

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO**

DIEGO LUIZ ALESSI

**A INDÚSTRIA 4.0 E OS DESAFIOS NAS EMPRESAS MOVELEIRAS DA CIDADE
DE FLORES DA CUNHA, RIO GRANDE DO SUL**

CAXIAS DO SUL

2022

DIEGO LUIZ ALESSI

**A INDÚSTRIA 4.0 E OS DESAFIOS NAS EMPRESAS MOVELEIRAS DA CIDADE
DE FLORES DA CUNHA, RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado à Área do Conhecimento de
Ciências Sociais da Universidade de Caxias do
Sul, como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Administração.
Área de concentração: Tópicos Especiais.

Orientadora TCC I: Prof. Dra. Roberta
Rodrigues Faoro

Orientadora TCC II: Prof. Dra. Janaina Macke

CAXIAS DO SUL

2022

DIEGO LUIZ ALESSI

**A INDÚSTRIA 4.0 E OS DESAFIOS NAS EMPRESAS MOVELEIRAS DA CIDADE
DE FLORES DA CUNHA, RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado à Área do Conhecimento de
Ciências Sociais da Universidade de Caxias do
Sul, como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Administração.
Área de concentração: Tópicos Especiais.

Orientadora TCC I: Prof. Dra. Roberta
Rodrigues Faoro

Orientadora TCC II: Prof. Dra. Janaina Macke

Aprovado em 29/11/2022

Banca Examinadora

Prof. Dra. Janaina Macke
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Me. Rafael de Lucena Perini
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Me. Gilberto Hummes
Universidade de Caxias do Sul

RESUMO

A indústria 4.0, também conhecida como a quarta revolução industrial, é caracterizada por apresentar um avanço tecnológico e integração dos sistemas muito intensos no setor de produção, aumentando a produtividade e garantindo uma melhor qualidade do processo produtivo. Os desafios os quais as empresas brasileiras têm para a implantação da indústria 4.0 são grandes, e nem todas estão preparadas para essa grande mudança, por isso, o processo de difusão das novas tecnologias deverá ser feito com calma, de acordo com a capacidade de cada uma. Porém, as indústrias que não investirem na infraestrutura para o recebimento da indústria 4.0, serão extintas pois não serão capazes de acompanhar e competir com a concorrência. Com isso, este trabalho tem como objetivo abordar o conceito da indústria 4.0 e analisar os principais desafios dessa nova revolução nas empresas moveleiras da cidade de Flores da Cunha, Rio Grande do Sul. O método utilizado para a construção deste estudo foi a pesquisa qualitativa de nível exploratório, utilizando-se como estratégia de pesquisa, o múltiplo estudo de caso. Como resultado apresenta-se como as empresas entrevistadas entendem essa nova revolução industrial e como estão investindo na implantação deste novo conceito de trabalho.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Revolução Industrial; Integração dos sistemas; Cenário brasileiro.

ABSTRACT

The Industry 4.0, also known as the fourth industrial revolution, is characterized by presenting a technological advance and integration of systems that are very intense in the production sector, increasing productivity and ensuring a better quality of the production process. The challenges faced by Brazilians' companies for the implementation of Industry 4.0 are huge, and not all of them are prepared for this big change, therefore, the process of disseminating new technologies should be done calmly, according to the capacity of each one. However, industries that do not invest in infrastructure to receive Industry 4.0 will be extinct because they will not be able to keep up and have good prices to deal with the competition. With this, this work aims to approach the concept of industry 4.0 and analyze the main challenges of this new revolution in furniture companies in the city of Flores da Cunha, Rio Grande do Sul. The method used for the construction of this study was qualitative research at an exploratory level, using the multiple case study as a research strategy. As a result, it is presented how the companies interviewed understands this new industrial revolution and how they are investing in the implementation of this new concept of work.

Key words: Brazilian scenario; Industrial Revolution; Industry 4.0; Systems integration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Quadro das revoluções industriais	14
Figura 2 – Arquitetura do Sistema Ciber Físicos.....	21
Figura 3 – Comunicação máquina a máquina	24
Figura 4 – 5Vs do Big Data	26
Figura 5 – Código QR	30
Figura 6 – Processo de impressão 3D.....	32
Figura 7 – Impacto da Indústria 4.0 em 2025	34
Figura 8 – Portal para RFID	44
Figura 9 – Ordem de produção com código de barras para leitura.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Metodologia de pesquisa.....	36
Quadro 2 – Triangulação	39
Quadro 3 - Perfil dos entrevistados	41
Quadro 4 - Perfil das empresas.....	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	TEMA E PROBLEMA DO ESTUDO	10
1.2	OBJETIVOS	10
1.2.1	Objetivo Geral	11
1.2.2	Objetivos Específicos	11
1.3	JUSTIFICATIVA.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS	13
2.1.1	Primeira Revolução Industrial	14
2.1.2	Segunda Revolução Industrial	15
2.1.3	Terceira Revolução Industrial	15
2.2	INDÚSTRIA 4.0 – QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	17
2.3	PILARES DA INDÚSTRIA 4.0	20
2.3.1	Elementos base ou fundamentais	20
2.3.1.1	Sistemas Ciber Físicos.....	20
2.3.1.2	Internet das Coisas.....	21
2.3.1.3	Internet de Serviços	22
2.3.2	Elementos Estruturantes	23
2.3.2.1	Automação.....	23
2.3.2.2	Comunicação máquina a máquina – M2M.....	23
2.3.2.3	Inteligência artificial.....	24
2.3.2.4	Big Data.....	25
2.3.2.5	Computação em nuvem	26
2.3.2.6	Integração de sistemas	27
2.3.2.7	Segurança Cibernética	28
2.3.3	Elementos Complementares	28
2.3.3.1	Etiquetas de rádio frequência (RFID).....	28
2.3.3.2	Código QR.....	29
2.3.3.3	Realidade Aumentada.....	30
2.3.3.4	Realidade Virtual.....	31
2.3.3.5	Manufatura aditiva 3D.....	31

2.4	DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 NAS INDÚSTRIAS BRASILEIRAS.....	32
3	METODOLOGIA	36
3.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA	36
3.2	PARTICIPANTES DO ESTUDO.....	37
3.3	PROCESSO DE COLETAS DE DADOS	38
3.3.1	Processo de triangulação.....	38
3.4	PROCESSO DE ANÁLISE DE DADOS	39
4	DESENVOLVIMENTO DE RESULTADOS	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
5.1	LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.	51
	REFERÊNCIAS	51
	APÊNDICE A - ROTEIRO DA ENTREVISTA.....	55

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos é evidente a evolução e ganhos da indústria, desde a invenção da máquina a vapor, que substituiu o trabalho manual até os dias de hoje onde a tecnologia tomou conta do mundo. A Indústria 4.0, considerada a quarta Revolução Industrial ou o Quarto Paradigma de Produção Industrial, altera significativamente o planejamento, execução e cultura dentro das empresas, aliando mão de obra especializada, infraestrutura e alta tecnologia (SACOMANO, *et al.*, 2018).

O tema Indústria 4.0 vem crescendo muito em todo o mundo. Esse termo é motivo de discussão entre especialistas da atualidade, como iniciativa de pesquisa da Alemanha. Criada em 2012, o Programa Indústria 4.0 chamou e chama a atenção de empresas em todo o mundo, por implicar o que pode ser chamado de Revolução Industrial (RÜBMANN, *et al.*, 2015).

Essa quarta Revolução Industrial, chamada de Indústria 4.0, cujo nome veio de um projeto da indústria alemã, denominado *Plattform Industrie 4.0* foi lançada em 2011, na feira de Hannover (SACOMANO, *et al.*, 2018).

