

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**FILOSOFIA *LEAN* E INDÚSTRIA 4.0:
O PRÓXIMO NÍVEL DA EXCELÊNCIA OPERACIONAL**

**Bruna Araujo Marques Silva
Karoline Cristina Rosa Dos Santos**

**Pindamonhangaba - SP
2021**

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**FILOSOFIA *LEAN* E INDÚSTRIA 4.0:
O PRÓXIMO NÍVEL DA EXCELÊNCIA OPERACIONAL**

**Bruna Araujo Marques Silva
Karoline Cristina Rosa Dos Santos**

Projeto de pesquisa apresentado à Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba como exigência para a conclusão da disciplina de Projeto de Trabalho de Graduação, no Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Negócios e Inovação.

Orientador: Prof. Me. Eduardo De Lima Marcos

**Pindamonhangaba - SP
2021**

S586f Silva, Bruna Araujo Marques.
Filosofia Lean e Indústria 4.0: o próximo nível da excelência operacional / Bruna Araujo Marques Silva; Karoline Cristina Rosa dos Santos / FATEC Pindamonhangaba, 2021.
64f.; il.

Orientador: Professor Me. Eduardo de Lima Marcos
Monografia (Graduação) – FATEC – Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. 2021

1. Lean Manufacturing. 2. Sistema Toyota de Produção.
3. Indústria 4.0. 4. Ferramentas de Gestão. 5. Tecnologia. I. Silva, Bruna Araujo Marques. II. Santos, Karoline Cristina Rosa dos.
III. Marcos, Eduardo de Lima. IV. Título.

CDD 658

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**FILOSOFIA *LEAN* E INDÚSTRIA 4.0:
O PRÓXIMO NÍVEL DA EXCELÊNCIA OPERACIONAL**

**Bruna Araujo Marques Silva
Karoline Cristina Rosa Dos Santos**

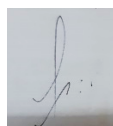
Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba para graduação, no Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Negócios e Inovação.



Prof. Me. Eduardo De Lima Marcos
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba



Prof. Me. Wagner Luiz de Oliveira
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba



Prof. Me. José Dirnece Paes Tavares
Faculdade Anhanguera de Jacareí

Pindamonhangaba, 08 de dezembro de 2021.

DEDICATÓRIA

Bruna Araujo Marques Silva

Sem a direção dada por Deus, a conclusão deste trabalho não seria possível. Por esse motivo, dedico esta monografia a Ele. Com muita gratidão no coração.

Karoline Cristina Rosa Dos Santos

Dedico este projeto acadêmico, a todos os alunos que compreenderam que seus esforços, sempre serão recompensados.

AGRADECIMENTO

Bruna Araujo Marques Silva

Agradeço a Deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar.

Aos meus pais e namorado, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

Aos docentes por todo ensinamento e especialmente ao professor orientador por todos os conselhos, ajuda e orientação com muita dedicação.

A minha parceira na elaboração deste trabalho pela dedicação e companheirismo.

Às pessoas com quem convivi ao longo desses anos de curso, pelos momentos de descobertas e aprendizados ao longo deste percurso.

Karoline Cristina Rosa Dos Santos

Agradeço a Deus que é a base de tudo e sem ele não chegaria até aqui.

Ao meu marido que sempre esteve ao meu lado me apoiando para a realização deste sonho.

A minha família que amo muito, e só tenho a agradecer, o carinho e compreensão nestes anos acadêmicos.

A todos os professores do curso, pela dedicação, e em especial ao Professor Eduardo De Lima Marcos pelo carinho, atenção e apoio na elaboração deste projeto acadêmico.

“É impossível progredir sem mudança, e aqueles que não mudam suas mentes, não podem mudar nada.”

George Bernard Shaw

SILVA, B. SANTOS, K. **FILOSOFIA LEAN E INDÚSTRIA 4.0: O PRÓXIMO NÍVEL DA EXCELÊNCIA OPERACIONAL**. 2021. 64p. Trabalho de Graduação (Curso de Gestão de Negócios e Inovação). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2021

RESUMO

Em uma grande concorrência e necessidades de respostas rápidas, característica do mundo globalizado, as empresas devem levar em conta as expectativas dos clientes em relação a padrões de qualidade, custos, prazos de entrega e produtos que atendem às suas necessidades. O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão com o objetivo de melhorar continuamente o valor agregado de produtos e serviços por meio da redução dos desperdícios em seus processos internos. Somados, a indústria está vivenciando, também, a onda 4.0 e integrando às atuais tecnologias que criam formas de competitividade nesse mercado. O termo Indústria 4.0 vem sendo citado com frequência e está diretamente associado ao futuro das atividades de manufatura. Assim sendo, este artigo tem o propósito de apresentar os conceitos e ferramentas da Indústria 4.0 e do *Lean Manufacturing* por meio de uma síntese da literatura. Com isso, este trabalho pode ser classificado, como pesquisa de natureza exploratória e descritiva, utilizando-se de uma abordagem qualitativa, por meio do método de pesquisa bibliográfica. Como resultado foram encontrados que, o tema *Lean Manufacturing* e Indústria 4.0 são estratégias distintas de gestão da produção. Todavia, se apresentam como complementares e compartilham os mesmos objetivos gerais que são o aumento de produtividade e a flexibilidade de resposta ao mercado pelas empresas. E ainda, se fortalecem em atender as demandas atuais e futuras do seu ambiente empresarial.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, Sistema Toyota de Produção, Indústria 4.0, Ferramentas de Gestão, Tecnologia.

SILVA, B. SANTOS, K. **LEAN PHILOSOPHY AND INDUSTRY 4.0: THE NEXT LEVEL OF OPERATIONAL EXCELLENCE.** 2021. 64p. Graduation Project (Business Management and Innovation Course). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2021

ABSTRACT

In a great competition and need for quick answers, characteristic of the globalized world, companies must take into account customers' expectations regarding quality standards, costs, delivery times, and products that meet their needs. Lean Manufacturing is a management philosophy with the objective of continuously improving the added value of products and services by reducing waste in their internal processes. In addition, the industry is also experiencing the 4.0 wave and integrating current technologies that create forms of competitiveness in this market. The term Industry 4.0 has been mentioned frequently and is directly associated with the future of manufacturing activities. Therefore, this paper aims to present the concepts and tools of Industry 4.0 and Lean Manufacturing through a synthesis of the literature. With that, this work can be classified, as research of exploratory and descriptive nature, using a qualitative approach, through the bibliographical research method. As a result it was found that Lean Manufacturing and Industry 4.0 are distinct production management strategies. However, they are presented as complementary and share the same general objectives which are the increase in productivity and the flexibility of companies' response to the market. And yet, they strengthen each other in meeting the current and future demands of their business environment.

Keywords: *Lean Manufacturing*, Toyota Production System, Industry 4.0, Management Tools, Technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A Estrutura do Sistema Toyota de Produção.....	19
Figura 2 – Revoluções Industriais.....	27
Figura 3 – Termo de Pesquisa: Automação Industrial.....	38
Figura 4 – Termo de Pesquisa: Sistema Toyota de Produção.....	39
Figura 5 – Termo de Pesquisa: Indústria 4.0.....	39
Figura 6 – Termo de Pesquisa: Quarta Revolução Industrial.....	40
Figura 7 – Termo de Pesquisa: Lean.....	40
Figura 8 – Os Sete Desperdícios do Sistema Toyota de Produção.....	44
Figura 9 – Pilares da Indústria 4.0.....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Princípios para o Desenvolvimento da Indústria 4.0.....	30
Quadro 2 – Termos de Pesquisa Compilados.....	41
Quadro 3 – Princípios da Manufatura Enxuta.....	43
Quadro 4 – Ferramentas <i>Lean</i>	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 PROBLEMA.....	15
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivos Específicos	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 ORIGEM DO <i>LEAN MANUFACTURING</i>	17
2.1.1 Pilares da Manufatura Enxuta	19
2.2 TÉCNICAS DA FILOSOFIA <i>LEAN</i>	20
2.3 OS PRINCÍPIOS DO <i>LEAN THINKING</i>	22
2.3.1 Valor	23
2.3.2 Fluxo de Valor	24
2.3.3 Fluxo Contínuo.....	24
2.3.4 Produção Puxada.....	24
2.3.5 Perfeição.....	24
2.4 OS DESPERDÍCIOS DO <i>LEAN</i>	25
2.5 A EVOLUÇÃO DAS INDÚSTRIAS E A INDÚSTRIA 4.0	26
2.5.1 Primeira Revolução Industrial – Indústria 1.0	27
2.5.2 Segunda Revolução Industrial – Indústria 2.0	28
2.5.3 Terceira Revolução Industrial – Indústria 3.0	29
2.5.4 Quarta Revolução Industrial – Indústria 4.0.....	29
2.6 PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0 E SEUS PILARES TECNOLÓGICOS....	30
2.6.1 <i>Big Data</i>	31
2.6.2 Robotização	31
2.6.3 Simulação	32
2.6.4 Integração Horizontal e Vertical do Sistema.....	32
2.6.5 <i>Internet</i> das Coisas - IoT	33
2.6.6 Sistemas Físicos Cibernéticos - CPS	33
2.6.7 <i>Cloud</i>	34
2.6.8 Manufatura Aditiva	34
2.6.9 Tecnologias Digitais	35
2.7 INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL	35
2.8 INTERFACE ENTRE O <i>LEAN MANUFACTURING</i> E A INDÚSTRIA 4.0	36
3 MÉTODO DE PESQUISA	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP) E A ORIGEM DA FILOSOFIA <i>LEAN</i>	42
4.2 OS PRINCÍPIOS <i>LEAN</i> E AS SUAS APLICAÇÕES PRÁTICAS (DESPERDÍCIOS)	43
4.3 AS PRINCIPAIS FERRAMENTAS DO <i>LEAN MANUFACTURING</i>	44
4.4 REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS NA HISTÓRIA	45
4.5 O QUE É A INDÚSTRIA 4.0 E SUA ORIGEM	47
4.6 ESTRUTURA DA INDÚSTRIA 4.0: TECNOLOGIAS E PILARES	48
4.7 CENÁRIO DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL (IOT)	51

4.8 OS IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA GESTÃO <i>LEAN</i>	52
4.9 CONVERGÊNCIA DA GESTÃO <i>LEAN</i> E A INDÚSTRIA 4.0	53
4.10 A INTEGRAÇÃO DA GESTÃO <i>LEAN</i> E A INDÚSTRIA 4.0 NA CRIAÇÃO DE VALOR PARA AS ORGANIZAÇÕES	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
6 REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

Vivemos atualmente, de acordo com Teece (2007) em um mundo onde o ambiente de negócios está em rápida evolução, aberto à concorrência global e caracterizado pela dispersão em fontes geográficas e organizacionais de inovação e manufatura. Segundo Valemed (2019), as revoluções industriais são populares por trazerem inovações aos modelos de negócio e produção fabril, a partir do surgimento das máquinas a vapor, passando pela descoberta da eletricidade e chegando à aplicação de eletrônica e sistemas na manufatura.

A indústria brasileira ainda não possui domínio na utilização das vantagens proporcionadas pelas novas tecnologias para digitalização das fábricas e análise da performance de produtos (DALENOGARE, 2018). A produtividade é um fator chave para a competitividade e nos últimos anos o Brasil vem apresentando baixas na posição global, o país atingiu sua pior posição nesse quesito em 2017 de acordo com o *ranking* global de competitividade do *World Economic Forum*. A perda de competitividade compromete diretamente o crescimento econômico. De acordo com Ribeiro e Silva (2020), no Brasil são poucos os setores competitivos em escala global, que garantem a produção customizada e produtos inovadores da revolução 4.0.

De acordo com o *World Management Survey*, pesquisa internacional de avaliação das práticas de gestão, foi constatado que no Brasil a maioria das empresas também apresenta baixa qualidade da gestão. Para alcançar o sucesso da implantação a inovação tecnológica é preciso ter o acompanhamento de um processo de gestão eficiente. Como apresenta o artigo Desafio para a Indústria 4.0 no Brasil do Portal da Indústria – CNI (2016), em médio e longo prazo a competitividade do Brasil depende da incorporação de novas tecnologias. É necessário um grande avanço do país nestes dois sentidos, para impulsionar o desenvolvimento e crescimento econômico é extremamente importante renovar as estratégias e elevar a produtividade.

Diante do cenário atual este Trabalho de Graduação (TG) pretende-se apresentar a importância e os benefícios do envolvimento da gestão *Lean Manufacturing* com a Indústria 4.0 a partir do questionamento do usuário final, pois estes assuntos, *Lean* e Indústria 4.0, podem ser combinados de forma a se apoiarem no desenvolvimento de uma estrutura que permita melhorar a produtividade, a

flexibilidade, e a eficiência nas aquisições e análises de dados, e tudo isto a custos reduzidos de produção (TEMPLE, 2016).

1.1 PROBLEMA

Diante do contexto e demanda por melhoria da produtividade no setor industrial brasileiro é comum os usuários irem até as plataformas eletrônicas de busca disponível na *internet*, como o *Google*, e buscarem por significados do “termo *Lean* e Indústria 4.0”.

Feita a identificação de uma lacuna na literatura referente a integração na abordagem em conjunto dos assuntos, este trabalho de graduação tem como problema de pesquisa a seguinte pergunta: “Quais são as principais frases digitadas pelos usuários sobre os termos *Lean* e Indústria 4.0 na plataforma de busca *Google*?”

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Responder as principais frases de dúvidas sobre os termos “*Lean*” e “Indústria 4.0” oriundas dos usuários da plataforma de busca *Google*.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o “Objetivo Geral” e consequentemente responder o “Problema de Pesquisa”, este TG terá os seguintes objetivos específicos:

- (1) Identificar as frases principais frases digitadas pelos usuários;
- (2) Compilar as frases digitadas pelos usuários em “termos comuns”;
- (3) Apontar, por meio da revisão bibliográfica, a resposta dos “termos comuns” compilados.

1.3 JUSTIFICATIVA

No decorrer dos anos, com o mundo competitivo e redução das distâncias com o efeito da globalização, as empresas e indústrias tiveram que se adaptar para competirem umas com as outras, buscando novos meios de estratégias de gestão, a fim de aprimorar seus desempenhos, processos e produtividade.

Segundo Ikeziri (2019), as indústrias de manufatura têm lidado com cenários dinâmicos e desafiadores. A necessidade de elevados índices de produtividade a custos menores ligada a uma maior participação do cliente ao longo das cadeias de suprimentos, são alguns dos reveses que as empresas enfrentam corriqueiramente.

Em decorrência da contínua busca por melhorias por parte das pessoas, empresas e indústria, na gestão de produção, o presente artigo, abordará os conceitos de *Lean Manufacturing* e o conceito de Indústria 4.0, e sua interação ao serem utilizadas simultaneamente.

A motivação da metodologia *Lean Manufacturing* é buscar a redução do tempo entre o pedido do cliente e a entrega por meio da eliminação de desperdícios. Ela promove a identificação do que agrega valor (e do que não agrega) na perspectiva do cliente; a interligação das etapas necessárias à produção de bens no fluxo do valor, de tal modo que este avance sem interrupções, desvios, retornos, esperas ou refugos, e a operação deste fluxo pela demanda. (SILVA et. al., 2019).

Segundo a Publicação da Firjan (2016), a indústria 4.0, também chamada de Quarta Revolução Industrial, é marcada pela era da informação digital. A tecnologia da informação se torna parte integral dos processos industriais, e decisões são tomadas de forma automática a partir do uso de um grande conjunto de dados armazenados.

