n. 1, p. 1-32, 2020.

FETTERMANN, P. Indústria 4.0 - Uma Jornada de Transformação da Indústria. **ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial**, 2020. Disponível em: <https://abdi.com.br/postagem/industria-4-0-uma-jornada-de-transformacao-da-industria>. Acesso em: 17 out 2020.

FREY, C. B.; OSBORNE, M. The Future of Employment. **Oxford Martin Programme on Technology and Employment**, Oxford, 2013. 78. Disponível em: <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/publications/the-future-of-employment/>. Acesso em: 16 mai. 2020.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HABEKOST, A. F. et al. A indústria 4.0 como potencializadora das práticas da manufatura enxuta. **REP - Revista de Engenharia de Produção**, Campo Grande, v. 1, n. 1, p. 61-73, 2020.

MORAIS, R. R. D.; MONTEIRO, R. **Industria 4.0: Impactos na gestão de operações e logística**. São Paulo: Mackenzie, 2019.

MOREIRA, D. A. **O Método Fenomenológico na Pesquisa**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.

MOREIRA, W. Revisão de Literatura e Desenvolvimento Científico: conceitos e estratégias para confecção. **Janus**, Lorena, v. 1, n. 1, p. 21-30, 2004. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/19/o/Revis__o_de_Literatura_e_desenvolviment_o_cient__fico.pdf. Acesso em: 18 out. 2020.

MRUGALSKA, B.; WYRWICKA, M. K. Towards Lean Production in Industry 4.0. **Procedia Engineering**, Poznan, v. 182, p. 466-473 , 2017.

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

RODRIGUES, M. V. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo, Sistema de Produção Lean Manufacturing**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

SANDERS, A.; ELANGESWARAN, C.; WULFSBERG, J. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management**, Germany, v. 9, n. 3, p. 811-833, 2016. Disponível em: <http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/1940>. Acesso em: 22 out. 2020.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SHAH, R.; WARD, P. T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of Operations Management**, [S. l], v. 25, n. 4, p. 785-805, 2007.

SILVA, D. A. G. D. Indústria 4.0 com foco nos sistemas cyber físicos. **Repositório de Outras Coleções Abertas (ROCA)**, Ponta Grossa, 2018. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/10544>. Acesso em: 13 abr. 2020.

SOUZA, E. R. R. **Entenda Sobre a Indústria 4.0: A Quarta Revolução Industrial que estamos vivendo Hoje**. [S.l.: s.n], 2018.

SONY, M. Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions. **Production & Manufacturing Research**, Namíbia, v. 6, p. 416-432, 2018.

TADEU, H. F. B.; SANTOS, E. S. D. Impactos da indústria 4.0: pesquisa sobre digitalização. **Fundação Dom Cabral**, [S.l], 2016. Disponível em: <https://www.fdc.org.br/conhecimento/publicacoes/relatorio-de-pesquisa-33480>. Acesso em: 29 abr. 2020.

VENTURELLI, M. Indústria 4.0: Uma Visão da Automação Industrial. **Automação Industrial**, 2014. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>. Acesso em: 13 out. 2020.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo: baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel**. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.