Ainda segundo os autores, a operação com a Indústria 4.0, facilita com que a produção seja facilmente acessada e haja controle sobre ela a distância. É criado um modelo virtual da linha de produção onde podem testar primeiro em um computador, garantindo que quando implantado venha a causar o mínimo de problemas. Os pedidos dos clientes são processados e programados automaticamente, além do cliente poder acompanhar seus pedidos de suas próprias casas e fazer customizações tudo online. Quando houver problemas na linha de produção, o sistema mesmo pode requisitar a manutenção ou se comunicar com os sistemas de fornecedores, logísticas entre outros.

Segundo Alisson (2018), é preciso que o Brasil inclua a Indústria 4.0 nas estratégias de política industrial, para que aumente sua competitividade, abrangendo ações como difusão e adoção de tecnologias, criação e desenvolvimento de novas tecnologias, capacitação de mão de obra, criação de startups, entre outras.

Conforme dados do CNI (2020), no Brasil as empresas estão vivendo a fase de transição da 4ª Revolução Industrial, priorizado as tecnologias que aumentam a eficiência no processo produtivo e ajuda a aprimorar a gestão dos negócios. Isso faz com que seja alterado o modo de que empresas e pessoas pensam e executam a sua rotina, facilitando seus processos, levando ao encurtamento dos prazos de lançamentos de novos produtos no mercado, a maior flexibilidade das linhas de produção, aumento da produtividade e eficiência, até a capacidade das empresas de entrarem nas cadeias globais de valor. Infelizmente, poucas são as empresas que estão

preparadas para realizar todas as mudanças necessárias de uma única vez. Por isso, as mudanças serão graduais, conforme a capacidade e planejamento estratégico de cada empresa.

1.1 TEMA E PROBLEMA DO ESTUDO

Esse trabalho tem como tema, apresentar os conceitos propostos pela Indústria 4.0, além de analisar os desafios dela nas indústrias e o seu impacto na economia brasileira. Conforme Bertulucci (2017), para o setor industrial chegar a esse conceito de Indústria 4.0, deve acompanhar os avanços tecnológicos dessa última década, junto às tecnologias do momento, como a Internet das Coisas que é a conexão em rede por meio de dispositivos eletrônicos que permitem a coleta e troca de dados.

A Indústria 4.0 permite a presença de sistemas especialistas em máquinas, dispositivos e processos com o objetivo de melhorar o desempenho da empresa a qual estes pertencem. Com o avanço tecnológico dessa nova revolução, baseiam-se nas fabricas do futuro, termo utilizado por Irwin Welber, que seriam como um grande mecanismo inteligente controlada por uma grande base de dados (HADDARA, 2015).

O maior impacto da Indústria 4.0 é a criação de novos modelos de negócios, que vem acompanhado da preocupação de que os profissionais também precisam se adaptar e se atualizar pois cada ano que passa as fabricas iram se automatizar e conseqüentemente terá cada vez menos trabalhos manuais (BERTULUCCI, 2017).

Segundo Silveira (2017), por ser um novo método de produção que demanda mão de obra qualificada e pelos altos investimentos para a implantação da mesma, pelo menos no Brasil, talvez a Indústria 4.0 demore para alcançar o setor industrial de forma considerável.

Pelo fato desse novo conceito de indústria ter surgido na Europa e por ser ainda novo, sua implantação no Brasil ainda é limitada, embora que seja uma estratégia adotada por várias empresas para poder vencer a competitividade no mercado nacional (OLIVEIRA; SIMÕES, 2017). Portanto, busca-se reunir informações e dados com o propósito de responder ao seguinte problema de pesquisa: entender melhor sobre a Indústria 4.0 e analisar os desafios e impactos nas empresas brasileiras.

1.2 OBJETIVOS

Segundo Marconi e Lakatos (2017), a especificação dos objetivos de uma pesquisa deve responder às questões para que e para quem, sendo que os objetivos podem ser gerais e

específicos. Enquanto o objetivo geral tem relação com a visão global do tema, os objetivos específicos apresentam um caráter mais concreto, têm função de intermediar o atingimento do objetivo geral e aplicá-lo a situações particulares.

1.2.1 Objetivo geral

Conforme Pereira (2016), o objetivo geral deve refletir uma visão global e abrangente do tema da pesquisa. Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho analisar os principais desafios da Indústria 4.0 nas empresas moveleiras da cidade de Flores da Cunha, Rio Grande do Sul.

1.2.2 Objetivos específicos

Pereira (2016) afirma que, os objetivos específicos possuem um caráter mais específico e concreto, com a função de atingir o objetivo geral e aplicá-lo em situações particulares. De forma mais ampla, podem ser entendidos como os capítulos mais relevantes da pesquisa. Para atingir o objetivo geral, são determinados os seguintes objetivos específicos:

- a) mostrar a evolução histórica das revoluções industriais;
- b) entender o conceito da Indústria 4.0;
- c) analisar os pilares da Indústria 4.0;
- d) descrever o desafio da Indústria 4.0 nas empresas brasileiras.

1.3 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho é relevante, pois a indústria, especialmente a partir do século XXI, passou por transformações de inovação, gerando profundas mudanças econômicas e sociais. Essa nova revolução industrial chamada de Indústria 4.0, tende a dar um impulso no crescimento e desenvolvimento da economia. Essa nova etapa, traz transformações em todos setores da sociedade modificando o modelo de negócio. Sendo assim, é necessário entender como essa transformação digital irá mudar em todos aspectos no país que vivemos, desafios que as empresas brasileiras terão que enfrentar para poderem competir no mercado nacional. Toda mudança exige um nível de investimento. Os benefícios trazidos pela Indústria 4.0 são comprovados e sem a sua implementação não haverá um futuro a médio prazo.

Este estudo se justifica pelo momento vivido pelas empresas moveleiras da cidade de Flores da Cunha, Rio Grande do Sul, com a oscilação da economia e suas repercussões. Para se

entrar no trilho da competitividade deve-se incluir a tecnologia e inovação em um lugar de destaque nas estratégias de investimentos. Com base nisso, o estudo buscou entender como as empresas estão se organizando e se adequando a esta nova realidade, se limitando aos impactos na economia brasileira.

Desta forma, o trabalho se justifica na compreensão dos conceitos da Indústria 4.0, juntamente com toda a evolução histórica das revoluções industriais até chegar nesse conceito de indústria tecnológica, conhecida também como a Quarta Revolução Industrial. Mostra de maneira simplificada como será o novo perfil de consumo e as relações com o setor produtivo, além dos desafios que essa nova revolução terá nas indústrias brasileiras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

Uma revolução é definida por sua capacidade em realizar grandes transformações no cenário político, social e econômico. Nos dias de hoje a maioria dos produtos consumidos são procedentes de indústrias, fabricados em escalas. Porém, nem sempre foi assim, até chegar nesse patamar, até o final do século XVIII, os produtos eram fabricados manualmente, por artesãos em oficinas chamadas manufaturas (QUINTINO, 2019).

A Revolução Industrial teve seu marco histórico a partir das transformações que ocorreram na indústria onde acabou mudando e muito o modo de produção a ponto de afetar a sociedade e a economia. Segundo Inglésias (1984), a Revolução Industrial teve início com o emprego de máquinas em substituição do trabalho do homem e não apenas para ajudar o mesmo em atividades de produção, assim dando início da “maquinofatura” substituindo a manufatura.

“A Revolução Industrial foi a mais radical transformação da vida humana já registrada e não foi só uma aceleração do crescimento econômico, mas também da transformação econômica e social” (HOBSBAWM, 2000).

A indústria até então, passou por um longo processo de evolução, com etapas onde teve um grande marco de transformações como podemos ver na Figura 1, onde mostra toda sua evolução passando por três etapas, 1ª, 2ª e 3ª Revolução Industrial até chegar nessa nova transformação, a Indústria 4.0, também chamada de 4ª Revolução Industrial. Na Figura 1, podem ser observadas as evoluções industriais:

Figura 1- Quadro das revoluções industriais



Fonte: Indústria 4.0 (2021).