De acordo com a Revista Saber Digital (2021), dois fatores que ajudaram o *Google* ser o mecanismo mais utilizado na *World Wide Web* (WWW), é a simplicidade e a clareza. A combinação desses dois itens, foram trabalhadas desde a sua concepção. Devido a essa filosofia, é possível acessar um *site* de busca leve, sem poluição visual e cujas opções são facilmente localizáveis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORIGEM DO *LEAN MANUFACTURING*

O *Lean* é uma palavra em inglês, comumente traduzida no contexto de uma empresa como “enxuto”. Enxuto é um adjetivo usado para descrever algo que se enxugou, ou seja, uma empresa enxuta é aquela capaz de reduzir despesas e desperdícios. Segundo Womack (2004) o sistema *Lean Manufacturing* tem como principal fundamento administrar os sistemas convencionais de produção para um sistema de produção enxuto com foco na melhoria dos processos e redução das perdas.

O *Manufacturing* é traduzido também do inglês como manufatura, mas o termo é usado para se referir à produção industrial. *Lean Manufacturing* pode ser traduzido em manufatura enxuta, mais bem definido como sistema de produção industrial enxuto.

A origem da filosofia de manufatura enxuta originou-se no Japão após a segunda guerra mundial. O país estava com um cenário político-econômico limitado e desfavorável, cujos objetivos de produção estavam voltados para reduzir desperdícios e era preciso reconstruir e desenvolver a indústria de forma que seus produtos fossem mais competitivos com o que era oferecido pelos concorrentes.

Novos métodos produtivos eram necessários para que os produtos japoneses tivessem condições de competir com as tecnologias do ocidente (MORAES, 2011, apud POMPEU e RABAIOLI, 2014). A necessidade motivou a criação de um sistema que envolvesse pouco estoque, fluxo de caixa curto e eficiência na produção, sem abdicar da qualidade. Essa metodologia ficou conhecido mundialmente como “Sistema Toyota de Produção” (STP) por ter nascido na fabricante de automóveis Toyota, criada por *Taiichi Ohno* e *Eiji Toyoda*.

Conforme citado por Votto (2012), antes mesmo de iniciar o sistema, ou seja, começar a implantar um método que é produzido de acordo com a demanda, os engenheiros da empresa tiveram que conhecer os métodos americanos de produção. Os japoneses visitaram fábricas da Ford nos Estados Unidos para aprender sobre seu pioneiro modelo que foi a primeira grande revolução na indústria automobilística quando Henry Ford a partir de 1914 criou a primeira linha de montagem com

automação de alguns processos. Porém, após décadas desde a revolução do fordismo o método foi percebido como ultrapassado devido sua rigidez que resultava em estoques parados e muito desperdício.

O início do sistema produtivo atual da Toyota foi marcado pela ideia de eliminar o desperdício para aumentar a produtividade, de acordo com Ohno (1997, apud Filho et al., 2017), eles queriam um processo produtivo que pudesse superar o sistema de produção em massa convencional. Portanto fundamento do Sistema Toyota de Produção era produzir em pequenas quantidades e aumentar a variedade de modelos.

De acordo com os engenheiros japoneses, as lições do fordismo foram muito importantes para o desenvolvimento, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda aperfeiçoaram este modelo e o nomearam como STP, hoje conhecido como *Lean Manufacturing* que se tornou o novo modelo a ser seguido na indústria.

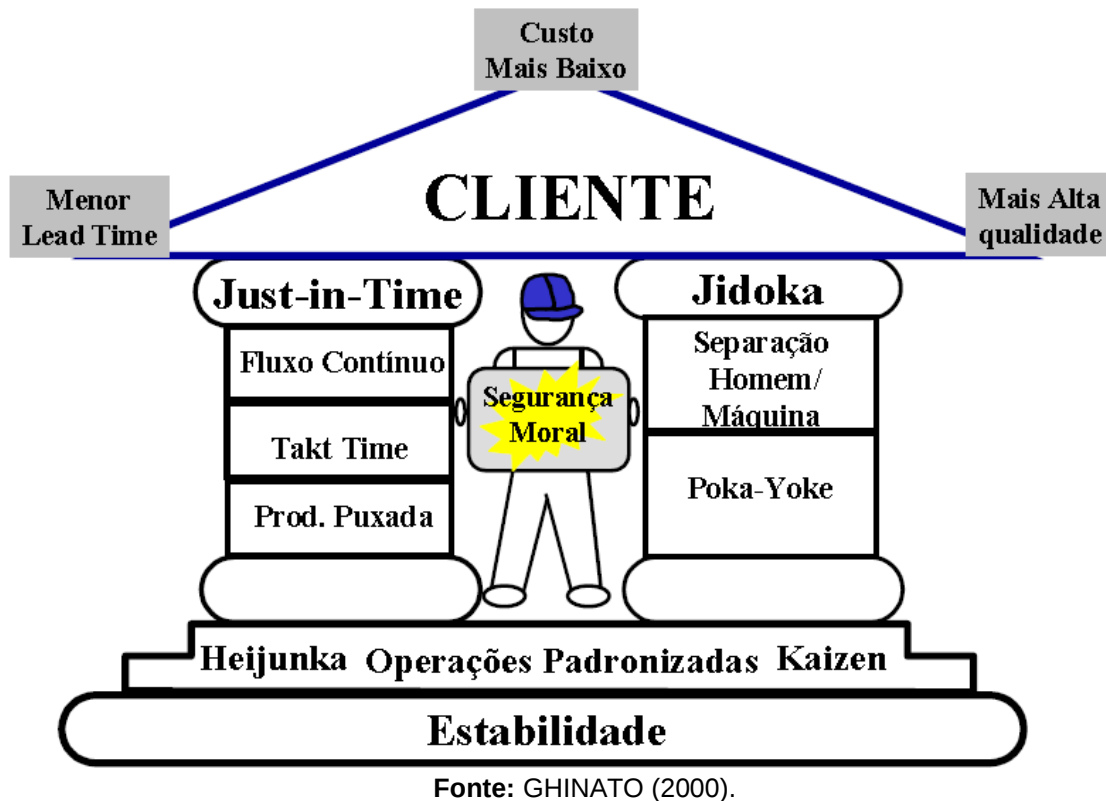
O Sistema Toyota De Produção foi associado ao termo *Lean Manufacturing* em 1990 pelos autores James Womack, Daniel Jones e Daniel Ross que publicaram o livro “A máquina que mudou o mundo”, a obra foi resultado de um estudo amplo do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) sobre a história e o futuro da indústria no setor automobilístico mundial e evidenciou as vantagens do STP e sua popularização definitiva de qualidade nos processos produtivos.

Existem diferentes formas de representar o STP, a Figura 1, o representa com seus principais pilares (*Just-In-Time* e *Jidoka*) e outros elementos essenciais do processo.

A filosofia *Lean* de gerenciamento, engloba não só da produção, mas toda a organização que tem o objetivo de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam: produtos de alta qualidade, baixo custo e quando solicitam. (SHINGO, 1996, apud BAIERLE, 2018), simultaneamente, além da utilização dessas famosas ferramentas é necessária uma nova cultura dentro da organização com a proporção de um ambiente de trabalho com pessoas no centro da empresa e busca da melhoria contínua.

O propósito da metodologia *Lean* é fazer a produção (e todo o funcionamento da organização) fluir, por meio de processos eficientes.

Figura 1 - A Estrutura do Sistema Toyota de Produção.



2.1.1 Pilares da Manufatura Enxuta

Um dos pilares do Sistema Toyota de produção, *Jidoka* é um termo japonês que significa: “automação com um toque humano”. A ferramenta concede ao operador a capacidade de interromper o processo caso seja identificada alguma anormalidade (GHINATO, 2000). Ela busca a automação do processo de manufatura e é direcionada para o controle de qualidade prevenindo desperdícios.

Ligando a autonomia e a automação, a identificação de defeitos na produção é de extrema importância nos processos, bem como as ações corretivas, imediatas e preventivas com o objetivo de evitar recorrência (GALLARDO, 2007).

Dennis (2008) diz que o *Just In Time* (JIT) significa produzir o item necessário na hora necessária. O objetivo é identificar, localizar e eliminar os desperdícios integrando um sistema para servir ao cliente garantindo o fluxo da produção com pouco ou nenhuma perda. O JIT tem três elementos principais: o sistema puxado, o *takt time* e fluxo contínuo (GALLARDO, 2007). A produção puxada não possui perdas por estoques ou por espera e permite redução do lead time.

O *Takt time* é o tempo necessário para produzir um produto completo, de acordo com a demanda que está ligado ao controle das operações para a implantação de um fluxo contínuo. (WOMACK; JONES, 2004).

O *Just-In-Time* possui vantagens e ferramentas para atingir o objetivo final: pouco desperdício e alto valor agregado. O JIT coordena a base no processo como um todo, por esse motivo é considerado outro pilar do Sistema Toyota de produção. (WOMACK; JONES, 2004).

Os pilares *Just in Time* e *Jidoka* tem como base o Heijunka (nivelamento da produção), operações padronizadas e *Kaizen* (melhoria contínua). Liker (2004) diz que, o *Kaizen* tem três objetivos: melhorar a segurança, a qualidade e principalmente eliminar continuamente os desperdícios. (WOMACK; JONES, 2004).

A padronização busca o máximo de produtividade e a eliminação de perdas que atrelada ao *Heijunka*, garante uma produção nivelada permitindo a produção de diferentes itens e garantindo o fluxo de produção.

Como base, o Sistema Toyota de Produção apresenta a estabilidade, que prontamente significa uma produção sob controle e com previsão garantida de qualidade e quantidade no momento desejado.

2.2 TÉCNICAS DA FILOSOFIA LEAN

Na metodologia *Lean Manufacturing*, além das ferramentas que são destacadas como pilares no Sistema Toyota De Produção, ela demonstra também um conjunto de técnicas que auxiliam na redução dos desperdícios e possibilitam alcançar ganhos e eficiência nos processos. Essas ferramentas combinadas podem ser de grande importância numa implementação de sucesso (ARTO, 2010). A seguir, destaca-se os métodos mais comumente utilizados:

(1) 5S: O 5S é uma ferramenta de qualidade desenvolvida no Japão com o objetivo de organizar as condições de trabalho, reduzir desperdícios e tornar o ambiente propício para potencializar os resultados. Essa ferramenta é baseada em cinco fases:

Seiso (Limpeza): Cultura de manutenção e limpeza.

Seiri (Utilização): Eliminar o que não é necessário para aproveitamento do espaço.

Seiton (Organização): Ordenar o espaço de trabalho para que a produção seja mais efetiva;

Seiketsu (Padronização): Cumprir as recomendações e manter os *procedimentos*.

Shitsuke (Disciplina): Encorajamento a seguir o que foi determinado.

A implantação desse sistema cria uma cultura de melhoria contínua que colabora para melhoria de todos os processos da organização. O programa 5S melhora o ambiente, as condições de trabalho, saúde, higiene, gerando assim uma maior eficiência e qualidade (MARTINS, 2014).

(2) *KANBAM*: É uma ferramenta de gestão visual e parte essencial do JIT, ela busca a eficiência e coordenação durante o processo produtivo e possui foco na otimização do tempo e do processo. Portanto, refere-se a um fluxo de entrega que regula a quantidade do trabalho em andamento (WiP). (ANDERSON e CARMICHAEL, 2016). Essa metodologia pode ser aplicada utilizando cartões coloridos ou softwares, que separam as tarefas “por fazer”, “em execução” e “concluídas”.

Em cada etapa são incluídas ações com uma breve descrição do que precisa ser feito. Para conclusão é preciso analisar o status das tarefas sendo possível organizar e direcionar toda a produção para o cumprimento das tarefas e demandas.

A utilização do *Kanban* permite facilmente detectar falhas no sistema produtivo, minimizar os níveis de estoque, e auxiliar na criação e manutenção de um fluxo contínuo.

(3) *KAIZEN*: Segundo Carneiro (2017), o *Kaizen* está relacionado ao entendimento de melhoria contínua e focada na qualidade do trabalho. Essa ferramenta demonstra que as melhorias na produtividade não dependem apenas de grandes investimentos e que elas podem serem executas a partir de pequenas iniciativas de colaboração dos envolvidos no processo.

Para que a ferramenta seja efetiva, Alves (2015) diz que, é necessário o interesse comprometimento de todos os incluídos no processo de melhoria, onde tenham conhecimento e engajamento na detecção e eliminação de desperdícios.

A implantação do *Kaizen*, proporciona a otimização dos processos, aumento nos lucros e ainda traz benefícios na comunicação interna e externa, reforçar a confiança e o relacionamento com os clientes.

(4) **MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR:** O Mapa de Fluxo de Valor, segundo Rother e Shook (2003) pode ser definido como: “Seguir a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e cuidadosamente desenhar uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação”.

Essa ferramenta permite visualizar toda a cadeia de valor do produto, possibilitando a identificação de atividades que agregam valor ao produto e as que não agregam. Essa análise permite que a organização melhore continuamente; reduzindo assim o tempo de entrega aos clientes e os desperdícios.

(5) **POKA YOKE:** Essa ferramenta trabalha com a identificação e eliminação de falhas humanas com o acompanhamento do produto em cada etapa, garantindo a qualidade no resultado além de redução de custos e aumento da produtividade.

Para Thomaz, em 2015, a implementação do *Poka Yoke* numa organização auxilia na criação de procedimentos, ferramentas e equipamentos, que facilitam a prevenção de erros.

(6) **SMED:** Sigla para “*Single Minute Exchange of Dies*”, que traduzido ao português significa Troca Rápida de Ferramenta (TRF). Essa ferramenta tem como objetivo reduzir o tempo de execução da operação.

De acordo com Reis e Alves (2010), o método *SMED* foi criado por Shigeo Shingo, o qual desenvolveu a metodologia por um período de 19 anos por meio de exames detalhados de aspectos teóricos e práticos para redução de *setup*.

O *SMED*, tem foco na simplificação de todo o processo de *setup* e redução do *lead time*.

2.3 OS PRINCÍPIOS DO *LEAN THINKING*

O *Lean*, também conhecido como Sistema de Manufatura Enxuta, representou uma grande transformação em uma das maiores indústrias do mundo: o segmento

automotivo, e atualmente encontra-se a sua aplicação em muitos outros setores, até mesmo além da indústria.

O processo de compreensão de como um sistema enxuto funciona pode ser comparado ao aprendizado de um novo idioma, que envolve mudar a maneira como pensamos e entendemos o ambiente. Embora muitas vezes contraditória, essa forma de pensar nos faz ver um fator crítico em todas as situações: *Muda*. (WOMACK; JONES, 2004). *Muda*, segundo Womack e Jones (2004), é uma palavra japonesa que significa desperdício, especificamente qualquer atividade humana que consome recursos, mas não cria valor.

Para serem implementados, os princípios da Metodologia *Lean* utilizam as técnicas apresentadas anteriormente com o objetivo de sempre reduzir o desperdício de recursos, melhorar a qualidade e maximizar o valor entregue ao cliente. Essa metodologia é essencial para a empresa que pretende implementar a melhoria contínua em cada um dos seus processos e tem como objetivo central tentar reduzir o tempo entre o pedido do cliente e a entrega, eliminando o desperdício.

Nesse sistema de produção, destaca-se cinco princípios que atuam simultaneamente para maximizar resultados e minimizar perdas, para entregar exatamente o que o cliente deseja, no momento certo. Os autores Womack e Jones (2004), apresentam esses princípios utilizados para definir técnicas de aplicação do pensamento enxuto para alcançar os objetivos do *Lean Thinking*. São eles: Valor, Fluxo de Valor, Fluxo Contínuo, Produção Puxada e Perfeição. Nos tópicos seguintes, apresenta-se a explicação desses princípios.

2.3.1 Valor

Especificar o valor na visão do cliente, é o primeiro passo do sistema *Lean*, esse princípio não leva em consideração o preço do seu produto, mas do valor agregado que ele oferece. O produto deve ser a parte da solução pela qual o cliente está disposto a pagar, portanto entender a atingir a expectativa da visão de valor do cliente é essencial para que não seja entregue produtos ou serviços errados resultando no desperdício. (WOMACK; JONES, 2004).

2.3.2 Fluxo de Valor

Após ser definido o objetivo final no primeiro princípio do valor, o próximo passo é mapear o fluxo que se refere a todas as etapas e processos necessários na obtenção de um produto específico a partir de matérias-primas e entrega do produto acabado para o cliente. O mapeamento de fluxo de valor identifica o que pode ou não agregar, sendo capaz de eliminar etapas desnecessárias e priorizar aquelas que efetivamente representam valor. (WOMACK; JONES, 2004).

2.3.3 Fluxo Contínuo

Em seguida coloca-se em prática o terceiro princípio do *Lean Thinking*: o fluxo contínuo. Essa etapa da manufatura enxuta prevê a produção ideal de cada parte do produto por vez, onde cada etapa é feita sem interrupções ou desperdício entre elas, buscando ao que realmente agrega valor. O objetivo é entregar com agilidade os pedidos dos clientes e conseguir manter baixos os níveis de estoque. (WOMACK; JONES, 2004).

2.3.4 Produção Puxada

Essa etapa consiste em eliminar o excesso de produção e reduzir o desperdício, todo o processo deve ser produzido de acordo com a demanda do cliente no tempo certo e com a qualidade desejada, ou seja, em vez de "empurrar" os produtos para o cliente, a produção é estimulada pela demanda para satisfazê-lo. (WOMACK; JONES, 2004).

2.3.5 Perfeição

Na cultura de melhoria contínua esse é o objetivo final, onde todas as demais fases estão integradas e os desperdícios já foram eliminados. A perfeição entrega ao cliente um processo de valor e deve estar sempre em evolução contínua, buscando formas de otimizar os processos e recursos disponíveis em benefício da qualidade. (WOMACK; JONES, 2004).

2.4 OS DESPERDÍCIOS DO *LEAN*

Segundo Ohno (1997, apud Rocha et al., 2020) “A eliminação completa desses desperdícios pode aumentar a eficiência de operação por uma ampla margem. Para fazê-lo, devemos produzir apenas a quantidade necessária, liberando assim a força de trabalho extra”. O *Lean Manufacturing* consiste na eliminação de elementos desnecessários a fim de reduzir custos. Em todo processo produtivo é possível encontrar algum tipo de desperdício. (ALMEIDA, 2010).

Hoje as empresas, buscam se adaptar e melhorar continuamente e o Sistema Toyota de Produção permite identificar e quantificar as perdas, transformando-o em uma ferramenta de apoio à gestão.

Werkema (2010) reforça que a essência se encontra na redução dos sete tipos de desperdícios ou perdas. Para Campos (2014), desperdício é cada um dos recursos que são gastos na execução de um produto ou serviço além do que é realmente necessário, ao eliminá-lo as atividades que criam valor permanecem na organização; desta forma elas serão capazes de fortalecer vantagens competitivas.

O *Lean* destaca sete desperdícios registados ao longo da linha de produção:

Desperdício de superprodução: Fabricar mais do que o necessário é uma grande fonte de desperdício. É possível identificar a superprodução quantitativa que excede o volume planejado ou requerido e a superprodução prevista que ocorre antes do tempo requerido. Essa é considerada a pior forma de desperdício, pois encobre os outros tipos de perdas sua eliminação é dificultosa (ALMEIDA, 2010).

Desperdício de espera: A espera está diretamente relacionada à ociosidade, sendo que a perda está na inatividade do intervalo de tempo em que nenhum processo é realizado, nem pelo operador, nem pela máquina.

Desperdício de transporte: A Movimentação desnecessária de produtos ou peças é definida como uma atividade que não agrega valor. As principais causas desse desperdício são plantas mal planejadas, equipamentos superdimensionados ou mesmo a falta de equipamentos adequados para organizar e movimentar os recursos. O transporte é comum na rotina industrial e essencial para o seu funcionamento e deve ser planejada e otimizada o máximo possível.

Desperdício do processamento: O processamento excessivo, refere-se a etapas de produção que não agregam valor ao produto, ou seja, ações desnecessárias que poderiam ser eliminadas do processo sem afetar a qualidade. Um mapeamento rigoroso é necessário para acabar com esse desperdício.

Desperdício de estoque: Estoque é toda matéria-prima ou produto acabado que está armazenado em desuso. É considerado um desperdício, porque gerou um custo e se tornou um material ocioso que nem sempre será reaproveitado. Esse excesso dificulta a visualização dos processos e das reais necessidades da indústria.

Desperdício de movimento: Diferente do desperdício por transporte, esse está relacionado aos movimentos desnecessários realizados pelo operador na execução das tarefas. Enquanto o primeiro se refere ao deslocamento entre a movimentação, esse diz respeito ao que acontece dentro deles.

Ambientes de trabalho desorganizados geram desperdício pela dificuldade de acesso a informações ou ferramentas, necessárias para continuidade da operação.

Desperdício com produtos defeituosos: Fabricar produtos defeituosos e de má qualidade gera insatisfação no cliente, ocasiona danos à imagem e gastos desnecessários com custos e tempo envolvidos para reposição.

É necessário um rígido acompanhamento do processo de produção a fim de evitar o problema. Muitas vezes, falta de procedimentos, equipamentos de trabalho adequados e principalmente treinamentos; tendem a resultar nesse desperdício.

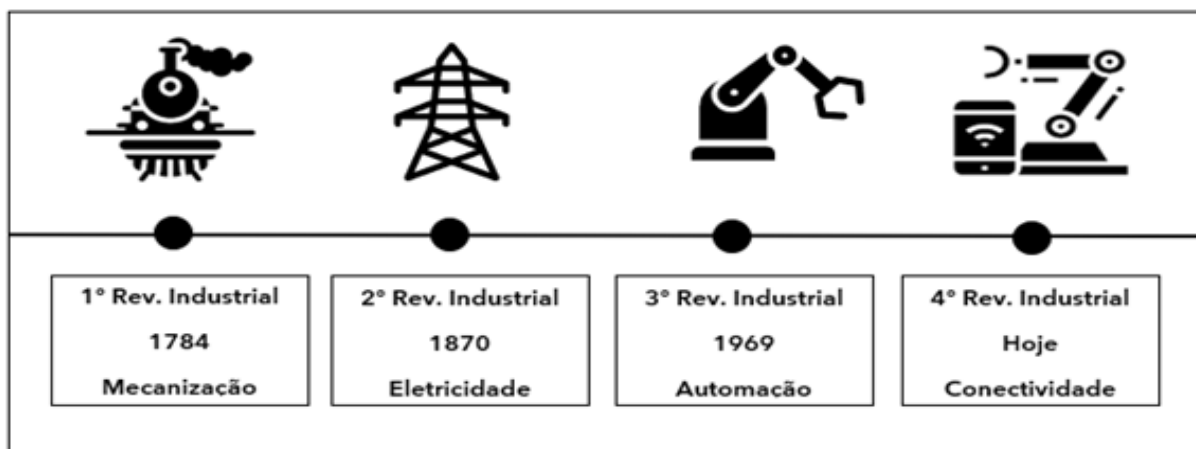
2.5 A EVOLUÇÃO DAS INDÚSTRIAS E A INDÚSTRIA 4.0

Nos últimos 2 séculos e meio, o setor industrial, bem como os avanços tecnológicos, vem passando por profundas transformações, marcando a história com momentos significativos, e imensos impactos para a sociedade.

Diante disso, a sociedade vivenciou três revoluções Industriais, que representaram grandes avanços para o processo industrial, e para a sociedade em si.

Serão abordados neste capítulo, o surgimento, das Revoluções Industriais, seus conceitos e avanços tecnológicos, que culminaram, no surgimento da Quarta Revolução Industrial – a Indústria 4.0, conforme Figura 2 abaixo.

Figura 2 - Revoluções Industriais.



Fonte: Autoras.

2.5.1 Primeira Revolução Industrial – Indústria 1.0

A história mostra que todas as grandes revoluções ocorreram quando novas tecnologias e formas inovadoras de perceber o mundo foram responsáveis pela alteração das estruturas econômicas e sociais (NASSER, 2021).

Com isso, segundo Pinto (2020), os últimos 2 séculos e meio da história humana foram marcados por momentos de significativo impacto socioeconômico. Na Inglaterra, em finais do século XVIII, o mundo assiste à primeira grande mudança nos processos de manufatura e produção, com o advento da máquina à vapor. A indústria têxtil passa a produzir em quantidades jamais imaginadas e nascem as primeiras ferrovias e a siderurgia.

A primeira revolução industrial aconteceu, portanto, entre os séculos XVIII e XIX. Houve uma migração da população das zonas agrícolas para as cidades, vocacionadas ao progresso industrial. O primeiro motor à vapor, construído por William Hedley entre 1813 e 1814 transportava carvão da mina de Wylam para as docas de Northumberland na Inglaterra. Muito rapidamente o uso da energia a vapor se espalhou e fez nascer a siderurgia, as ferrovias e o setor têxtil, que por sua vez, resultaram em outras indústrias responsáveis por gerar grandes fortunas (GROSCURTH, 2018).

Já para Wright (2018), o período entre 1760 e 1840 representa a transição de artesãos qualificados que produziam sua própria mercadoria para mão de obra não qualificada, usando máquinas movidas por uma roda d'água ou motor a vapor. A

transição foi mais prevalente na indústria têxtil, mas os efeitos da primeira Revolução Industrial acabaram sendo sentidos em quase todos os aspectos da vida cotidiana.

De acordo com Venturelli (2017), esse processo de Revolução Industrial ficou conhecido por importantes invenções, que provocaram a evolução do setor produtivo e de transporte. A ciência descobriria a utilidade do carvão como fonte de energia e então a descoberta da máquina a vapor e a locomotiva.

Em decorrência do medo e resistência ao desconhecido, a primeira revolução ocorreu de maneira lenta se comparada as outras revoluções industriais, porém, ela proporcionou a sociedade, um aumento na diversificação dos bens e serviços, além de ter proporcionado significativas modificações na economia e na sociedade.

2.5.2 Segunda Revolução Industrial – Indústria 2.0

Segundo Groscurth (2018), a Segunda Revolução Industrial é marcada por um período de rápido crescimento econômico, apesar de ter durado apenas cerca de 4 décadas e meia, entre cerca de 1870 à 1914, abarcando o início da Primeira Guerra Mundial.

De acordo com Santos et al. (2020), a 2ª revolução industrial foi marcada pelo conceito de produção em massa com estudos de tempos das atividades do trabalho e tecnologias de mecanização substituindo a energia à vapor pela química e eletricidade aumentando assim o desempenho das indústrias.

Ao contrário da primeira Revolução Industrial, que foi caracterizada pelo advento de novas tecnologias, a segunda Revolução Industrial teve mais a ver com a melhoria das tecnologias existentes e as sinergias entre elas (WRIGHT, 2018).

Com a Indústria 2.0, as indústrias conseguiram ter um maior controle sobre seus gastos através de uma contabilidade mais precisa, obtendo assim, lucros cada vez maiores. Com isso, o crescimento da economia mundial acelerou, alcançando países como Estados Unidos da América, França, Japão e Alemanha, a líderes globais.

2.5.3 Terceira Revolução Industrial – Indústria 3.0

A Terceira Revolução Industrial teve seu início na década de 60, período pós Segunda Guerra Mundial, e foi considerada a revolução digital - ou revolução do computador -, pois foi impulsionada pelo eletromagnetismo (criação de semicondutores) e pela computação: mainframe nos anos de 1960; computação pessoal na década de 70; e a internet nos anos 1990 (SCHWAB, 2016). Com isso, a Indústria 3.0 trouxe uma atualização para a economia, para o cenário político e social.

Segundo Wirignt (2018), a terceira Revolução Industrial, assim como a primeira, viu a introdução de novas tecnologias, como a automação e o computador. Esses avanços trouxeram mudanças monumentais na fabricação, permitindo níveis de precisão graças a robôs industriais e controles numéricos de computador (CNCs), nunca vistos no chão de fábrica.

Com a adoção dessas novas tecnologias nas indústrias, elas se tornaram mais eficientes, produtivas e competitivas, além de se aproximarem do próximo ciclo evolutivo das industrializações, a Indústria 4.0.

2.5.4 Quarta Revolução Industrial – Indústria 4.0

A Quarta Revolução Industrial teve seu início na virada do século, porém somente no ano de 2011, em uma feira em Hannover na Alemanha, foi-se utilizado o termo “Indústria 4.0”, que vinha para descrever como as cadeias de geração de valor seriam impactadas com o advento do mundo digital (SILVEIRA, 2016).

De acordo com o Portal da Indústria – CNI (2021), a Indústria 4.0 também chamada de Quarta Revolução Industrial, engloba um amplo sistema de tecnologias avançadas como inteligência artificial, robótica, internet das coisas e computação em nuvem que estão mudando as formas de produção e os modelos de negócios no Brasil e no mundo. Neste contexto, as indústrias vêm se expandindo, automatizando totalmente suas plantas industriais, além de melhorar os processos através de otimização e convergência de dados, criando um conceito novo de produção.

A quarta revolução industrial, onde estamos, representa uma grande convergência e avanço das tecnologias da revolução anterior, originando também

outras e novos modelos de negócios que exploram inteligentemente a integração dos mundos físico, biológico e digital (PINTO, 2020).

Pode-se dizer que, este é um novo capítulo para a história do desenvolvimento humano, onde a indústria vem sendo constantemente impulsionada, por inúmeras tecnologias extraordinárias. Sobre a Indústria 4.0, Schwab (2018) diz que, é uma oportunidade para estruturar uma série de questões que podem ajudar toda a população (líderes da indústria, formuladores de políticas e cidadãos de todos os grupos de renda, nacionalidade e origens) a entender e guiar o modo que poderosos, emergentes e tecnologias convergentes influenciam o mundo e os sistemas que envolvem a todos.

2.6 PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0 E SEUS PILARES TECNOLÓGICOS

Segundo Silveira (2016) explica que existem 6 Princípios para o desenvolvimento e implantação da Indústria 4.0 que definem os sistemas de produção inteligentes, indicados no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 - Princípios para o Desenvolvimento da Indústria 4.0.

Princípios para o Desenvolvimento da Indústria 4.0.	
Interoperabilidade	Capacidade dos sistemas <i>cyber-físicos</i> (suportes de peças, postos de reuniões e produtos), humanos e fábricas inteligentes comunicar-se uns com os outros por intermédio da Internet das Coisas e da <i>Internet</i> .
Virtualização	Essa moderna proposta industrial, possui uma cópia virtual das fábricas inteligentes, permitindo assim, a rastreabilidade e o monitoramento remoto.
Descentralização	As decisões podem ser feitas pelo sistema <i>cyber-físico</i> , como forma de atender as necessidades de produção em tempo real. Aquisição e tratamento de dados em tempo real, fator que possibilita que decisões sejam tomadas tem tempo real.
Adaptação da Produção em Tempo Real	Aquisição e tratamento de dados em tempo real, fator que possibilita que decisões sejam tomadas tem tempo real.
Orientação a Serviços	Utilização de arquiteturas de software orientadas a serviços aliado ao conceito de <i>Internet of Services</i> .
Modularidade	Produção de acordo com a demanda, acoplamento e desacoplamento de módulos na produção. Essa modalidade permite alterar as tarefas das máquinas facilmente.

Fonte: Adaptado de Silveira (2016).

De acordo com Sakurai e Zuchi (2018), muitas são as tecnologias que podem ser usadas dentro da Indústria 4.0, no entanto, algumas são as que mais se destacam, e constituem assim os Pilares da Quarta Revolução Industrial, apresentados nos capítulos abaixo.