2.1.1 Primeira Revolução Industrial

Em meados do século XVIII e XIX, ocorreu a Primeira Revolução Industrial, onde sua principal característica foi o surgimento da mecanização que operou transformações na maioria dos setores da vida humana. Essa fase foi marcada principalmente pela substituição da manufatura pela maquinofatura, em outras palavras, a produção artesanal pela produção industrial, provocando a troca da energia produzida pelo homem por energias como a vapor, eólica e hidráulica.

Conforme Inglésias (1984), as empresas do setor têxtil foram as primeiras indústrias a fazerem o uso dessas máquinas, com o emprego do tear mecânico de fiar onde tiveram força logo após o aperfeiçoamento da máquina a vapor.

Com a população que crescia cada vez mais e o aumento do trabalho artesanal o inventor inglês James Hargreaves em 1769, criou a primeira máquina de fiar, onde passou a ser utilizada na Inglaterra. Logo após outro inventor inglês, Richard Arkwright, no mesmo ano criou o tear hidráulico, que foi adequado e usado nas indústrias de tecido. Em 1769 também, James Watt aperfeiçoou as máquinas a vapor, então logo após Edmund Cartwright em 1785, inventou o tear mecânico onde as máquinas podiam ser operadas por uma pessoa só e capaz de fazer o trabalho que 200 pessoas fariam. Iniciando a fase de produção capitalista, onde teve um grande aumento na produção e custos menores (SACOMANO, *et al.*, 2018).

2.1.2 Segunda Revolução Industrial

A partir da segunda metade do século XIX, com novas transformações ocorridas nos processos de produção dos países industrializados teve início a Segunda Revolução Industrial, sendo seu foco na Europa, Estados Unidos e no Japão. Segundo Hobsbawm (2000), a Segunda Revolução Industrial foi caracterizada pelo uso do aço, da eletricidade e do petróleo e também pela industrialização dos países da Europa, Japão, Estados Unidos e a Rússia. Com a utilização desses recursos, acelerou o ritmo industrial, reduzindo o tempo de fabricação e consequentemente os custos onde poderiam ser consumidos em escala cada vez maior.

A 2ª Revolução Industrial pode ser dividida em dois períodos: o inicial que se caracteriza pela transformação do ferro fundido em aço, desenvolvimento do dínamo e a invenção do motor a combustão interna (introdução do maquinismo e a criação de grandes complexos industriais). A segunda fase se caracterizou pelo novo processo de fabricação, conhecido como “linha de montagem” criado por Henry Ford (EDUCABRAS, 2016).

Conforme Schafer (2015), Henry Ford responsável por instituir um modelo de produção que ficou conhecido como fordismo, foi um grande nome nessa segunda etapa da revolução industrial. Ele colocou em prática em sua fábrica de automóveis, a Ford, a produção em série. A forma de trabalho que ele impôs consistia na divisão de tarefas entre os operários, onde cada trabalhador era responsável por uma única tarefa repetitiva, até alcançar uma grande produtividade. Outro importante nome nessa época foi Frederick Winslow Taylor, responsável pelo desenvolvimento de alguns métodos de produção conhecido como taylorismo, onde o funcionário deveria exercer sua tarefa no menor tempo possível, sem saber o resultado final do produto.

Outro marco importante na Segunda Revolução Industrial foi o surgimento da indústria química. Esse modelo de indústria permite que matérias primas sejam sintetizadas artificialmente em laboratório como por exemplo, as anilinas, ácidos, tecidos e corantes sintéticos, explosivos, medicamentos e plásticos (REZENDE, 2010). A Segunda Revolução Industrial se expandiu na Europa, Estados Unidos e Japão, ampliando a produção e a concorrência de grandes blocos econômicos entre os países.

2.1.3 Terceira Revolução Industrial

A Terceira Revolução Industrial, também conhecida como Revolução Técnico-Científica teve início logo após a Segunda Guerra Mundial, meados do século XX, a partir da década de

1950. Essa etapa ficou marcada pela introdução de novas tecnologias, como a robótica e a informática no processo produtivo das empresas, contribuindo para um significativo ganho de produtividade (RIFKIN, 2014).

Ainda segundo o autor, os principais países que comandam as transformações da Terceira Revolução Industrial são os Estados Unidos, na área da informática e telecomunicações; o Japão na área de pesquisas sobre robótica e microeletrônica e a Alemanha na área da biotecnologia.

A ideia de produção em massa foi passada de lado, dando lugar para a produção em lotes, para atender a demanda com redução e controle de estoque. Entretanto, os produtos acabaram passando por um aumento de valor agregado, para compensar o tempo gasto em pesquisas e desenvolvimento tecnológico para a produção do produto, diferenciando essa das primeiras duas revoluções

Além disto, a microeletrônica, informática e a robótica foram utilizadas para aumentar a produção e ter menos custos com a diminuição da mão de obra humana. Outra melhoria que tiveram, foi a inclusão da ideia de uma produção com menos desperdícios, seja de tempo ou de matéria prima (PETRIN, 2014).

Essa ideia de produção, reduzindo desperdícios veio do governo japonês que ao fim da Segunda Guerra Mundial encontrava-se devastado e quase sem recursos. Por isso a Toyota não tinha como copiar o sistema de produção em massa usada por Ford, porém com a necessidade de ser uma empresa competitiva, criou o Sistema Toyota de Produção, com a ideia de redução de desperdícios ao mínimo, eliminação de perdas e com preocupação com a qualidade do produto desde o início da produção (SACOMANO, *et al.*, 2018).

Com isso, podemos ver que na Terceira Revolução Industrial o computador passou a ser a principal máquina usada nas atividades de produção nas indústrias. Por meio da união de *hardware* e *software*, esse meio de trabalho apresentou grande destaque a tecnologia digital, promovendo maior adequação das tarefas produtivas, por meio das equipes de controle.

Neste capítulo, foram apresentadas as três primeiras Revoluções Industriais, onde foram exibidas as diversas técnicas de produção que surgiram no decorrer dos anos. Técnicas essas, que resultaram em muitos benefícios para o crescimento da indústria, porém, também trouxeram vários desafios. O próximo capítulo conceituará a Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0.

2.2 INDÚSTRIA 4.0: QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0, surgiu na Alemanha em 2011 na Feira de Hannover caracterizando o conceito de Fábrica Inteligente. Esse conceito, tinha o intuito de aumentar a produtividade da indústria e melhorar a competitividade com países asiáticos e depois se espalhou mundo a fora. Essa nova revolução irá alterar a maneira de como vivemos, como nos relacionamos e trabalhamos (SCHWAB, 2016).

As três revoluções anteriores foram marcadas pela produção em massa, a eletricidade, as linhas de montagem e a tecnologia da informação, procurando sempre maior produtividade, fazendo com que o desenvolvimento econômico ocorresse com a competição tecnológica. A nova Revolução Industrial, entanto, procura a eficácia na operacional, produtividade e automação dos sistemas produtivos.

Segundo o Sistema FIRJAN (2016), o termo Indústria 4.0 deriva da quarta versão da Revolução Industrial, onde os mundos virtuais e físicos se fundem através da internet. Em outras palavras quer nos passar que fornecedores, distribuidores, unidades fabris e até o produto são conectados digitalmente, proporcionando uma cadeia de valor integrada.

Com a Quarta Revolução Industrial, praticamente tudo, desde objetos a automóveis, serão conectados à internet onde serão conectados entre si para resolver os problemas do nosso dia-a-dia. Na indústria não será diferente, as máquinas inteligentes e a mão de obra humano iram conversar entre si, procurando uma eficiência na produção resultando na customização em larga escala (MACEDO, 2016).