2.6.1 *Big Data*

No mundo dos negócios, possuir a informação exata na hora certa é o que determina o sucesso ou fracasso. As empresas buscam esse bem, a informação, para garantir a sobrevivência de suas operações e atualmente o local de pesquisa é o *Big Data* (CANALTECH, 2016).

Segundo Corrêa (2020), a quantidade de dados disponíveis na atualidade criou a necessidade de uma tecnologia inteligente capaz de administrar o volume corrente de informações cujo termo atribuído é big data.

Big Data também pode ser definido como um conjunto de tecnologias de armazenamento e processamento de grande volume de informações. As informações que dão corpo ao *Big Data* são oriundas de diversas fontes, tais como: redes sociais, sensores de máquinas, sensores meteorológicos, bancos de dados, *GPS*, transações bancárias etc (CANALTECH, 2016).

2.6.2 Robotização

A robótica autônoma inspira uma nova geração de robôs capazes de sentir o ambiente em sua volta e operar por longas horas sem a supervisão direta de humanos. Estes equipamentos poderão aprender novas funções e se auto programarem o que permitirá o seu uso em processos de produção flexível (GARCIA, 2016).

Apesar de já serem utilizados para lidar com tarefas complexas, os robôs estão evoluindo. Estão se tornando mais autônomos, flexíveis e cooperativos, para interagir com os outros e trabalhar em segurança lado a lado com os humanos e aprender com eles (DIAS e THOMÉ, 2018).

De acordo com Valamed (2019), esses equipamentos inteligentes, sendo um aspecto importante das fábricas 4.0, são capazes de se adaptarem a condições

ambientais dinâmicas nos processos de manufatura por meio de tomada de decisões descentralizadas, além de atuarem de maneira conjunta com os trabalhadores nas linhas produtivas, contribuindo com a redução dos desperdícios de várias naturezas.

2.6.3 Simulação

Esta tecnologia permite que os processos e produtos sejam testados e ensaiados durante a fase de concepção, reduzindo custos com falhas e o tempo de projeto (VITALLI, 2018).

Segundo Cardoso (2016), as tecnologias de virtualização estão se mostrando ferramentas importantes para o chão de fábrica ao permitirem a criação de cópias fiéis das linhas de produção, possibilitando testar configurações de maquinário e medir os resultados antes de implementar qualquer alteração no ambiente real.

Na fase da engenharia, já são utilizadas simulações 3D de produtos, materiais e processos de produção. Essas simulações alavancarão dados em tempo real para espelhar o mundo físico em um modelo virtual (DIAS e THOMÉ, 2018).

2.6.4 Integração Horizontal e Vertical do Sistema

Integração horizontal está relacionada com a conexão entre a fábrica e toda a cadeia de valor externa à planta, indo além da própria organização conectando-se aos parceiros externos para entregar um melhor serviço ao cliente. Já a integração vertical trata da integração de sistema de tecnologia da informação (TI) em vários níveis de produção e fabricação, além da integração da estrutura interna da empresa (ROMANO, 2017).

De acordo com Vermulm (2018), são diferentes *softwares* de gestão que integram atividade de uma unidade industrial, ou que aumentam a eficiência da gestão produtiva, comercial ou financeira da empresa, ou que integram diferentes unidade produtivas de uma mesma corporação.

Em sua grande maioria, empresas, fornecedores e clientes ainda não estão totalmente integrados. Na Indústria 4.0, as empresas, departamentos, funções e capacidades se tornarão muito mais coesas, à medida que as redes universais de

integração de dados entre empresas evoluírem e permitirem cadeias de valor verdadeiramente automatizadas (DIAS e THOMÉ, 2018).

2.6.5 Internet das Coisas - IoT

De acordo com Vermulm (2018), são sistemas, compostos por hardwares e softwares que viabilizam a interligação e a comunicação entre objetos, podendo ser máquinas e equipamentos conectados entre si ou bens de consumo conectados com outros produtos.

O fundamento é a conexão de todos os objetos (ou “coisas”) por meio da internet, que permite a união entre a rede dos humanos e a rede de objetos. Tal conceito tem uma variada gama de aplicações: é possível atualmente, controlar pelo celular a temperatura da geladeira, criar lista de compras por meio de despensas inteligentes e indicação da necessidade de manutenção de uma máquina. A IoT conduzirá uma mudança na maneira de produção, criando uma demanda por objetos inteligentes que exerça, funções do dia a dia (CARDOSO, 2016).

2.6.6 Sistemas Físicos Cibernéticos - CPS

O aumento da conectividade e o uso de protocolos de comunicação padrão aumenta a necessidade de proteção contra ameaças de segurança cibernética. O gerenciamento sofisticado de identidade e acesso de máquinas e usuários são essenciais (DIAS e THOMÉ, 2018).

Com a integração dos dados, a possibilidade de ter acesso a centrais de dados e, principalmente, o valor das informações presentes em um processo produtivo, qualquer invasão, vazamento ou acesso a esses sistemas pode levar a grandes perdas econômicas. Antes, o isolamento das redes internas garantia a segurança dos dados, mas atualmente isso já não se verifica: 35% das anomalias no funcionamento das indústrias provêm de invasões cibernéticas. É necessária, portanto, uma rede de proteção que garanta a segurança da informação. Muitas vezes denominado *firewall* (CARDOSO, 2016).

2.6.7 Cloud

Segundo Vitalli (2018), é um modelo que permite o acesso ao banco de dados, bem como a interação de aplicações, possa ser feito de qualquer lugar, permitindo a integração de sistemas e plantas em locais distintos, da mesma forma o controle e o suporte podem ser efetuados de maneira global.

Os serviços de computação em nuvem utilizam computadores, servidores e toda infraestrutura necessária para processar e armazenar bases de dados. Essa infraestrutura é compartilhada e acessada através da *internet*, a partir de diversos dispositivos de acesso, tais como computadores, tablets e celulares (CARDOSO, 2016).

De acordo com a *Microsoft* (2018), a computação em nuvem promoveu uma mudança na forma tradicional da utilização dos recursos de infraestrutura além de eliminar custos com *hardware* e *software*, proporcionou maior velocidade, produtividade e desempenho nas redes.

2.6.8 Manufatura Aditiva

Segundo Pasquini (2018), com alto nível de eficiência e flexibilidade, a manufatura aditiva atende as linhas de produção, propiciando a fabricação sob demanda de peças, em locais otimizados, para entrega direta nas linhas de montagem. Melhora também, o custo-benefício, devido ao menor desperdício de materiais em comparação com os métodos de manufatura convencionais.

A intenção é explorar novos negócios com soluções customizadas com preço reduzido, atendendo a vários públicos que desejam produtos em lotes pequenos, customizados e com custos baixos. Entende-se a manufatura aditiva hoje como a impressão 3D – fabricação de peças em três dimensões com design complexo e tamanhos variados. Aplica-se a produção de inúmeros projetos, como peças de decoração, uso para o laser até as utilizadas em manufatura de carros de luxo (CARDOSO, 2016) .

2.6.9 Tecnologias Digitais

De acordo com o Portal da Indústria – CNI (2021), consiste no uso de tecnologias digitais para transformar processos de produção, de desenvolvimento de produtos e/ou modelos de negócios, visando a otimização e eficiência nos processos.

Com o aumento da velocidade computacional e o avanço da tecnologia computacional, as aplicações de realidade virtual ou realidade aumentada tornam-se viáveis em áreas multidisciplinares, como simulação, educação, entretenimento, medicina e jogos, seleção de peças em um armazém, envio de instruções de reparo em dispositivos móveis, entre outros (DIAS e THOMÉ, 2018).

2.7 INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

De acordo com Salmazi et al. (2019), além das problemáticas que o Brasil enfrenta na questão da modernização da indústria, o atual cenário brasileiro, que ainda sente o momento de crise econômica e política, torna o desafio proposto pela Indústria 4.0 ainda mais difícil.

A indústria brasileira está atrasada no quesito tecnologia quando comparada com países desenvolvidos como os Estados Unidos e Alemanha, pode-se dizer que o Brasil ainda se encontra transitando entre a indústria 2.0 para a indústria 3.0, substituindo as linhas de montagem tradicionais com a utilização de mão de obra humana, e introduzindo a automação, com a eletrônica, programação e robótica, porém, ainda em ritmo abaixo do requisitado para ser considerado competitiva perante o mercado global (HAHN, 2017).

De acordo com a Publicação de FIRJAN (2016):

A Quarta Revolução Industrial, se caracteriza pelas transformações digitais na indústria, em que a tecnologia da informação se torna parte integral dos processos industriais, o uso de *Big Data* e *Analytics* aperfeiçoam a qualidade da produção e a produtividade é melhorada pelo uso de robôs automatizados, simulações e realidade aumentada. O IOT com sua rede de objetos físicos, sistemas, plataformas e aplicativos com tecnologia embarcada nos setores da indústria, gerará um número cada vez maior de dispositivos conectados possibilitando a comunicação e a integração de sistemas e controles e permitindo respostas e tomadas de decisão em tempo real. Dessa forma, a IOT torna-se um pré-requisito para a indústria 4.0.

Segundo o Portal da Indústria – CNI (2016), o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil envolve desafios que vão desde os investimentos em equipamentos que incorporem essas tecnologias, à adaptação de *layouts*, adaptação de processos e das formas de relacionamento entre empresas ao longo da cadeia produtiva, criação de novas especialidades e desenvolvimento de competências, entre outras.

O cruzamento de informações que permite conectar o pedido de compra, a produção e a distribuição de forma autônoma, sem que pessoas precisem tomar decisões a todo o momento, por exemplo, exigirá novas formas de gestão e engenharia em toda a cadeia produtiva.

Entretanto, segundo Magalhães et. al. (2017), mesmo com todos esses problemas a serem superados, com a indústria 4.0 o Brasil se encontra diante de uma janela de oportunidades na qual ele pode se qualificar e se inserir em cadeias globais de valor. Para isso, é preciso um planejamento estratégico voltado para o desenvolvimento e para a implementação da indústria 4.0, que deve se fazer presente em mais empresas com urgência.

Os primeiros passos para a Indústria 4.0 já estão sendo realizados no país, a criação da Associação Brasileira de *Internet Industrial* (ABII), inspirada em uma comunidade internacional para o desenvolvimento desta tecnologia. O objetivo inicial é a divulgação da Internet Industrial e o fortalecimento crescente deste cenário no país, criando fóruns para a discussão do tema, intercâmbio tecnológico e de negócios, visando o desenvolvimento econômico e a geração de empregos no país (HAHN, 2017).

2.8 INTERFACE ENTRE O *LEAN MANUFACTURING* E A INDÚSTRIA 4.0

Segundo Buer et al. (2018), após o estudo embasado na fundamentação conceitual do *Lean Manufacturing* e da Indústria 4.0 foi possível verificar que ambos são modelos distintos de gestão da produção, mas que apresentam complementaridades e compartilham os mesmos objetivos gerais de aumento de produtividade e flexibilidade.

A indústria 4.0 exerce um grande impacto na Gestão *Lean*, proporcionando um desempenho excepcional nos processos e sistemas de produção, obtendo um fluxo

de produção e logística mais eficiente, reduzindo os desperdícios, além de fazer uma melhor adequação na gestão *Lean*, atendendo assim, as altas demandas do mercado.

A Indústria 4.0 e o *Lean* possuem como relação a automatização dos processos (por meio de recursos diferentes), em que é possível fazer mais com menos, e assim evitar o desperdício. Sendo que na Produção Enxuta há a presença de uma tecnologia mais baixa e simples. E a Indústria 4.0, conta com uma integração da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), visando uma produção mais autônoma e dinâmica. Vale destacar que os dois conceitos caminham juntos e, portanto, são complementares (SILVA et al., 2019).

Prinz et al. (2018), demonstram a necessidade da *Lean Manufacturing* como requisito para a Indústria 4.0, pois, as empresas estão sob influência de vários fatores de transformação que representam maiores desafios. Além da globalização que desafia a competitividade das empresas em países com altos salários, a busca pela personalização de produtos com lotes de produção cada vez menores e a alta exigência para adaptar-se aos novos sistemas de produção como a Indústria 4.0 são desafios extremamente complexos.

Segundo Domingues et al. (2019), a indústria sempre passou por inovações técnicas e organizacionais. Vale ressaltar que a inovação técnica implica na revisão da organizacional. Foi assim com a Revolução Industrial, com a Produção Enxuta e será também com a Indústria 4.0.

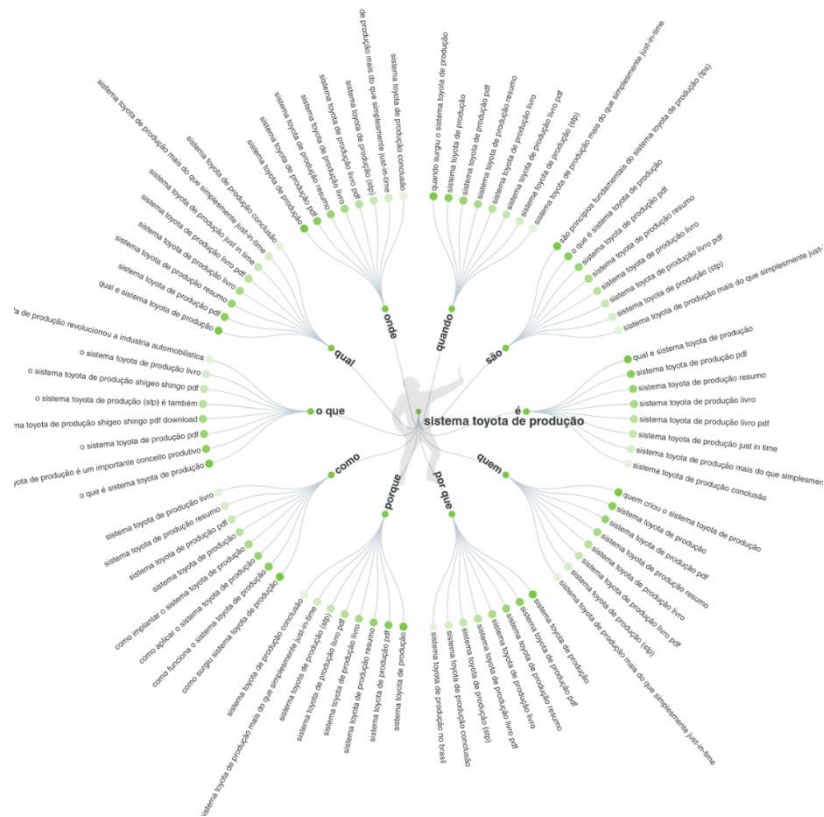
3 MÉTODO DE PESQUISA

Segundo Miguel (2007) e Selltiz (1975), uma pesquisa científica tem quatro macro objetivos: (1) a familiarização do fenômeno ou buscar nova compreensão, (2) apresentar informações, (3) contactar outros fenômenos, e (4) identificar hipóteses de relação casual entre as variáveis investigadas.

Seguindo definições de Miguel (2007), este trabalho é classificado como pesquisa de natureza exploratória e descritiva com relação ao objetivo, utilizando-se de uma abordagem qualitativa, por meio do método de pesquisa bibliográfica.