Ainda segundo o autor, a Indústria 4.0 é a era da inteligência artificial, dos robôs, da impressão 3D, da internet das coisas e sobretudo da nanotecnologia. As transformações da nanotecnologia são surpreendentes, onde criam objetos colocando cada átomo e molécula no lugar que quiser, revolucionando a química, a física e até mesmo a medicina.

Conforme Sacomano *et al.* (2018), a Indústria 4.0, possui uma linha de produção que pode ser acionada e controlada remotamente. Foi criado um modelo virtual da linha de produção onde o operador pode ensaiar o computador para que quando implantado venha a causar o mínimo de problemas possíveis. Os pedidos dos clientes são processados e programados automaticamente e o cliente pode acompanhar o processo de produção tudo online. Outro benefício é que, quando houver algum problema na produção, o próprio sistema pode requisitar a manutenção ou interagir com os sistemas de fornecedores, logísticas e outros.

Na linha de produção da Indústria 4.0, atuadores e sensores trabalham juntos no controle da linha de produção, passando informações pela internet ou Intranet para sistemas supervisores

que vão atuando nos equipamentos. Esses sensores e atuadores citados a cima, são chamados de sistemas *ciber* físicos, pois conectam a linha de produção aos interessados via virtual, cibernéticos ou máquinas de comunicação e controle dos equipamentos de produção.

Cada estação de trabalho troca informações com outras estações, onde é chamado de comunicação máquina a máquina, ou seja, as máquinas interagem entre elas, enviando dados e informações ou até mesmo comandos entre elas, além de interagir com os humanos. Caso a linha de produção precise de manutenção, o próprio sistema comunica o setor de manutenção interno da fábrica ou entra em contato com os terceiros responsáveis pela manutenção, claro que já explicando tudo o que está acontecendo, pedindo o reparo. Além disso o cliente também fica sabendo se o produto não poderá ser entregue no prazo. Quando o produto estiver pronto, o cliente passa a rastrear o pedido desde a saída da fábrica até a entrega, tudo online (SACOMANO, *et al.*, 2018).

A Indústria 4.0 surgiu na Alemanha em uma conversa entre autoridades do governo com o propósito de tornar a indústria alemã mais competitiva. Esse termo ganhou reconhecimento global conhecido no Brasil como manufatura avançada. Segundo o estudo alemão da Technische Universität Dortmund, além dos componentes chaves, foram identificados os princípios básicos para a implementação da Indústria 4.0, de acordo com o Sistema FIRJAN (2016), são eles:

- a) interoperabilidade: Permite a troca de informações dos sistemas cyber-físicos de uma fábrica ou ambiente industrial através da internet e internet das coisas;
- b) virtualização: Possível controlar e rastrear remotamente todos os processos devido à presença de sensores, além de simulações de comportamentos reais no ambiente virtual;
- c) descentralização: Quando o sistema cyber-físico fica no comando nas tomadas de decisões do processo produtivo em tempo real. Além disso, as máquinas possuem mais autonomia para realização de ajustes sem a intervenção humana, como por exemplo, acelerar a produção, reduzi-la, ou até mesmo, encerrarem seu funcionamento;
- d) orientação a serviços: Consiste no desenvolvimento de *softwares* customizados direcionados aos serviços da indústria 4.0. O resultado é uma maior flexibilidade de adaptação de acordo com o que o cliente especificar;
- a) capacidade de operação em tempo real: As informações são coletadas de forma instantânea, então, não é necessário ter uma pessoa física na empresa pra alterar ou

transferir a produção em caso de falhas, pois é possível acessar pelo sistema tudo que acontece na fábrica;

- b) modularidade: Esses sistemas modulares dos equipamentos e linhas de produção tornaram as fábricas mais flexíveis, pois permitem a alteração do arranjo físico da linha através do acoplamento e desacoplamento dos módulos produtivos entre si. Por causa disso, a fábrica pode atender os seus clientes com menos tempo e custo.

Com isso, apesar de grandes impactos positivos que essa etapa da Revolução Industrial trouxe para o mundo, vale a pena a reflexão que as tecnologias podem trazer impactos negativos também. Segundo Schwab (2018), com as tecnologias avançando dessa maneira, podem afetar a vida dos seres humanos, atrapalhando a aplicação e habilidades no trabalho, podendo levar a criação de gerações de trabalhadores com vidas precárias. Para que isso não ocorra, é necessário que seja criado novos regulamentos para trabalhos atípicos, além de investimentos em educação de adultos para esse novo método implantado.

Conforme Davis (2016), quando há mudanças, há vencedores e perdedores. Essa nova revolução pode trazer ganhos e perdas e existem três áreas de grande preocupação que são: a desigualdade, segurança e identidade.

Desigualdade: O fator mais discutido sobre desigualdade na Quarta Revolução Industrial é o potencial que ela tem em aumentar o desemprego, além disso, tem estudos que essas novas indústrias também estão criando muito pouco emprego. Porém, o tipo de emprego criado por essas indústrias, procuram mão de obra qualificada, com altos níveis de educação afetando grupos mais velhos e de baixa renda. Essas mudanças no emprego podem aumentar a desigualdade de gênero, pois leva ao desemprego de muitos que não tem essa qualificação pedida por essas novas empresas.

Segurança: O aumento da desigualdade pode afetar também a questão segurança para cidadãos e estado. Segundo o Relatório de Riscos Globais 2016 do Fórum, destaca que um mundo conectado, combinado com o aumento da desigualdade pode criar condições para o extremismo violento e ameaças à segurança possibilitadas pela transferência de poder para atores não estatais. Outro ponto preocupante, é a criação de novos “espaços de batalha”, consequência das novas tecnologias, aumentando as tecnologias letais e tornando cada vez mais difícil de governar e negociar os Estados.

Identidade: Além das preocupações com o aumento da desigualdade e a ameaça à segurança, a Indústria 4.0 também nos afetará como indivíduos e membros de comunidades. Essa nova revolução é a primeira em que suas ferramentas de tecnologia podem se tornar incorporadas em nós e até mesmo mudar quem somos no nível de nossa composição genética.

2.3 PILARES DA INDÚSTRIA 4.0

Os pilares da Indústria 4.0 são conhecidos também como elementos formadores e eles são divididos em: elementos base ou fundamentais, elementos estruturantes e os elementos complementares. Esses pilares são compostos por várias tecnologias focadas na melhoria contínua em termos de eficiência, segurança, produtividade das operações e especialmente no retorno do investimento.

2.3.1 Elementos base ou fundamentais

Segundo Sacomano *et al.* (2018), esses elementos são a base da tecnologia da Indústria 4.0, entre eles estão os sistemas *ciber* físicos (CPS), internet das coisas (IoT) e internet de serviços (IoS).

2.3.1.1 Sistemas *Ciber* Físicos

Os Sistemas *Ciber* Físicos ou *Cyber-Physical Systems* (CPS), é a evolução tecnológica dos computadores, dos sensores e das tecnologias de comunicação que evoluíram com a intenção de melhorar a agilidade, capacidade de processamento das empresas (COELHO, 2016).

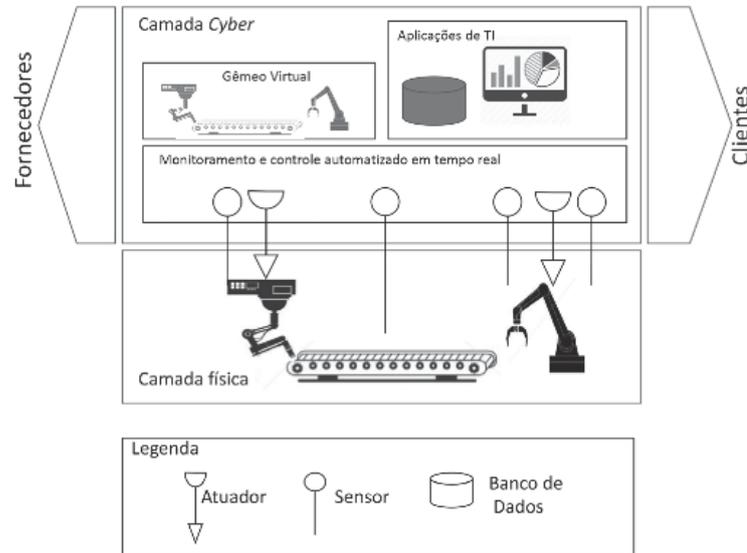
Para Sacomano *et al.* (2018), os CPS são sistemas mecatrônicos compostos por sensores e atuadores que controlados por *softwares* monitoram e controlam os processos industriais mecânicos, químicos, térmicos ou elétricos, no campo físico. Eles transmitem informações e dados em tempo real, conectados por um mundo virtual para o mundo real permitindo que o mundo real possa atuar no sistema produtivo.

Segundo Wang (2016), um sistema ciber-físico pode ser definido como tecnologias que gerenciam sistemas interconectados com seus computadores e ativos físicos com o propósito de controlar objetos mecânicos e eletrônicos. Um CPS consiste em dois componentes funcionais principais: a conectividade avançada e o gerenciamento inteligente de dados.

De acordo com um relatório da ACATECH, um CPS pode ser caracterizado por cinco dimensões que levam a “aumentar a abertura, complexidade e inteligência dos sistemas”: fusão do mundo físico e virtual, formação dinâmica de sistema-de- sistemas, sistemas operacionais autônomos e dependentes de contexto, sistemas cooperativos com controle descentralizado e

colaboração extensa entre sistema humano (SCHUN, 2014). Na Figura 2, podemos ver a arquitetura de um CPS:

Figura 2 - Arquitetura de um CPS



Fonte: Indústria 4.0 (2018).

2.3.1.2 Internet das coisas

A Internet das Coisas ou “*Internet of Things (IoT)*”, descreve-se a objetos físicos e virtuais ligados à internet, que teve suas raízes no Massachusetts *Institute of Technology* em 1999 em um trabalho de identificação de rádio frequência conectada e desde então, tem sido impulsionada pelo aparecimento de sensores cada vez mais pequenos e baratos, assim como outras tecnologias como dispositivos móveis, comunicação *wireless* e tecnologias *cloud* (COELHO, 2016).

Segundo Hermann, Pentek & Otto (2015), a IoT é uma rede de objetos físicos, sistemas, plataformas e aplicativos com tecnologia para interagir com ambientes de fora da empresa. Para eles a Internet das Coisas é a base da Indústria 4.0 (FIRJAN, 2016).

Com a Internet das Coisas os dispositivos de fabricação serão enriquecidos com computação incorporada e conectados, usando tecnologia de última geração. Assim, eles podem se comunicar entre si e com os controladores mais centralizados, além de descentralizar a análise e a tomada de decisões, permitindo respostas em tempo real (RÜBMANN, *et al.*, 2015).

Para Sacomano *et al.* (2018), uma coisa ou objeto que tem capacidade de processamento e também a capacidade de se conectar com a internet pode se chamar de objetos inteligentes. O

autor dá um exemplo de um sensor de temperatura que capta a temperatura de tal ponto de um forno industrial e transmite esse calor pela internet ou Intranet para uma central onde fariam a correção se fosse necessário sem qualquer intervenção humana.

A Internet das Coisas pode criar novos tipos de serviços, como as cidades inteligentes, onde vários elementos das cidades são interligados por sistemas visando uma melhoria para a população, como por exemplo, a melhora no transporte, eliminando congestionamentos, redução de filas, melhor geração e distribuição de energia, melhora na saúde entre outras (SACOMANO, *et al.*, 2018).

2.3.1.3 Internet de serviços

A Internet de Serviços ou *Internet of Services* (IoS) é a evolução natural da *internet of things*. É a conectividade e interação das coisas, criando serviços de valor acessível ao cliente e que vem abrindo muitas oportunidades e desafios (COELHO, 2016).

Para Mena (2018), a IoS pode ser definida como um novo ambiente de negócios, onde objetos inteligentes e serviços são encontrados, contratados e usados online, transformando modelos de negócio. Para a autora a Internet de Serviços pode ser caracterizada como um instrumento de transformação digital.

Conforme o Sistema FIRJAN (2016), quando a rede da Internet das Coisas está funcionando perfeitamente, os dados analisados e processados juntos fornecerão um novo patamar e iram agregar muito mais valor, assim iram surgir novos serviços e os já existentes iram se aperfeiçoar mais. Tudo indica que com o desenvolvimento da Indústria 4.0, este conceito será expandido de uma fábrica para toda sua rede de produção e consumo.

Pela IoS, novos serviços são disponibilizados pela internet ou pela empresa. Tudo será mais prático e fácil e o principal, você poderá resolver tudo de onde estiver com alguns cliques em seu celular ou computador. Um exemplo que o autor coloca: Você poderá ser alertado pelo celular ou computador, que seu carro precisa de revisão, ou até mesmo uma troca de pneus, sem precisar ir até o local ver se precisa, e caso não precise, voltar para casa ou seja você poupara viagens.

Nas empresas com os serviços da IoS, a mesma pode comprar o serviço que uma máquina ofereceria e, quando fosse preciso fazer manutenção nelas, o próprio equipamento pode solicitar (SACOMANO, *et al.*, 2018).

2.3.2 Elementos estruturantes

Segundo Sacomano *et al.* (2018), os elementos estruturantes são os que suportam à Indústria 4.0, porém nem todos são necessários, e, à medida que a indústria se encaminha para ser 4.0 esses elementos podem estar presentes. Alguns desses elementos estruturantes são a Automação, Comunicação máquina a máquina ou (M2M), Inteligência artificial (IA), *Big data*, Computação em nuvem, Integração de sistemas e Segurança cibernética.

2.3.2.1 Automação

A automação pode ser explicada como a realização de tarefas sem a intervenção do trabalho humano, com equipamentos que funcionam sozinhos e são capazes de controlar a si próprios, a partir de condições ou instruções preestabelecidas (SACOMANO, *et al.*, 2018).

Segundo Rubman *et al.* (2015), fabricantes de muitas indústrias já usam robôs pra tarefas complexas, mas os robôs estão evoluindo a cada ano que passa para ter uma utilidade ainda maior nas empresas. Eles estão se tornando mais autônomos, flexíveis, cooperativos e interagindo cada vez mais entre eles para trabalhar em segurança lado a lado com os humanos.

A automação industrial pode ser classificada em dois tipos: controle de processo discreto onde a execução do processo é feita em etapas. Primeiro se alimenta a máquina com matéria prima onde ocorre a reação da mesma e por fim se tira o produto final. O segundo tipo é o controle de processo contínuo onde é feita a operação a fim de garantir o maior volume possível do produto final, onde, quando uma fase da operação termina, o produto já é passado para outra máquina que continuará o processo (SIEMBRA, 2020)

Para Sacomano *et al.* (2018), os robôs nas empresas são muito importantes para tarefas de alto risco ao trabalhador, onde exige velocidade e precisão de execução, além das tarefas que são muito repetitivas. Ele acha que é possível poupar o ser humano dessas atividades que podem causar lesões ou sobre carga de trabalho e também acha que com os robôs a empresa consegue atender melhor a demanda.

2.3.2.2 Comunicação máquina a máquina: M2M

A tecnologia *Machine to machine* ou M2M, é um rótulo que pode ser usado para descrever tecnologias que permitem que dispositivos em rede troquem informações e executem ações sem a ajuda de um ser humano. Ela consiste numa troca de informações entre máquinas

ou com um banco de dados, usando cada vez mais a internet e redes de acesso como o celular (KINAST, 2019).