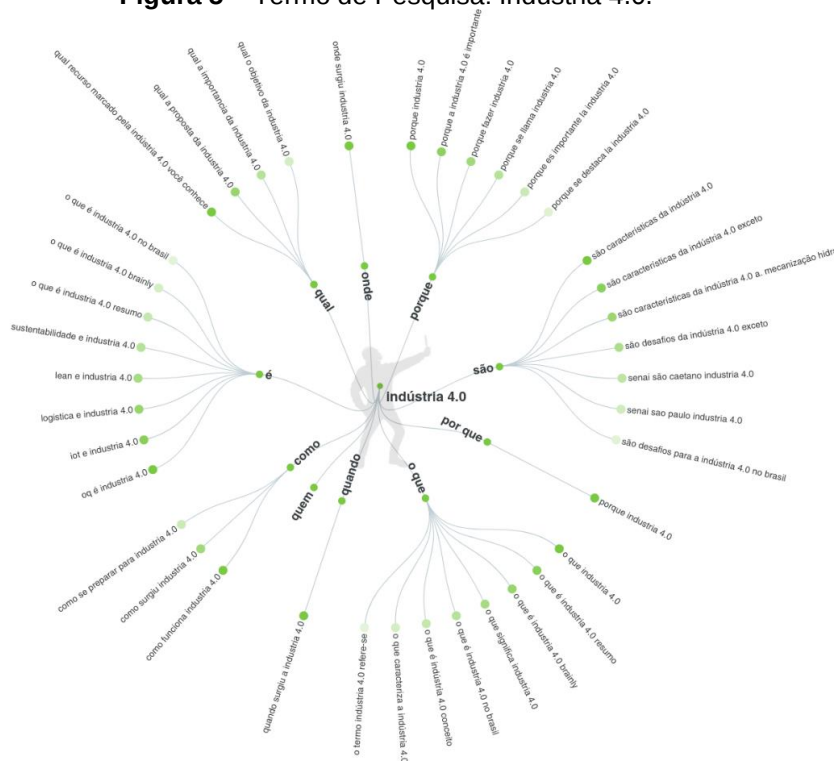
Diante do exposto por Miguel (2007) e Selltiz (1975) observou-se a importância de trabalhos como apresentado neste TG para a investigação sobre a “Filosofia *Lean*”

Figura 4 – Termo de Pesquisa: Sistema Toyota de Produção.



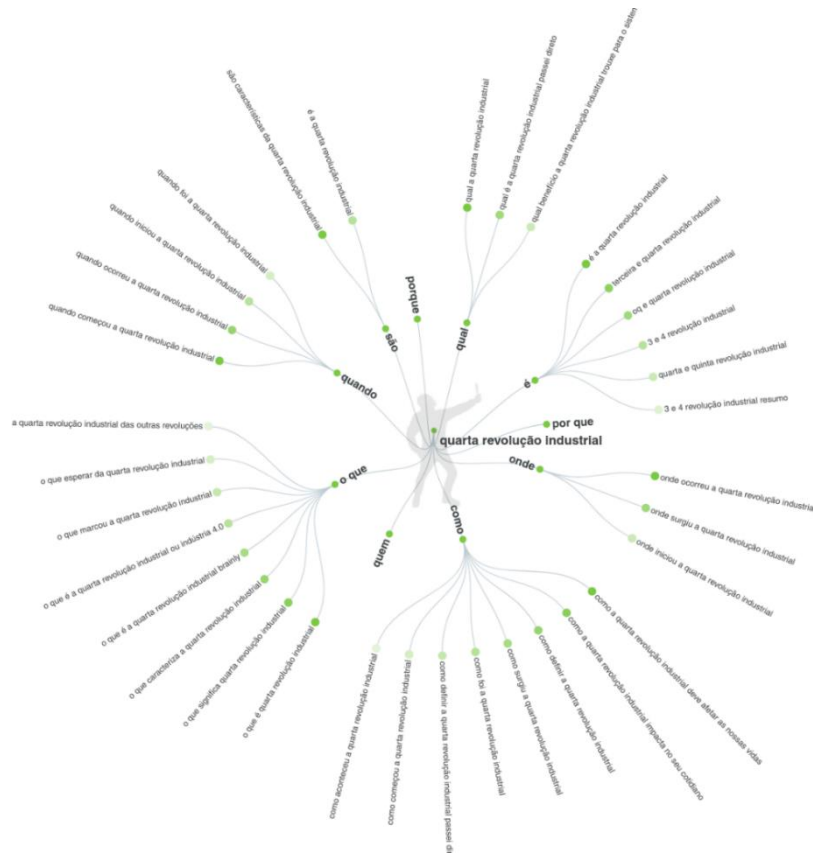
Fonte: Site The Public Answer (2021).

Figura 5 – Termo de Pesquisa: Indústria 4.0.



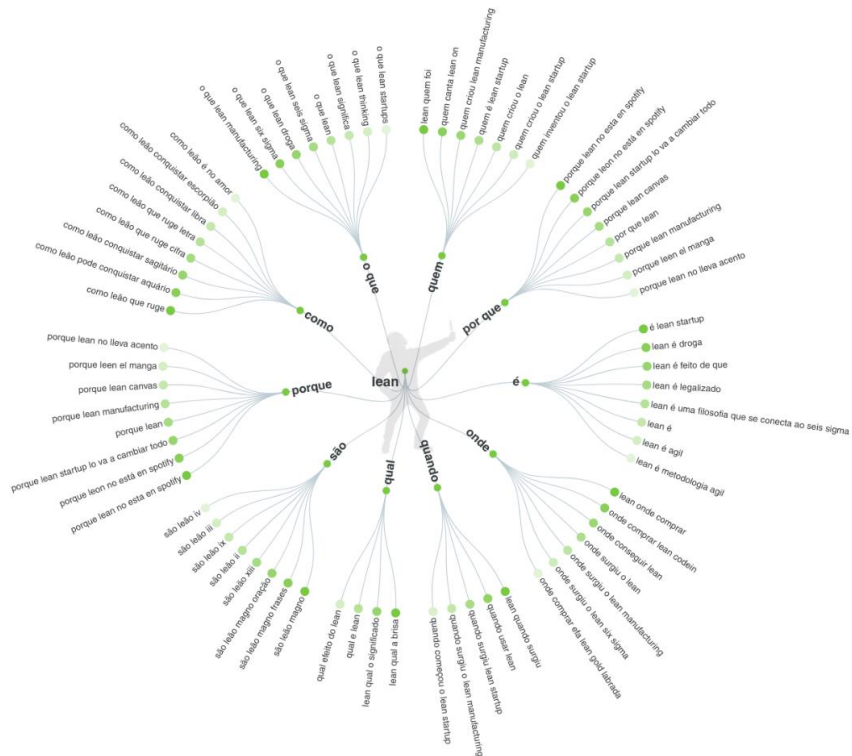
Fonte: Site The Public Answer (2021).

Figura 6 – Termo de Pesquisa: Quarta Revolução Industrial



Fonte: Site The Public Answer (2021)

Figura 7 – Termo de Pesquisa: Lean



Fonte: Site The Public Answer (2021).

Após a devolutiva das pesquisas foi realizada uma comparação e análise das nuvens, com o intuito de selecionar os principais tópicos que ajudem no esclarecimento das dúvidas dos usuários. Segundo Gil (2008), o processo de investigação pode ser definido como um procedimento “racional e metódico” para obtenção de respostas aos problemas propostos.

Para tratar a “racionalidade” proposta por Gil (2008) e atender os “objetivos específicos” apoiados por Miguel (2007) e Selltitz (1975) foram analisadas as figuras 3, 4, 5, 6 e 7 e identificadas as “palavras-conceitos-perguntas” por essas pesquisadoras. Os conceitos, foram sintetizadas e compiladas em “10 Termos” conforme a Quadro 2, denominados por estas pesquisadoras como questionamentos dos “usuários na plataforma *Google*” que desejam conhecer quando buscam o tema “*Lean* e Indústria 4.0”.

Quadro 2 – Termos De Pesquisa Compilados.

TERMOS	PALAVRAS - CONCEITOS - PERGUNTAS
Termo 1	O Sistema Toyota De Produção (STP) E A Origem Da Filosofia Lean
Termo 2	Os Princípios Lean e as suas Aplicações Práticas (Os 7 Desperdícios)
Termo 3	As Principais Ferramentas do Lean Manufacturing (Smed – Jit – Kampan)
Termo 4	Revoluções Industriais na História
Termo 5	O que é Indústria 4.0 e sua origem
Termo 6	Estrutura da Indústria 4.0: tecnologias e pilares.
Termo 7	Cenário da Indústria 4.0 no Brasil (IOT)
Termo 8	Os impactos da Indústria 4.0 na gestão Lean
Termo 9	A convergência da gestão Lean e a Indústria 4.0
Termo 10	A integração da gestão Lean e a Indústria 4.0 na criação de valor para as organizações

Fonte: Autoras.

Após a obtenção do Quadro 2, o trabalho buscou discutir a resposta dos “Termos” a luz da revisão bibliográfica realizada no tema da pesquisa, conforme descrito a seguir no Capítulo 4.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, será apresentado as respostas dos “10 Termos” de pesquisa compilados, obtidos através da comparação e análise das nuvens, cumprindo o

objetivo de responder as principais dúvidas dos usuários com base na extensa revisão bibliográfica apresentada no presente TG, conforme o Quadro 2.

4.1 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP) E A ORIGEM DA FILOSOFIA LEAN – TERMO 1.

Observa-se que, o Sistema Toyota de Produção também conhecido como Produção Enxuta ou *Lean Manufacturing*, surgiu no Japão após a Segunda Guerra Mundial, creditado primeiramente a Toyota Motor Company, que buscava um sistema de administração para coordenar a produção de acordo com a demanda específica, modelo e cor (CORRÊA et. al., 2012, apud RICCI, 2013).

Complementa-se ao “Termo 01”, a menção dada por Ghinato (2000), que destaca que o TPS é uma filosofia de gerenciamento que procura otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só a manufatura, mas todas as partes da organização.

Adicionando a resposta, Jaikaram, et. al. (2010, apud Souza et. al., 2020) diz que, um dos grandes fatores de sucesso do STP, é devido a estrutura para suportar a eliminação dos problemas, no nível mais baixo possível da organização, isto quer dizer, o mais próximo possível da fonte geradora do problema.

E por fim, conclui-se essa discussão de resultados para o “Termo 01” que, o consumidor atual demonstra grande interesse em qualidade de produtos e serviços, bem como outros requisitos como pontualidade de entrega. E o Sistema Toyota de Produção se apresenta como um conjunto de técnicas e ferramentas que tem como foco a qualidade total, e a eliminação de desperdícios entre outros, vem ao encontro do atendimento das necessidades dos clientes conforme menciona Filho et. al. (2017).

4.2 OS PRINCÍPIOS *LEAN* E AS SUAS APLICAÇÕES PRÁTICAS (DESPERDÍCIOS)

– TERMO 2.

Observa-se que, a manufatura enxuta verifica os impactos de cada processo e busca minimiza os desperdícios. Womack e Jones (1998) abordam o método de gestão enxuta baseado em cinco princípios, descritos no Quadro 3 a seguir, que representam uma sequência de implementação para atingir os objetivos do *Lean Thinking*.

Quadro 3 - Princípios Da Manufatura Enxuta.

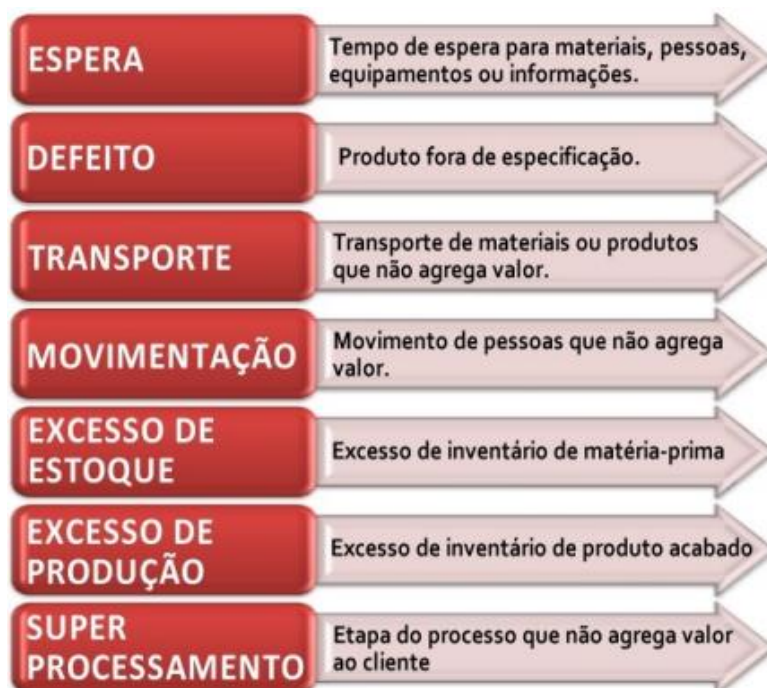
Definir Valor	O valor se traduz basicamente em expectativas e necessidades do cliente. Uma vez definido o valor, todos os processos podem ser redesenhados, readaptados e reconstruídos para atender ao cliente. (MARTINS, 2020)
Mapear O Fluxo De Valor	Com o conceito de valor, é necessário identificar a frequência, local e tipos de problemas que dificultam atender às necessidades do cliente. O objetivo é mapear o fluxo do valor, isto é, adaptar o processo de forma que ele seja o mais eficiente possível, eliminando, portanto, os problemas que tornam o processo ineficiente (MARTINS, 2020)
Fluxo Contínuo	Criar um fluxo contínuo significa reduzir etapas, esforços, tempos e custos desnecessários, introduzindo novos processos e/ou tecnologias. O fluxo contínuo reduz desperdícios e sempre agrega valor ao bem ou serviço, e consequentemente, ao cliente. (MARTINS, 2020)
Sistema Puxado	Sistema puxado é um método de controle da produção em que qualquer processo é modelado com um ou mais subprocessos. Estes subprocessos são denominados clientes e fornecedores ao longo da cadeia produtiva de valor, onde só é produzido o que for demandado. Desta forma a produção puxada tenta eliminar o excesso, onde nada é produzido pelo processo fornecedor sem que o processo cliente tenha apontado à necessidade. (MARTINS, 2020)
Buscar A Perfeição	A busca pela perfeição no Lean deve ser contínua. Quando se busca a perfeição sempre há algo que pode ser melhorado e o padrão elevado. Todos envolvidos no processo devem estar engajados na busca pela melhoria contínua a fim de agregar valor ao bem ou serviço. Esse processo visa sempre buscar a excelência. (MARTINS, 2020)

Fonte: Adaptado de MAGALHÃES (2020).

Complementa-se ao “Termo 02”, a menção dada por Sordi (2017), a gestão por processos, foco da Filosofia *Lean*, busca aumentar a eficiência das organizações através da eliminação de desperdícios, com trabalho rotineiro remodelado em organizações enxutas. O *Lean* destaca sete desperdícios registados ao longo da linha de produção, conforme descrito na Figura 8.

Finaliza-se a discussão de resultados do “Termo 2” que, atualmente, as empresas têm a necessidade de se adaptar e se aperfeiçoar de forma contínua. Uma das principais tarefas abordadas é a detecção e eliminação de desperdícios no processo (BORNIA, 1988).

Figura 8 – Os Sete Desperdícios Do Sistema Toyota De Produção.



Fonte: REZENDE et al. (2013).

4.3 AS PRINCIPAIS FERRAMENTAS DO *LEAN MANUFACTURING* – TERMO 3.

Observa-se que para atingir os objetivos do *Lean*, é necessário aplicar ferramentas de gestão que auxiliam na obtenção dos resultados. Adicionando a resposta ao “Termo 3”, o êxito da abordagem *Lean* deve-se em grande parte à sua alta eficiência em reduzir a complexidade e evitar etapas dos processos que não criam valor (JASTI e KODALI, 2015).

A conclusão segue no Quadro 4 a seguir, onde apresenta-se o conceito de algumas das principais ferramentas para aplicação:

Quadro 4 – Ferramentas Lean.