Segundo Cullinen (2013), o M2M pode ser definido como comunicação entre duas máquinas, podendo ser também a transferência de dados de um dispositivo a um computador central, essa transferência pode ocorrer por rede com ou sem fio. Esse processo denominado Comunicação máquina a máquina, consiste de quatro etapas, são eles: geração, transmissão, análise dos dados e a tomada de decisão.

Com a possibilidade de tomada de decisões das máquinas, elas podem identificar as necessidades de manutenção, como também podem entrar em contato com a manutenção interna ou externa da empresa, informando o que está acontecendo, ao mesmo tempo que diminuir o problema, solicitando às outras máquinas para reduzir a velocidade da linha de produção, assim não prejudicando a máquina com defeito (SACOMANO, *et al.*, 2018). Na Figura 3, pode-se entender um pouco como a comunicação entre máquinas pode ser feita:

Figura 3 - Comunicação máquina a máquina



Fonte: Tech Target (2019).

2.3.2.3 Inteligência artificial

A Inteligência artificial pode ser entendida como qualquer *software* que seja capaz de tomar decisões para alcançar algum objetivo, por meios de algoritmos de análise com grandes

fontes de dados. A IA, como também é conhecida, oferece aplicações como execução de tarefas repetitivas até a automação do atendimento ao público (GENIE, 2021).

Conforme Sacomano *et al.* (2018), a AI tem como objetivo utilizar dispositivos ou métodos computacionais de forma parecida com a capacidade de raciocínio do ser humano, resolvendo na melhor forma possível. A Inteligência artificial além de controlar o processo de produção, também iria dar sugestões nas tomadas de decisões, lembrando sempre que quem comanda a máquina é o ser humano, a máquina só da apoio ao humano.

Na área das empresas, a IA tem gerado vários pontos positivos, principalmente nas atividades relativas ao relacionamento com o consumidor e à automação de tarefas do dia a dia. Destes pontos positivos podemos citar: a redução de custos, otimização da produtividade e a prevenção de fraudes (GENIE, 2021).

2.3.2.4 *Big Data*

O termo *Big Data* refere-se a grandes quantidades de dados armazenados a cada instante, resultante da exigência de milhões de sistemas ligados a rede da Internet das Coisas, que produzem dados em tempo real sobre quase tudo (COELHO, 2016).

Segundo Sacomano *et al.* (2018), é chamado de *Big Data* tudo que é tipo de informação que podem significar o sucesso de qualquer empresa, desde que sejam bem utilizados.

Big Data é um termo voltado para o tratamento de grandes volumes de informações com a ajuda da IoT, que é constituído por diversos sensores que coletam informações em tempo real de todo o processo de produção, desde o fornecedor de matéria prima até a entrega para o cliente. O *Big Data* trouxe para a Indústria 4.0 vários benefícios já citados anteriormente, mas um importante também é o monitoramento de equipamentos em tempo real, assim a máquina tem uma probabilidade de saber quando ela terá uma parada de produção, agregação de informação de diversas fontes de dados entre outras informações (FILHO, 2018).

Para Martins (2015), essas ferramentas são muito importantes nas definições de estratégias de marketing, pois com elas, é possível aumentar a produtividade, reduzir custos e tomar decisões mais inteligentes nos negócios. Para ele os principais aspectos desse termo podem ser definidos por 5 Vs, que são: Volume, Variedade, Velocidade, Veracidade e Valor. A Figura 4 nos mostra os significados dos 5 Vs:

Figura 4 - 5 Vs do *Big Data*

2.3.2.5 Computação em nuvem

A computação em nuvem ou *Cloud Computing* é um novo modelo de computação que permite ao usuário final acessar os serviços e aplicações em qualquer lugar que esteja, basta ter um terminal conectado à “nuvem”. Essa nuvem é a internet, é uma infraestrutura de comunicação composta por *hardwares*, *softwares*, interfaces, redes de telecomunicação, dispositivos de controle e de armazenamento (PEDROSA, *et al.*, 2011).

Segundo a *Microsoft* (2016), a computação em nuvem é o fornecimento de serviços de computação pela internet (nuvem) para oferecer inovações mais ágeis, recursos flexíveis e economia. Esse novo modelo de computação é uma grande mudança adotada pelas empresas sobre os recursos de TI e os motivos das empresas adotarem esse serviço são: menor custo, velocidade, capacidade de dimensionamento elástico, maior produtividade, maior confiabilidade e segurança.

Com esse novo modelo de computação as informações e dados podem ser acessados de forma fácil e ágil de qualquer parte do mundo onde tenha internet (SACOMANO, *et al.*, 2018). Conforme a *Microsoft* (2016), nem todas nuvens são iguais e não tem um tipo de computação que seja ideal para todas as pessoas. Existem vários modelos, tipos e serviços diferentes, cada um tem a solução de ajudar certa necessidade. Há três maneiras de implantar serviços de nuvem: em uma nuvem pública, onde elas pertencem a um provedor de serviço terceirizado e são

administradas por ele com o uso da web; A nuvem privada, em que os recurso de computação em nuvem são usados apenas para uma empresa e pôr fim a nuvem híbrida, que é a combinação das nuvens públicas com as privadas onde há uma tecnologia que permite que dados e aplicativos sejam compartilhados entre elas.

2.3.2.6 Integração de sistemas

A Indústria 4.0 é uma integração entre os processos e setores das fabricas trocando informações rápidas e eficientes para uma tomada de decisões com o objetivo de aumentar a produtividade, diminuir perdas e aumentar a transformação digital para dentro das empresas. O conceito de integração alinhado a Indústria 4.0 foi dividido em integração horizontal que diz respeito a toda cadeia produtiva e integração vertical que integra as funções a serem desenvolvidas dentro da fábrica (PEDERNEIRAS, 2019).

Segundo Sacomano *et al.* (2018), para permitir um funcionamento da Indústria 4.0 em sua plenitude todo sistema precisa estar integrado, sendo isso um dos principais desafios dessa nova revolução industrial. O motivo disso, é que vários equipamentos que trabalham com sistemas desenvolvidos por seus fabricantes, muitas vezes, não se integram com sistemas de outros fabricantes.

Conforme Pederneiras (2019), para a Indústria 4.0 atingir os melhores resultados, deve ter uma interação entre as integrações verticais e horizontais para assim unir processos e otimizar a produção.

A Integração Horizontal se refere a digitalização em toda cadeia de valor, desde fornecedores até o cliente. Sistemas *ciberfísicos* conectados aos sistemas corporativos, introduzindo altos níveis de automação, flexibilidade e eficiência na operação dos produtos (DIAS, 2022).

A Integração Vertical integra a todas funções desenvolvidas dentro da fábrica, visando unir todas camadas logicas da organização, desde o chão de fábrica até o P&D. Os dados são passados de forma livre entre as camadas para que as decisões possam ser orientadas por dados. Esse tipo de integração tem uma vantagem competitiva boa pelo motivo de responder bem e com rapidez aos sinais de mudança de mercado e novas oportunidades (DIAS, 2022).

2.3.2.7 Segurança cibernética

Como todas informações e dados andam online, é importante que haja segurança contra invasões às redes de internet ou Intranet. O roubo ou vazamento dessas informações podem comprometer o modelo da Indústria 4.0. A Segurança Cibernética é uma forma de proteger as empresas e até mesmo pessoas contra os ataques cibernéticos, que roubam e manipulam dados ou arquivos. A segurança cibernética é um conjunto de ações preventivas para impedir os ataques cibernéticos em dispositivos. Ela tem como objetivo prevenir os ataques, realizados por sistemas maliciosos que se aproveitam de falhas dos sistemas para invadir os dispositivos, roubando e manipulando essas informações (SCHULTZ, 2020).

Diante da evolução dos riscos de segurança, se manter atualizado em relação a todas as mudanças e avanços contínuos em ataques pode ser um desafio para as organizações. Porém as empresas podem cada vez mais investir em práticas de segurança para proteger a estrutura da empresa de maneira eficaz e eficiente. Uma empresa que é cautelosa e que investe na segurança é vista como uma empresa madura, assim ela se torna uma melhor escolha para todos (NAKANO, 2021).

2.3.3 Elementos complementares

Para Sacomano *et al.* (2018), os elementos complementares são considerados como acessórios para essa nova revolução industrial, mas não significa que tenham menos importância que os demais elementos, pois complementam os outros. Há muitos elementos complementares e muitos outros surgem a cada dia, mas para o autor os mais importantes são: Etiquetas de rádio frequência (RFID), Código QR, Realidade aumentada, Realidade virtual e Manufatura aditiva 3D.

2.3.3.1 Etiquetas de rádio frequência (RFID)

As Etiquetas RFID (Radio Frequência Identificativo), conhecida também como Identificação por Radiofrequência, são dispositivos de identificação e rastreamento que funcionam através de um sinal de radiofrequência. Esses dispositivos são compostos por uma antena que capta informações e também por um microchip onde armazena dados, onde são protegidos por um dispositivo de comunicação eletrônica (MANDAÊ, 2022).

Segundo Santos (2018), uma Etiqueta RFID pode ser aplicada em pessoas, animais, produtos e documentos. É um pequeno objeto por uma antena ou microchip, onde os dados são armazenados no formato EPC, que é um número onde podem identificá-lo como um código de barras.

Essas etiquetas são compostas por antenas e microchips que enviam e respondem sinais de rádio que são emitidos por uma base transmissora em frequência e que podem ser classificadas em: Etiquetas de RFID passivas, que só respondem os sinais enviados pela base e que não tem energia própria; Etiquetas de RFID ativas, que enviam seu próprio sinal pois possuem energia própria e as Etiquetas RFID semipassivas e semiativas, que possuem sua própria energia, porém precisam de um leitor para poder comunicar as informações, pois elas não tem um modulador e conseqüentemente não podem criar um novo sinal de radiofrequência (SACOMANO, *et al.*, 2018).

2.3.3.2 Código QR

O código QR ou *QR code* é um código de barras bidimensional, cuja sigla QR, vem do inglês *Quick Response Code*, que se traduzido em português significa Código de resposta rápida. Esse código é muito parecido com os códigos de barras, porém ele pode ser escaneado por qualquer celular que tenha câmera e aplicativos para leitura e outro diferencial é que conseguem armazenar mais informações como número de lote, contato, e-mails, SMS, dados de produção entre outros (SACOMANO, *et al.*, 2018).

Conforme o CBBR (2021), os *QR Codes* são muito úteis e podem ser utilizados em diversas operações. O autor destaca que ele é bastante usado dentro das indústrias para identificar as peças, produtos e mercadorias, facilitando os processos presentes na cadeia e suprimentos como o inventário de estoque por exemplo. Com o *QR code* é possível transmitir mensagens, informações, dicas ou qualquer outro interesse da empresa.

Um Código QR é composto por quatro elementos funcionais: informações sobre a versão, informações sobre o formato, chaves de correção de dados e erros e por fim, padrões obrigatórios como (posição, temporização, alinhamento). A estrutura de um *QR code* é muito importante, pois cada um dos módulos tem uma função específica para ele funcionar adequadamente (CBBR, 2021). A Figura 5, mostra um exemplo de Código QR:

Figura 5 - Código QR



Fonte: Código de Barras BR (2021).

2.3.3.3 Realidade aumentada

A realidade aumentada ou, em inglês, *augmente reality* (AR), engloba o mundo real com objetivos virtuais. As características delas são: combina o real com o virtual, interage em tempo real e se apresenta em três dimensões. Com o uso dessa tecnologia, o trabalhador pode acessar várias informações importantes para o desempenho das suas funções sobrepostas à realidade física observada, assim, facilitando o serviço, pois não é necessário manusear monitores ou informações escritas, está tudo no seu campo visual (SACOMANO, *et al.*, 2018).

Segundo Rubman *et al.* (2015), os sistemas baseados em realidade aumentada oferecem suporte a uma enorme variedade de serviços, como a seleção de peças em um depósito e o envio de instruções para manutenção através de um dispositivo móvel como os óculos de realidade aumentada.

A tecnologia da realidade aumentada, através de informações intuitivas e combinando a inteligência do operador humano com a flexibilidade do sistema, pode se reduzir defeitos, retrabalhos, além de aumentar a eficiência do trabalho manual e ao mesmo tempo melhorar a qualidade do trabalho.

2.3.3.4 Realidade virtual

A realidade virtual ou, em inglês, *virtual reality* (VR), surgiu em 1962 depois que criaram uma máquina que produzia sensações de vento e aroma, som estéreo, inclinação do corpo e imagem 3D. Essa máquina com conceito de realidade virtual acabou sendo usada apenas após o desenvolvimento da informática (SACOMANO, *et al.*, 2018).

Segundo Velasco (2019), a RV é um ambiente virtual no qual o usuário pode se inserir como se tivesse mesmo no local, porém tudo não passa de um sistema computacional. A tecnologia faz parecer que o usuário está no ambiente através de efeitos visuais e sonoros, além de ele poder interagir ou não com o que se vê ao redor, conforme as possibilidades do sistema utilizado.

A realidade virtual pode ser definida como um conjunto particular de *hardware*, que podemos incluir computadores, *headphones*, óculos, luvas sensíveis a movimento, entre outros, para parecer realidade, porém não se encontra no local, é apenas uma realidade virtual. Os óculos de realidade virtual já citado acima é uma tecnologia que começou com fotos, onde pode ser usada em filmes e outros ambientes gerados no computador, mas além disso, eles permitem que o cenário interaja com o movimento da cabeça de quem estiver usando, tendo uma visão sobreposta, acompanhando qualquer movimentação do usuário (VELASCO, 2019).

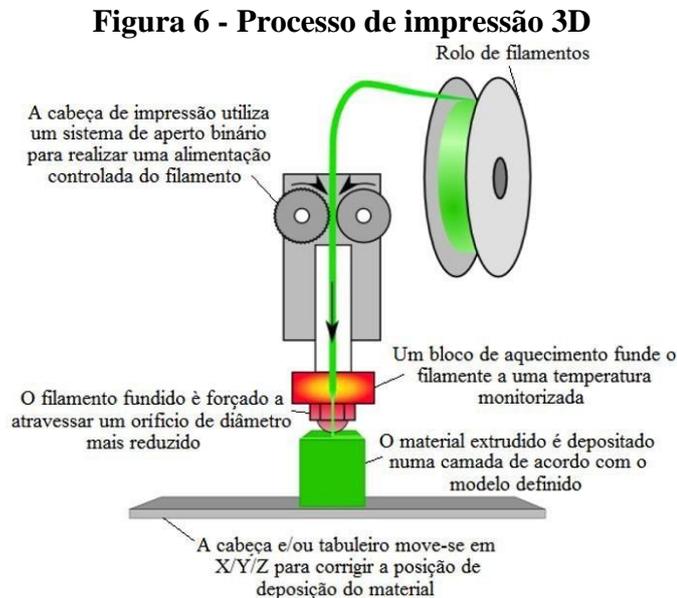
2.3.3.5 Manufatura aditiva 3D

A manufatura aditiva ou impressão 3D como também é conhecida é uma tecnologia que confecciona objetos de geometria complexa a partir de desenhos realizados em computadores. A impressão 3D mostra resultados expressivos, desde o setor da saúde ao setor automotivo e aeronáutico (DIAS, 2020).