FERRAMENTA	CONCEITO	OBJETIVO
Mapa Fluxo de Valor	Ferramenta que utiliza símbolos e ícones para documentar e ilustrar a sequência e o movimento de materiais, informações e ações que consiste no fluxo de valor de uma empresa (WERKEMA, 2010).	Permite analisar e diagnosticar o mapa do fluxo de valor do estado atual da linha produtiva, de modo a identificar as oportunidades de melhorias. Em seguida, contribui para o planejamento do mapa do estado futuro de como a empresa devera fluir.
Kaizen	Melhoramento contínuo visa o alcance de melhorias rápidas que compreende no emprego organizado do senso comum e da criatividade dos colaboradores, de modo a melhorar o processo ou fluxo de valor completo (WERKEMA, 2010).	A melhoria contínua, toda vez que se realiza uma tarefa repetida, é importante realizá-la com a melhor qualidade, no menor tempo, comparado a última vez, consiste no aprendizado com a repetitividade no processo.
Kanban	Um dispositivo sinalizador que autoriza e da instrução para a produção ou retirada de itens para sistema puxado. (LÉXICO LEAN, 2007).	Evitar os excessos de produção, de modo a eliminar desperdícios e restabelecer o nível de estoque de acordo com a demanda.
Poka-Yoke	Um dispositivo à prova de erros ou falhas, é qualquer mecanismo que evite que o erro ocorra e torna-se um defeito. (WERKEMA, 2010).	Detectar ou corrigir as falhas que podem ocorrer durante o processo de manufatura, antes que seja percebida pelos clientes.
5S	O 5S constitui-se em um processo educacional que visa promover a mudança comportamental das pessoas por meio de práticas participativas e do conhecimento de informações, mudança essa que proporcione suporte e apoio filosófico à qualidade de forma ampla e a melhoria contínua em todas as áreas. (LOBO, 2011, apud OLIANI et al., 2016)	O objetivo da filosofia 5S é eliminar o que não possui mais serventia, organizar e manter limpo o espaço, criar normas claras de organização e incentivar a melhoria contínua.
SMED	A metodologia SMED baseia-se em um conjunto de técnicas que possibilitam a preparação de máquinas no mínimo tempo possível. Além de melhorar o processo de preparação e fornecer uma redução no tempo de preparação. (CAKMAKCI, 2008)	Reduzir o tempo de duração do setup na maioria dos casos. O SMED proporciona uma maneira rápida e eficiente de alterar um processo de fabricação quando o produto deve ser modificado.

Fonte: Adaptado de FERREIRA (2019).

4.4 REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS NA HISTÓRIA – TERMO 4.

Pode-se observar que, a partir do século XVII, a indústria a um nível global tem vindo a evoluir através de ações de melhoria, de forma a garantir uma capacidade produtiva maior e, simultaneamente, com um menor custo de produção possível,

aumentando desta forma, a eficiência global da cadeia de valor e caminhando para ir de encontro as expectativas e necessidades dos clientes (LIMA, 2019).

Complementa-se ao “Termo 04”, a menção dada por Pasquini (2020), que destaca que a Primeira Revolução Industrial ficou caracterizada pelo uso de novas fontes de energia, pela utilização de máquinas a vapor, pelo desenvolvimento dos meios de comunicação (telégrafo) e pela divisão e especialização do trabalho.

Durante o processo da Revolução das Indústrias o uso de novas tecnologias se tornou um fator essencial, para o crescimento e modernização, o que interessava os donos das indústrias interessados em aumentar cada vez mais seus lucros. Diante deste contexto, o modelo industrial desenvolvido inicialmente sofreu mudanças importantes. Em 1870 frente a uma nova demanda tecnológica e movido pelas inovações, surge a Segunda Revolução Industrial (BOETTCHER, 2015).

Até o final da Segunda Guerra Mundial, verificaram-se consecutivamente evoluções nas indústrias químicas, elétricas e de metal. Foi nessa época que foram produzidos os primeiros navios feitos de aço e movidos por motores a vapor, revolucionando o mercado logístico. Durante este período, foram implementadas as primeiras linhas de produção na Indústria, surgindo o conceito de produção em massa e o uso da eletricidade (LIMA, 2019).

Adicionando a resposta, Carmona (2017) diz que, a Terceira Revolução Industrial ocorreu no fim do século XX, com os avanços da informática e a introdução de microprocessadores e processos cada vez mais tecnológicos em todos os segmentos industriais.

A Terceira Revolução Industrial veio com a tecnologia da informação, o surgimento dos computadores e suas redes, as telecomunicações, a microeletrônica, a conectividade e, obviamente o nascimento da Internet. Esta foi a revolução que popularizou o computador, ampliou as aplicações da robótica e difundiu no mundo as comunicações via satélite e principalmente incluiu a internet no dia a dia das pessoas e empresas (PASQUINI, 2018).

O mundo passou por três Revoluções, chegando atualmente em sua quarta, que se denomina Indústria 4.0. Sendo este um período de grande transformação, na qual a junção de inovações tecnológicas tem mudado de forma substancial como a

sociedade vive, trabalha e se relaciona, e essa transformação tende a ser daqui para a frente diferente de tudo que o ser humano já experimentou (SCHWAB, 2016).

De acordo com o Portal da Indústria – CNI (2021), a Quarta Revolução Industrial tornou-se conhecida como “Indústria 4.0” que pode ser definida brevemente como o início da automação industrial e da integração de diferentes tecnologias – inteligência artificial, internet das coisas, computação em nuvem – com o objetivo de melhorar os processos e aumentar a produtividade.

E por fim, conclui-se a discussão de resultados para o “Termo 04” que, tornar a Indústria 4.0 uma realidade implicará na adoção multidisciplinar e gradual de um conjunto de inovações emergentes de tecnologia de informação (TI) e automação industrial, na formação de um sistema de produção físico-cibernético, com intensa digitalização de informações e comunicação direta entre sistemas, máquinas, produtos e pessoas. Esta transição para a Indústria 4.0 não ocorrerá de forma repentina, mas sim gradualmente, com uma velocidade de implantação que dependerá de fatores econômicos e estratégicos e da capacitação tecnológica da indústria presente em cada país, conforme menciona Hahn (2016).

4.5 O QUE É A INDÚSTRIA 4.0 E SUA ORIGEM – TERMO 5.

Observa-se que, o termo Indústria 4.0 surgiu pela primeira vez em 2011, na feira de Hannover (Alemanha), e em 2013 foi publicado também na feira de Hannover um trabalho completo sobre a criação e o desenvolvimento da Indústria 4.0 um dos maiores eventos do mundo direcionados ao setor industrial, desde então, tem sido considerado um tema relevante para a academia e de grande importância mundial para a indústria e sociedade, os impactos trazidos pela era da Quarta Revolução Industrial (COSTA, 2017).

Complementa-se ao “Termo 05”, a menção dada por Porto e Almeida (2021), que destaca que, esta nova etapa vivenciada pela indústria possibilita o comando descentralizado dos processos de fabricação utilizando tecnologias de integração de sistemas computacionais e de comunicação que se relacionam de maneira autônoma. A indústria 4.0 propõe o uso de sistemas *ciber-físicos* (CPS). O CPS permite a conectividade do real com o virtual e a troca simultânea de dados.

Além do uso dos CPSs, a Quarta Revolução Industrial se baseia em outras tecnologias fundamentais, como a *Internet* das coisas (IoT) 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 (PORTO e ALMEIDA, 2021).

Adicionando a resposta, Yamada e Martins (2019) dizem que, a aplicação do conceito da Indústria 4.0 fará com que as fábricas sejam inteligentes o suficiente para ter a capacidade e a autonomia para programar manutenções, antecipar falhas e adaptar aos requisitos e mudanças não planejadas no processo produtivo.

Segundo Lydon (2015), o objetivo da Indústria 4.0 é melhorar os processos de fabricação em uma série de dimensões, incluindo eficiência, capacidade de resposta e a capacidade de satisfazer as necessidades individuais dos clientes em tempo hábil.

E por fim, conclui-se a discussão de resultados para o “Termo 05” que, a recente introdução destes conceitos no mercado, é resultado de uma conjunção de diversas tecnologias que a logística vem absorvendo com o passar dos anos, tendo como objetivo reduzir custos, e agora com a possibilidade de equipamentos cada vez mais inteligentes, se torna possível entender ainda mais este conceito dentro da indústria, conforme menciona Fisher (2016).

4.6 ESTRUTURA DA INDÚSTRIA 4.0: TECNOLOGIAS E PILARES – TERMO 6.

Pode-se observar que, o termo indústria 4.0 surgiu em um projeto de estratégias voltadas à tecnologia do governo alemão na feira de Hannover em 2011. O grupo responsável pelo projeto ministrado por Siegfried Dais e Kagermann apresentou recomendações para o planejamento da implantação em 2012 (SILVEIRA, 2016).

Complementa-se ao “Termo 06” a menção dada por FIA (2018), esses são os 6 princípios para o desenvolvimento e implantação para a Indústria 4.0:

Tempo Real: A capacidade de coletar e tratar dados de forma instantânea, permitindo uma tomada de decisão qualificada em tempo real.

Virtualização: É a proposta de uma cópia virtual das fábricas inteligentes, graças a sensores espalhados em toda a planta.

Descentralização: É a ideia da própria máquina ser responsável pela tomada de decisão, por conta da sua capacidade de se autoajudar, avaliar as necessidades da fábrica em tempo real e fornecer informações sobre seus ciclos de trabalho.

Orientação a Serviços: É um conceito em que softwares são orientados a disponibilizarem soluções como serviços, conectados com toda a indústria.

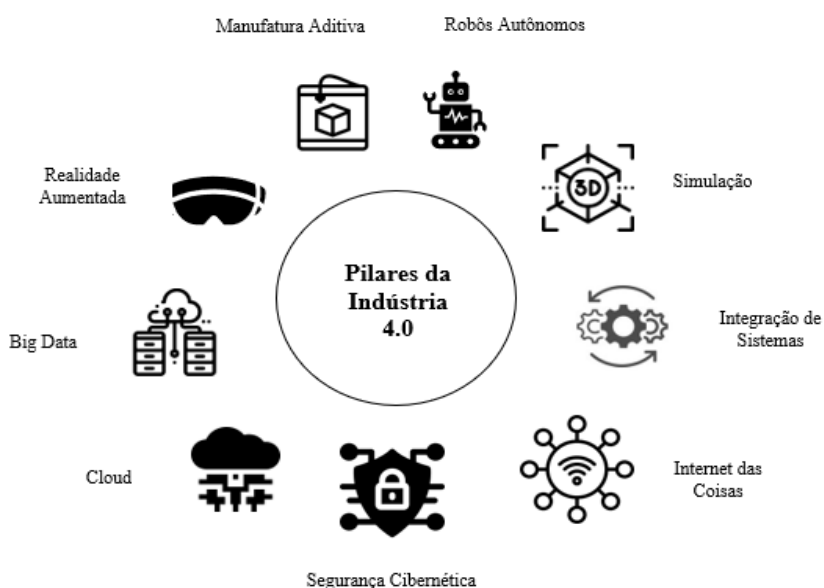
Modularidade: Permite que módulos sejam acoplados e desacoplados segundo a demanda da fábrica, oferecendo grande flexibilidade na alteração de tarefas.

Interoperabilidade: Pega emprestado o conceito de Internet das Coisas, segundo o qual as máquinas e sistemas podem se comunicar entre si.

Muitas são as tecnologias que podem ser usadas dentro da Indústria 4.0, no entanto, algumas são as que mais se destacam e constituem assim, os Pilares da Quarta Revolução Industrial (CARDOSO, 2016).

Adicionando a resposta, Cardoso (2016) diz que, a Indústria 4.0 possui nove pilares que serão o seu apoio, estes são na realidade tecnologias que já estão em uso e a sua introdução no sistema produtivo fará com que se alcance o padrão 4.0, de acordo com a Figura 9 abaixo:

Figura 9: Pilares da Indústria 4.0.



Fonte: Adaptado de ISA Distrito 4 (2016, apud Cardoso. 2016).

Já para Silva (2018), o surgimento de equipamentos automatizados que se interagem entre si, moderniza o processo produtivo resultando em uma maior eficiência, baixo custo e alta customização.

Mas para ter o sucesso nessa funcionalidade é necessário a utilização de algumas ferramentas, atribuídas como os Pilares da Indústria 4.0, representadas nos tópicos abaixo:

Big Data: A coleta e análise de uma grande quantidade de dados, que é importante para otimizar a qualidade da produção, economizar energia, melhoramento do equipamento e para tomada de decisão.

Robôs Autônomos: São capazes de interagir com outros robôs ou com seres humanos trazendo segurança e maior produtividade.

Simulação: Utilização de dados reais em modelos virtuais, realizando teste para que haja redução de falhas e tempos.

Sistemas de Integração: Sistemas que integram as cadeias de valor, permitindo uma automação.

Internet das Coisas: Conexão entre dispositivos por sensores e máquinas em rede permitindo uma interação com controladores mais centralizados e uma maior automação.

Sistemas Cibernéticos: Sistemas de comunicação mais seguros e confiáveis.

Cloud: Bancos de dados que armazenam informações que podem ser acessados de qualquer lugar do mundo pela internet.

Manufatura Aditiva: Criação de produtos personalizados e complexos, através de tecnologia de impressão 3D.

Realidade Aumentada: Ainda em estágio inicial, a realidade aumentada tem o intuito de melhorar a tomada de decisões e procedimentos de trabalho, fornecendo informações e instruções em tempo real ao trabalhador.

4.7 CENÁRIO DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL (IOT) – TERMO 7.

Observa-se que, a indústria nacional ainda se encontra em grande parte na transição do que seria a Indústria 2.0 (caracterizada pela utilização de linhas de montagem e energia elétrica) para a Indústria 3.0 (que aplica automação através da eletrônica, robótica e programação) (FIRJAN, 2016).

Complementa-se ao “Termo 07” que, a menção dada por Rocha et al. (2019), que destaca que, a indústria 4.0 mostrou ao Brasil a necessidade de atualizar suas empresas, sob o risco de perder significativamente a competitividade no mercado globalizado. É preciso, inclusive, levar em consideração que quanto mais tarde o país se movimentar para esse novo cenário, mais difícil será se igualar às empresas internacionais que já estão inseridas nessa nova forma de produção e, conseqüentemente, mais desafios estarão presentes no reposicionamento da indústria brasileira.

Corrêa (2020) diz que, a Indústria 4.0 parece ser o resultado de uma mudança de paradigma na produção industrial com base em digitalização, combinação de tecnologias de internet e tecnologias e inteligentes para máquinas e produtos, com visão futurística do processo de produção.

De acordo com a Publicação da Firjan (2019), esta absorção de novas tecnologias se dá em razão da necessidade constante das indústrias/empresas em inovar, melhorar a qualidade de seus produtos, aumentar a eficiência e se destacar perante o seu mercado.

Dentre as novas soluções tecnológicas que fazem e que farão parte desta nova indústria, a Internet das Coisas ou IOT, é uma das maiores tendências tecnológicas para o mercado. IOT consiste em conectar a web os mais diversos objetos ao nosso redor, e isto deve mudar completamente a forma como interagimos com o mundo à nossa volta (FIRJAN, 2019).

Adicionando a resposta, Rocha et al. (2019) diz que, mesmo sabendo da necessidade de desenvolver sua indústria 4.0, o Brasil enfrenta grandes desafios, como a falta de investimento, tanto em equipamentos que possibilitem o surgimento de novas tecnologias, quanto em informação e em comunicação.

De acordo com o Portal da Indústria – CNI (2016), poucas empresas estarão preparadas para enfrentar todas estas mudanças de uma vez. Existem, por outro lado, milhares de empresas que deverão participar do processo de difusão dessas novas tecnologias paulatinamente, de acordo com suas trajetórias, suas capacitações e suas estratégias.

E por fim, conclui-se a discussão de resultados para o “Termo 07” que, nesse contexto, o foco de uma iniciativa visando ao desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil deve ser o de empresas que mais cedo entrarão no novo paradigma e estimular as demais a apressarem sua inserção na nova onda, sob risco de não conseguirem sobreviver no novo ambiente competitivo.

4.8 OS IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA GESTÃO *LEAN* – TERMO 8.

Pode-se observar que, as novas tecnologias permitem que a interpretação do que o cliente define como valor seja muito mais precisa e que, conseqüentemente, haja mais fluidez na relação com ele. Além disso, as fábricas inteligentes possibilitam um trabalho que se pauta mais pela demanda (NORTEGUBISIAN, 2021).

Complementa-se ao “Termo 08”, a menção dada por Castanho (2021), que destaca que, tanto o *Lean* quanto a Indústria 4.0 são paradigmas industriais que fornecem os alicerces para o planejamento das operações. No entanto, ao contrário da indústria 4.0, que conta com tecnologia moderna para resolver os problemas contemporâneos que as empresas enfrentam, o *Lean* se concentra nas pessoas, processos e uma cultura de melhoria contínua. Assim, à primeira vista, pode parecer que os princípios *Lean* são antagônicos às tecnologias digitais e automatizadas de última geração da indústria 4.0.

Adicionando a resposta, Silveira (2016) diz que, o maior de todos os impactos produzidos pela Indústria 4.0 é a mudança que ela irá trazer em todo o contexto. Essas mudanças consistem em novos modelos de negócio e um mercado cada vez mais exigente. Devido ao fator de rapidez da automação os produtos podem ser customizados, e esse fator tende a ser uma variável a mais no processo de manufatura, mas as fábricas inteligentes serão capazes de levar a personalização de cada cliente em consideração, se adaptando as preferências.

E por fim, conclui-se a discussão de resultados para o “Termo 08” que, com o surgimento da Indústria 4.0 é comum imaginar que esta será a grande e única solução no bom andamento produtivo das chamadas “fábricas do futuro”, porém ao contrário do que se pensa a utilização intensa de tecnologias e equipamentos avançados não será suficiente para garantir a eficiência necessária. Ou seja, um modelo complementa o outro, conforme menciona Domingues et al. (2019).

4.9 CONVERGÊNCIA DA GESTÃO *LEAN* E A INDÚSTRIA 4.0 – TERMO 9.

Pode-se observar que, apesar do distanciamento entre a criação do *Lean* e do entendimento da Indústria 4.0 ser de mais de 50 anos, é possível visualizar que ambos convergem para a melhora na produção, a redução de custos atrelada à diminuição de desperdícios, o aumento da produtividade e a valorização da integração de trabalho entre os equipamentos e trabalhadores (NASSER, 2021).

Nasser (2021) diz que, é possível, portanto, a partir dos princípios para uma produção enxuta e dos motivadores para a quarta revolução industrial, a união de conceitos do método de gestão com as novas práticas tecnológicas.

Complementa-se ao “Termo 09”, a menção dada por Silva et al. (2019), que destaca que, a Indústria 4.0 e o *Lean* são conceitos mutuamente de suporte entre si. Onde um potencializa o efeito do outro por meio da integração das tecnologias de informação e comunicação, transformando os dados em informações úteis. A fim de sustentar a melhoria contínua e gerenciamento enxuto nas organizações, auxiliando nas tomadas de decisões.

Adicionando a resposta, Buer et. al. (2018) diz que, o *Lean* pode ser usado como uma fundação para que se construa a implementação da indústria 4.0, pois em processos em que já foram implementadas ideias do *Lean* há uma facilidade quando modelados e controlados, com isso, a construção de indústrias inteligentes se torna mais acessível.

E por fim, conclui-se a discussão de resultados para o “Termo 09” que, é possível afirmar que o *Lean* é abordado na literatura como um importante fator na implementação da Indústria 4.0 e que sim, há uma contribuição mútua entre ambos os temas, conforme menciona Lima (2018).

4.10 A INTEGRAÇÃO DA GESTÃO *LEAN* E A INDÚSTRIA 4.0 NA CRIAÇÃO DE VALOR PARA AS ORGANIZAÇÕES – TERMO 10.

Pode-se observar que, a utilização do *Lean* nas indústrias chegou ao limite que visa atender as demandas futuras. Dessa forma, há a necessidade de outro mecanismo para gerir isso de forma mais eficiente, usando a tecnologia de informação e comunicação. Com isso há a integração com a Indústria 4.0, com a utilização de máquinas cada vez mais inteligentes para a produção de produtos de forma mais dinâmica e autônoma (KOLBERG et al., 2017).

Complementa-se ao “Termo 10”, a menção dada por Ferreira e César (2020), que destaca que o *Lean Manufacturing* e a Indústria 4.0 são similares em relação dos seus objetivos: o primeiro, busca objetivo de entrega, qualidade, custo, segurança e motivação das pessoas; já o segundo, incorpora elementos de individualização, novos modelos de negócios e sistemas conectados.

Adicionando a resposta, Sakurai e Zuchi (2018) dizem que, novas possibilidades de melhoria da eficiência tornam-se disponíveis com o uso conjunto dos dispositivos da Indústria 4.0 e da filosofia *Lean*. A integração bem-sucedida destas duas abordagens permitirá não só satisfazer as necessidades de cada cliente de forma rápida e eficiente, mas também com um custo apropriado.

E por fim, conclui-se essa discussão de resultados para o “Termo 10” que, quando as duas abordagens são integradas de forma correta, o benefício é a satisfação do cliente de uma forma rápida, eficiente e com um custo adequado, pois a Indústria 4.0 se mostra como uma significativa aliada no apoio às ferramentas do *Lean* quando se objetiva uma melhoria contínua ou quando há uma necessidade atender as condições impostas pelo mercado atual, conforme menciona Santos (2017).

Já para Porto e Almeida (2021), 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.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Indústria 4.0 é uma recente etapa na história das revoluções e apresenta mudanças significativas na cadeia produtiva. O *Lean* é uma técnica de gestão de ampla aplicabilidade que mesmo sendo desenvolvida a mais tempo será sempre utilizada como base para tomadas de decisão e planejamento de processos.

Este trabalho de graduação buscou entregar para os “usuários da plataforma *Google*” resposta objetivas e assertivas por meio de um estudo de revisão da bibliografia conforme destacado no método de pesquisa para responder à questão de pesquisa, o objetivo geral e consequentemente os objetivos específicos desta pesquisa de graduação.

Tivemos “10 Termos” comumente pesquisados pelos usuários. E como resultado prático, “dez respostas” conceituais sobre o tema *lean* e indústria 4.0. Podemos elencar do Capítulo 4 que há uma integração da Indústria 4.0 com a filosofia *Lean* representa uma grande oportunidade de desenvolvimento na estrutura das organizações permitindo colocar em prática a melhoria contínua com processos mais ágeis e flexíveis e atingir uma boa performance do processo produtivo.

Podemos destacar do capítulo “resultados e discussões” dos “Termos” que a tecnologia avançada (Indústria 4.0) e a filosofia enxuta quando perfeitamente combinadas apresentam uma clara visão das necessidades e demandas, auxiliam na redução de desperdícios e colaboram diretamente com o aumento da produtividade. Ainda nesse capítulo identificados as respostas que cumprem o objetivo de responder as principais frases de dúvidas sobre os termos “Lean” e “Indústria 4.0” oriundas dos usuários da plataforma de busca Google.

E ainda, otimizando a gestão da execução e garantindo maior eficiência dos processos. Os dois conceitos, *Lean* e Indústria 4.0, se complementam e buscam os mesmos objetivos finais de eliminar custos, garantir a qualidade do produto, valor ao cliente, aumentar a produtividade e flexibilidade nas operações industriais ou de serviços. Concluimos, a união do *Lean* e a Indústria 4.0, destacam uma nova era da gestão tecnológica e as empresas que vão se manter no mercado são aquelas que conseguirem se adaptar a esse cenário, certamente vão se destacar garantindo a sua competitividade empresarial.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M. de L. **O Modelo de Gestão da Toyota: Uma Análise do Lean Manufacturing ou Manufatura Enxuta Baseada na Teoria Marxiana do Valor Trabalho.** 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós - Graduação em Economia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5047>>. Acesso em: 04 de out. de 2021.

ALVES, M. V. **Aplicação do Lean Manufacturing para Redução de Tempos Improdutivos.** 2015. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2717.pdf>>. Acesso em: 12 de out. de 2021.

ANDERSON, D. J.; CARMICHAEL, A. **Kanban Essencial Condensado.** 2016. 1. ed. Seattle: Lean Kanban University, v. Online. Disponível em: <<https://www.qagile.pl/wp-content/uploads/2018/11/Essential-Kanban-Condensed.pdf>>. Acesso em: 10 de ago. de 2021.

ARTO, J. R. V. **Fundamentos Del Lean Manufacturing – Direccions de Operaciones.** 2010. Madrid, España: EOI - Escuela de Organizacion Industrial. Traduzido para português. Disponível em: <https://static.eoi.es/savia/documents/eoi_mbapt_leanmanufacturing.pdf>. Acesso em: 15 de ago. de 2021.

BAIERLI, I. **Conceitos do Sistema Toyota de Produção Propostos por Shingo e Ohno e sua Aplicabilidade Atual nas Organizações.** 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/327634491_Conceitos_do_Sistema_Toyota_de_Producao_propostos_por_Shingo_e_Ohno_e_sua_aplicabilidade_atual_nas_ororganizaco>. Acesso em: 15 de set. de 2021.

BOETTCHER, M. **Revolução Industrial – Um Pouco da História da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0.** LinkedIn. 2015. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-de-hist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher/?originalSubdomain=pt>>. Acesso em: 12 de out. de 2021.

BORNIA, A. C. **Análise dos Princípios do Método das Unidades de Esforço de Produção.** 1988. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/75452>>. Acesso em: 26 de out. de 2021.

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.

CAMPOS, V. F.; **Controle da Qualidade Total (no estilo Japonês).** Editora FALCONI, 2014.

Disponível em: <<https://pdfcoffee.com/qdownload/tqc-controle-da-qualidade-total-vicente-falconi-campospdf-2-pdf-free.html>>. Acesso em: 04 de out. de 2021.

CANALTECH. “**O que é Big Data**”. 2016. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/big-data/o-que-e-big-data/>>. Acesso em: 12 de out. de 2021.

CARDOSO, M. DE O. **Indústria 4.0: a Quarta Revolução Industrial**. 2016. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17086/1/CT_CEAUT_2015_08.pdf>. Acesso em: 14 de out. de 2021.

CARMONA, A.L.M. **Análise dos Impactos da Indústria 4.0 na Logística Empresarial**. 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/181717>>. Acesso em: 19 de set. de 2021.

CARNEIRO, N. W. **Processo de Melhoria Contínua - Kaizen sob a Ótica de Controladoria: Estudo de Caso**. 2017. Disponível em: <<http://tede.mackenzie.br/jspui/bitstream/tede/3600/5/WELINGTON%20NORBERTO%20CARNEIRO.pdf>>. Acesso em: 08 de out. de 2021.

CASTANHO, A. COMEX do Brasil. **O Futuro da Indústria é o Lean 4.0**. 2021. Disponível em: <<https://www.comexdobrasil.com/o-futuro-da-industria-e-o-lean-4-0/>>. Acesso em: 11 de nov. de 2021.

CAKMAKCI, M. **Process Improvement: Performance Analysis of the Setup Time Reduction-SMED in the Automobile Industry**. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2008. Disponível em: <<https://ur.booksc.eu/book/7357851/11c668>>. Acesso em: 28 de out. de 2021.

CORRÊA, A. J. **Interações entre Indústria 4.0 e Lean Manufacturing: Estudo de Caso em Empresas**. 2020. Disponível em: <<https://repositorio.fei.edu.br/handle/FEI/3201>>. Acesso em: 12 de out. de 2020.

COSTA, C. **Indústria 4.0: O Futuro da Indústria Nacional**. 2017. Disponível em: <<http://seer.spo.ifsp.edu.br/index.php/posgere/article/view/82>>. Acesso em: 14 de out. de 2021.

DALENOGARE, L. S.; BENITEZ, G. B.; AYALA, N. F.; FRANK, A. G. **The Expected Contribution Of Industry 4.0 Technologies For Industrial Performance**. 2018. International Journal of Production Economics, 204, 383-394. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/a/eee/proeco/v204y2018icp383-394.html>>. Acesso em: 09 de set. de 2021.

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada: Um Guia para Entender o Sistema de Produção mais Poderoso do Mundo**. 2ª Ed. São Paulo: Bookman, 2008. Disponível em: <https://www.academia.edu/40161431/Livro_Produ%C3%A7%C3%A3o_Lean_Simplificada_Um_Guia_Para_Entender_o_Sitemad_e_Produ%C3%A7%C3%A3o_mais_Poderoso_do_Mundo>. Acesso em: 15 de ago. de 2021.

DIAS, B. C.; THOMÉ, A. M. T. **A Indústria 4.0 no Contexto da Economia Circular – Uma Revisão.** 2018. Disponível em: <https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=13&art=1159&cad=31065&opcao=com_id>. Acesso em: 12 de out. de 2021.

DOMINGUES, A.; BUENO, M. J. C.; LOPES, M. R. **Análise Comparativa: Lean Manufacturing e Indústria 4.0.** 2019. Disponível em: <<https://fateclog.com.br/anais/2019/AN%c3%81LISE%20COMPARATIVA%20LEAN%20MANUFACTURING%20E%20IND%c3%9aSTRIA%204.0.pdf>>. Acesso em: 27 de out. de 2021.

FERREIRA, A. **Roteiro para Aplicação Do Lean Seis Sigma na Melhoria de Processos Industriais.** 2019. Disponível em: <<http://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi>>. Acesso em: 03 de out. de 2021.

FERREIRA, D. C.; CÉSAR, F. I. G. **Lean e Indústria 4.0: Uma Pesquisa Bibliográfica Exploratória.** 2020. Disponível em: <https://simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=15>. Acesso em: 27 de out. de 2021.

FIA. **Indústria 4.0: O que é, Consequências, Impactos Positivos e Negativos.** 2018. Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/industria-4-0>>. Acesso em: 14 de out. de 2021.

FILHO, E. D.; MARTINS, N. O.; HERRERA, V. E. **Análise do Sistema Toyota em uma Indústria de Embalagens Plásticas da Região de Marília – SP.** 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/5061/4424>>. Acesso em: 28 de set. de 2021.

FIRJAN. **Indústria 4.0: Internet das Coisas.** 2016. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A555B47FF01557E033FAC372E&inline=1>>. Acesso em: 26 de out. de 2021.

FIRJAN. **Indústria 4.0 no Brasil: Oportunidades, Perspectivas e Desafios.** 2019. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-no-brasil-oportunidades-perspectivas-e-desafios.htm>>. Acesso em: 26 de out. de 2021.

FISHER, Fernando. **Essa tal Logística 4.0.** Tecnológica, São Paulo, v. 246, n. 1, p.44-52, 2016. Mensal.

GALLARDO, C. A. **Princípios e Ferramentas do Lean Thinking na Estabilização Básica: Diretrizes para Implantação no Processo de Fabricação de Telhas de Concreto Pré-Fabricadas.** 2007. Campinas - SP: Dissertação de Mestrado. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~adgranja/index_arquivos/Gallardo,CarlosAntonioSamaniego.pdf>. Acesso em: 10 de set. de 2021.

GARCIA, P. **“Robôs Autônomos”.** 2016. Disponível em: <<https://pedrogarcia12av1.wordpress.com/about/robos-autonomos/>>. Acesso em: 13 de out. de 2021.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos De Pesquisa.** 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível

em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9nicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 25 de ago. de 2021.

GHINATO, P. Publicado como 2º cap. **Do Livro Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida e Fernando M. C. SOUZA, Edit da EFPE, Recife, 2000. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5884/1/arquivo7423_1.pdf

GROSCURTH, C. R. **Future-Ready Leadership: Strategies for the Fourth Industrial Revolution**. 2018. 1ª ed. Santa Bárbara: ABC-CLIO

HAHN, J. R. **A Era da Internet Industrial e a Indústria 4.0**. Produção em Foco. Joinville, p. 1-4. 2017.

HAHN, J. R. **Endeavor Brasil**. endeavor.org.br. 2016. Disponível em: <https://endeavor.org.br/uncategorized/oportunidades-industria-4_0/>. Acesso em: 13 de out. de 2021.

IKEZIRI, L. M., MELO, J. C.; CAMPOS, R. T., OKIMURA, L. I.; JUNIOR, J. A. G. **A Perspectiva da Indústria 4.0 Sobre a Filosofia de Gestão da Manufatura Enxuta**. 2019. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/5999>>. Acesso em: 27 de out. de 2021.

JASTI, N. V. K.; KODALI, R. **Lean Production: Literature Review and Trends**. International Journal of Productions Research, pp. 867-885 – 2015.

KOLBERG, D.; KNOBLOCH, J.; ZÜHLKE, D. **Para uma Interface de Automação Enxuta para Estações de Trabalho**. Revista Internacional de Pesquisa de Produção, v. 55, n.10, p.2845-2856, 2017.

LIKER, J. K.; Meier, D. **The Toyota Way – 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer**. 2004. MacGraw-Hill.

LIMA, N. F. G. M. de. **Metodologia Kaizen-Lean e Indústria 4.0 na Manutenção**. 2019. Disponível em: <<https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/15645>>. Acesso em: 14 de out. de 2021.

LIMA, V. B. **Contribuição de Lean Thinking para a Implementação da Indústria 4.0**. 2018. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/57168>>. Acesso em: 27 de out. de 2021.

LÉXICO LEAN. **Glossário Ilustrado para Participantes do Pensamento Lean**. 2ª Edição. Lean Institute Brasil. 2007. Disponível em: <<https://docero.com.br/doc/nvss1sx>>. Acesso em: 18 de set. de 2021.

LYDON, B. **Industry 4.0: Should You Bet on It?** 2015. Disponível em: <[Dishttps://www.automation.com/en-us/articles/2015-1/industry-40-should-you-bet-on-it](https://www.automation.com/en-us/articles/2015-1/industry-40-should-you-bet-on-it)>. Acesso em: 14 de out. de 2021.

MAGALHÃES, A. L. C. C.; SUAREZ, B. S. **A Quarta Revolução Industrial e a Indústria 4.0**. Revista Pesquisa FAPESP. 2017. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/a-corrida-da-industria-4-0/>>, Acesso em 26 de out. de 2021.

MAGALHÃES, D. **Filosofia E Ferramentas Lean. Professor**. 2020. EBTT do Instituto Federal do Espírito Santo. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2020C/filosofia.pdf>>. Acesso em: 20 de out. de 2021.

MARTINS, C. A. **Proposta de Implementação da Ferramenta 5S em Empresa de Tampografia e Serigrafia: Um Estudo de Caso**. 2020. Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba. Disponível em: <<https://ptdocz.com/doc/1452675/proposta-de-implantacao-da-ferramenta-5s---tcc-on-line>>. Acesso em: 10 de ago. de 2021.

MICROSOFT. Azure. **azure.microsoft.com**, 2018. Disponível em: <<https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/what-is-cloud-computing/#benefits>>. Acesso em: 12 de out. de 2021.

MIGUEL, P. A. C. **Estudos de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. Prod. São Paulo, v17, n1, p.216-229, 2007.

NASSER, M. **O Método de Gestão Lean Manufacturing e a Indústria 4.0**. 2021. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/214137>>. Acesso em: 18 de set. de 2021.

NORTEGUBISIAN. **Lean e a Indústria 4.0: Você sabe qual é essa Relação?** 2021. Disponível em: <<https://www.nortegubisian.com.br/blog/lean-e-a-industria-4-0-voce-sabe-qual-e-essa-relacao>>. Acesso em: 11 de nov. de 2021.

OLIANI, L. PASCHOALINO, W. OLIVEIRA, W. **Os Benefícios da Ferramenta de Qualidade 5s para a Produtividade**. Revista Científica UNAR, 2016. Disponível em: <http://revistaunar.com.br/cientifica/documentos/vol12_n1_2016/9-OS%20BENEF%C3%8DCIOS%20DA%20FERRAMENTA%20DE%20QUALIDADE%20S%20PARA%20A%20PRODUTIVIDADE.pdf>. Acesso em: 10 de nov. de 2021.

PASQUINI, N. C. **As Revoluções Industriais: Uma Abordagem Conceitual**. Revista Tecnológica da Fatec Americana, v. 8, n 1, 2020. Disponível em: <<https://fatecbr.websiteseuro.com/revista/index.php/RTecFatecAM/article/view/235>>. Acesso em: 16 de set. de 2021.

PASQUINI, T. C. DE S. **Proposta de Ferramenta para Relacionar os Princípios da Gestão de Qualidade aos Pilares da Indústria 4.0: Influência da Indústria 4.0 na Área da Qualidade**. 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23211/1/ENG_QUALI_2018_17.pdf>. Acesso em: 12 de out. de 2021.

PINTO, J. P. **A Relação entre Lean Manufacturing e Indústria 4.0: Uma Revisão Sistemática da Literatura**. 2020. Disponível em: <<https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/20104>>. Acesso em 16 de set. de 2021.

POMPEU, A.; RABAIOLI, V. **A Filosofia Lean Manufacturing: Seus Princípios e Ferramentas de Implementação.** 2014 Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/275617812/A-Filosolia-Lean-Manufacturing-Seus-Principios-e-Ferramentas-de-Implantacao-Pompeu-A-M-e-Rabaioli-V-2014>>. Acesso em:

Portal da Indústria - CNI. **Desafios Para a Indústria 4.0 no Brasil/Confederação Nacional da Indústria.** 2016. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/>>.

Portal da Indústria – CNI. **Indústria 4.0: Entenda seus Conceitos e Fundamentos.** 2021. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>>. Acesso em: 19 de set. de 2021.

PORTO, B. S.; ALMEIDA, P. R. V. DE. **Lean Manufacturing como Base para Implantação das Tecnologias Emergentes no Contexto da Indústria 4.0.** 2021. Disponível em: <<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/16806/1/BRUNA%20PORTO.pdf>>. Acesso em: 27 de out. de 2021.

PRINZ C.; KREGGENFELD, N.; KUHLENKÖTTER, B. **Lean Meets Industrie 4.0 – A Practical Approach to Interlink the Method World and Cyber-Physical World.** Procedia Manufacturing,v. 23, p. 21-26,2018.

REIS, M. E. P.; ALVES, J. M. **Um Método para o Cálculo do Benefício Econômico e Definição da Estratégia em Trabalhos de Redução do Tempo de Setup.** 2010. Revista Gestão & Produção, São Carlos, v. 17, n. 3, p. 579-588. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-530X2010000300011>>. Acesso em: 04 de out. de 2021.

REVISTA SABER DIGITAL. **Google: Ferramentas de Busca de Informação na Web.** Revista Saber Digital, [S.I.], v. 1, n. 01, p. 12-26, abr. 2021. ISSN 1982-8373. Disponível em: <<http://revistas.faa.edu.br/index.php/SaberDigital/article/view/1028>>. Acesso em: 29 set. 2021.

REZENDE, D. M.; SILVA, J. F. da; MIRANDA, S. M.; BARROS, A. **Lean Manufacturing: Redução de Desperdícios e a Padronização do Processo. (Engenharia de Produção Automotiva).** 2013. Faculdade de Engenharia de Resende. Disponível em: <<https://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/104157.pdf>>. Acesso em: 08 novembro 2021.

RIBEIRO, L.; SILVA, P. **Impacto da Indústria 4.0 nas Organizações, na Perspectiva do Brasil e Portugal.** 2020. Disponível em: <<https://revistas.rcaap.pt/uiips/article/download/21994/17101/85396>>. Acesso em: 20 de out. de 2021.

RICCI, M. **Sistema Toyota de Produção: Um Estudo na Linha de Produção em uma Indústria de Ternos.** 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1697/1/MD_COENP_%202013_1_17.PDF>. Acesso em: 03 de out. de 2021.

ROCHA, E. S.; SILVA, B. B., PAKES, P. R. **Análise do Desenvolvimento e Princípios do Lean Manufacturing.** 2020. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_342_1751_41268.pdf>. Acesso em: 15 de out. de 2021.

ROCHA, J. T.; OLIVEIRA, L. A. T.; SOUZA, F. L.; RAMOS, R. B.; NAZARÉ, T. B. **Os Desafios da Indústria 4.0 no Brasil.** 2019. Revista Mythos, 10(2), 129 -137. Disponível em: <<https://doi.org/10.36674/mythos.v10i2.245>>. Acesso em 26 de out. de 2021

ROMANO, M. **Integração na Indústria 4.0.** logiquesistemas, 2017. Disponível em: <<http://www.logiquesistemas.com.br/blog/integracao-na-industria-40/>>. Acesso em: 13 DE out. de 2021.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício.** 2003. Lean Institute Brasil, São Paulo. Disponível em: <https://www.academia.edu/42287345/Livro_Aprendendo_a_Enxergar_Lean>. Acesso em: 05 de out. de 2021.

SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. **As Revoluções Industriais até a Indústria 4.0.** Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/386>>. Acesso em: 16 de set. de 2021.

SALMAZI, D. F.; LIMA, A. de; STOCO, W. H. **Indústria 4.0 no Brasil: Desafios e Competências da Gestão Logística.** 2019. Disponível em: <https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=14&art=359&cad=17201&opcao=com_id>. Acesso em: 14 de out. de 2021.

SANTOS, B. P. **Interação entre Filosofia Lean e Indústria 4.0 Estudo Exploratório.** 2017. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/7840/1/5597_11559.pdf>. Acesso em: 27 de out. de 2021.

SANTOS, J. P. dos; ANDRADE, A. A. de; FACÓ, J. F. B.; SANTOS, E. B. dos; THIMÓTEO, A. C. de A. **Indústria 4.0 - Esforços Para Ajustar o Homem a Revolução 4.0.** 2020. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/2949/2181>>. Acesso em: 16 de set. de 2021.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial.** 1ª. ed. São Paulo: Edipro, v. 1, 2016.

SELLTIZ, C. **Método de pesquisa nas relações sociais.** 2.ed. São Paulo: EPU, 1975.

SILVA, E. M. da. **Os Pilares Tecnológicos da Indústria 4.0.** 2018. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/os-pilares-tecnol%C3%B3gicos-da-ind%C3%A9ria-40-edson-miranda-da-silva>>. Acesso em: 14 de out. de 2021.

SILVA, L. A. S. DE; RODRIGUES, T. A.; TAMMELA, I. **Lean Manufacturing e Indústria 4.0: Uma Revisão Sistemática da Literatura.** 2019. Disponível em: <https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=14&art=1004&>

cad=36510&opcao=com_id>. Acesso em: 27 de out. de 2021.

SILVEIRA, C. B. **Citisystems**. citisystems.com.br, 2016. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 17 ago. 2021.

SOBRAL, P. 2021. Disponível em: <https://pedrosobral.com.br/aulas-v4?gclid=EAlaIQobChMI06KG68a99AIVp3NvBB1Otg9BEAAYASAAEgJq9fD_BwE>. Acesso em: 15 de out. de 2021.

SORDI, J. O. **Gestão Por Processos: uma Abordagem da Moderna Administração**. Saraivauni, 5ª edição, 2017.

SOUZA, T. A.; ADEMI, G.; EIDELWEIN, E.; QUEIROZ, G. A.; LIMA. **Sistema Toyota de Produção: Duas Visões de Sua Filosofia**. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Thiago-Souza-49/publication/348755169_SISTEMA_TOYOTA_DE_PRODUCAO_DUAS_VISOES_DE_SUA_FILOSOFIA/links/600f24bf299bf14088c06d3b/SISTEMA-TOYOTA-DE-PRODUCAO-DUAS-VISOES-DE-SUA-FILOSOFIA.pdf>. Acesso em: 28 de set. de 2021.

TEECE, D. J. **Explicating Dynamic Capabilities: The Nature And Microfoundations Of (Sustainable) Enterprise Performance**. 2007. Strategic Management Journal, 28 (13), p. 1319–1350. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/smj.640>>. Acesso em: 08 de set. de 2021.

TEMPLE, N. **The Smart Factory and the Converging Roles of IT, Production and Engineering**. 2016. in: Smart IoT. London, UK: Excel.

THE PUBLIC ANSWER. **Discover What People are Asking About**. Disponível em: <<https://answerthepublic.com/>>. Acesso em: 01 de ago. de 2021.

THOMAZ, M. (2015). **Alinhamento Organizacional e Desdobramento da Estratégia Através da Integração do Balanced ScoreCard com o Hoshin Kanri**. 2014. Disponível em: <<https://ria.ua.pt/bitstream/10773/26290/1/documento.pdf>>. Acesso em: 05 de out. de 2021.

VALAMED, L. S. **Avaliação da Integração entre o Lean Manufacturing e a Indústria 4.0 no Ambiente Produtivo**. 2019. Disponível em <<http://eventoscopq.mackenzie.br/index.php/jornada/xvjornada/paper/view/1659/952>>. Acesso em: 12 de out. de 2021.

VERMULM, R. **Políticas Para o Desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil**. 2018. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15486/1/POL%c3%8dTICAS%20PARA%20O%20DESENVOLVIMENTO%20DA%20IND%c3%9aSTRIA%204.0%20NO%20BRASIL_2018.pdf>. Acesso em: 12 de out. de 2021.

VENTURELLI, M. **Indústria 4.0: Uma Visão da Automação Industrial**. Automação Industrial, nov. 2017. Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>>. Acesso em: 16 de set. de 2021.

VITALLI, R. **Indústria 4.0**. industria40.ind.br. 2018. Disponível em: <<https://www.industria40.ind.br/artigo/16751-os-10-pilares-de-industria-40>>. Acesso em: 13 de out. de 2021.

VOTTO, R. G. **Produção Enxuta e Teoria das Restrições: Proposta de um Método para Implantação Conjunta na Indústria de Bens de Capital sob Encomenda**. 2012. 294 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/3699?show=full>>. Acesso em: 08 de set. de 2021.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a Cultura Seis Sigma**. 2010. Belo Horizonte: Editora Poisson Vol.1. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/553945/2/Seis%20sigma%20vol1.pdf>. Acesso em: 02 de out. de 2021.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas Lean Thinking: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza**. 2004. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 408 p.

WOMACK, J. P., JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riquezas**. Rio de Janeiro. 1998. Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/A_mentalidade_enxuta_nas_empresas.html?id=a26Bw1PE3_AC&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 27 de ago. de 2021.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Global Competitiveness Report**. 2020. Disponível em: <https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2020.pdf>. Acesso em 20 de ago. De 2021.

WORLD MANAGEMENT SURVEY. **Pesquisa De Gestão Mundial**. 2014. Disponível em: <<https://worldmanagementsurvey.org/policy-business-reports/business-reports/>>. Acesso em: 20 de ago. de 2021.

WRIGHT, Ian. **What Is Industry 4.0, Anyway?** 2018. Disponível em: <<https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/16521/What-Is-Industry-40-Anyway.aspx>>. Acesso em: 18 de set. de 2021

YAMADA, V. Y.; MARTINS, L. M. **Indústria 4.0: um comparativo da indústria brasileira perante o mundo**. *Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa*, [S.l.], v. 34, n. esp., p. 95-109, abr. 2019. ISSN 2596-2809. Disponível em: <<http://periodicos.unifil.br/index.php/Revistatest/article/view/1011>>. Acesso em: 12 de out. de 2021.