Segundo Sacomano *et al.* (2018), essa tecnologia foi inventada por Chuck Hull, em 1984, utilizando a estereolitografia, que é uma tecnologia precursora da impressão 3D. Só em 2010 ela foi renomeada para o nome atual, Manufatura Aditiva por considerarem um termo mais amplo, que engloba a filosofia de manufatura.

As empresas começaram a usar a manufatura aditiva principalmente para prototipar e produzir componentes individuais através da impressão 3D, porém nessa nova revolução, com a Indústria 4.0, esses métodos serão usados para produzir pequenos lotes de produtos personalizados, que oferecem vantagens de construção. Esses sistemas reduzirão as distancias de transporte e o estoque disponível, um exemplo, as empresas aeroespaciais já estão utilizando

esse sistema para reduzir o peso das aeronaves, diminuindo despesas com matérias-primas como o titânio (RÜBMAN, 2015). Na Figura 6 podemos observar como funciona o processo de uma impressora 3D:



Fonte: Medium (2016).

2.4 DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 NAS INDÚSTRIAS BRASILEIRAS

Diversos países pelo mundo, como Alemanha, China, Coreia do Sul, Estados Unidos e Japão, nos últimos anos focaram suas táticas na política industrial e com total apoio dos governos para tornar a Indústria 4.0 uma realidade cada vez mais próxima (ARBIX, 2017).

A Indústria 4.0 ou indústrias inteligentes, como são conhecidas, apontam para diversos ganhos e impactos positivos, no entanto, sua implementação demanda diversos desafios desde a qualificação de mão de obra como vultosos investimentos em digitalização (CNI, 2016).

Nesse sentido entende-se que o Brasil, ainda que haja certas dificuldades, deve se preparar para não ficar de fora do processo da nova indústria digital. Quanto mais adiado o início da implantação, maior será a dificuldade das empresas brasileiras em alcançar empresas internacionais no nível tecnológico e assim o mercado brasileiro pode ter dificuldade de se reposicionar (ARBIX, 2017).

A implantação da Indústria 4.0 no cenário brasileiro traz desafios como: a construção de políticas estratégicas, incentivos governamentais; a reunião de empresários e gestores com postura proativa; e o desenvolvimento tecnológico com a formação de profissionais próximos à indústria. Em complemento, no ano de 2019, a Federação ainda ressalta que os desafios

orientados para a Indústria 4.0 são de alta relevância para o Brasil, englobando uma revolução industrial em curso com importante impacto tecnológico em diversos setores da economia (FIRJAN, 2016).

Conforme Rodrigues (2021), muitas indústrias já utilizam conceitos de manufatura digital mas não totalmente e uns dos motivos disso acontecer são: fornecedores desatualizados das empresas que não se adaptaram aos novos tempos; os investimentos altos que essa etapa pede pensando no momento em que a economia atual se encontra; infraestrutura defasada que inclui redes móveis e internet de alta velocidade e por fim, mas não menos importante, a mudança de cultura, porque a cultura de uma organização é moldada por meio de todo um processo e geralmente está bem enraizada nos colaboradores onde pode provocar bastante resistência por parte deles.

O maior desafio das empresas brasileiras e globais, não é a implantação da tecnologia certa, e sim a falta de cultura digital e de habilidades em sua organização. As empresas precisam desenvolver uma cultura digital desenvolvida e forte e ter certeza de que a mudança é impulsionada por uma liderança da alta administração. O sucesso dessa cultura só terá resultado dependendo de como os líderes conduziram as transformações, além da qualificação dos funcionários para implementar produtos e serviços digitais (PWC, 2017).

Apesar de todos esses problemas que terão que enfrentar para a implantação da Indústria 4.0, o Brasil se encontra diante de uma janela de oportunidades na qual ele pode se qualificar, porém é preciso um planejamento voltado para o desenvolvimento e para a implementação da Indústria 4.0 com urgência. Para o desenvolvimento do Brasil é preciso saber que quem inova mais rápido, superam os mais lentos e conseqüentemente ganham espaço no mercado. (MAGALHÃES *et al.*, s.d).

Conforme Arbix (2017), existem três pilares principais para que o Brasil seja inserido no cenário global da indústria 4.0. O primeiro deles é o foco no desenvolvimento de tecnologias de manufatura avançadas. O segundo pilar é as empresas pensarem que as mudanças não terão efeito imediato, terão que ter paciência pois é um efeito de médio a longo prazo até o setor se adaptar ao processo. Por último, o terceiro pilar é constituído pela difusão e incorporação da metodologia da Indústria 4.0 em diversas instituições da sociedade (MENEZES *et al.*, 2015).

De acordo com a CNI (2016), no Brasil, não há um grande número de empresas preparadas para uma grande mudança de uma única vez. No Brasil, esta mudança é feita de maneira gradativa, principalmente por existir a falta de investimentos em equipamentos de alta tecnologia, de informação e comunicação. A mudança no layout das empresas e dos processos produtivos já instalados são as maiores dificuldades enfrentadas. Para isso, o governo precisaria

investir fortemente em programas de incentivo para viabilizar e induzir o desenvolvimento deste nicho da indústria no país.

Todavia, somente conhecimentos técnicos não serão suficientes para o implantar a Indústria 4.0 no Brasil, será necessário também na educação profissional conteúdos que visem desenvolvimento de competências comportamentais como a flexibilidade e colaboração. Portanto, será preciso resolver problemas que impactam na qualificação de mão de obra no país.

A má qualidade da educação brasileira e as limitações históricas do ensino técnico, combinados com o aquecimento da economia brasileira nos últimos anos, que levou a uma queda progressiva das taxas de desemprego, parecem justificar uma preocupação generalizada na sociedade brasileira a respeito de um suposto ‘apagão de mão de obra’. Há outro aspecto que atrapalha a educação profissional. Para ser mais efetiva, esta deve estar associada a uma experiência prática no setor produtivo que proporcione à pessoa uma vivência com o mundo real do trabalho, e permita adquirir a experiência que é tão valorizada pelos empregadores (SCHWARTZMAN, CHRISTOPHE, 2013, p. 600).

A realização de visitas e intercâmbios em países que já estão em processo de implantação, facilitaria o entendimento e absorção dos métodos que ajudariam a impulsionar o desenvolvimento do país. Dentre alguns dos principais fatores limitantes à implantação ou investimento, está a burocracia existente no país. Tem-se por verdadeiro que são muitos os benefícios trazidos, portanto, se deve investir em maior acesso à informação e identificação de parceiros, que serão decisivos na redução das incertezas na mudança de cultura das empresas (CNI, 2016).

O resultado dos investimentos começa a ser percebido em um curto espaço de tempo. De acordo com McKinsey (2015) estima-se que, até 2025, os processos relacionados à Indústria 4.0 serão capazes de reduzir custos de manutenção de equipamentos entre 10% e 40%, reduzindo o consumo de energia entre 10% e 20% e aumentando a eficiência do trabalho entre 10% e 25%. A Figura 7 mostra uma expectativa do impacto da Indústria 4.0 em 2025:

Figura 7 - Impacto da Indústria 4.0 em 2025



Fonte: CNI (2016).

Esses ganhos são apenas parte dos impactos que terão que ser observados, pois terá também uma série de consequências ao implantar essa nova revolução na indústria brasileira, que são: redução das vantagens comparativas falsas; a ampliação da cooperação entre agentes econômicos; reforço da competitividade que incluem empresas, fornecedores, clientes e ambiente; novos modelos de negócios e de inserção nos mercados; ampliação da escala dos negócios e o surgimento de novas atividades e empregos que terão que se adequar com a nova etapa da Indústria 4.0 (CNI, 2016).

Segundo a CNI (2018), em uma pesquisa feita entre as principais empresas brasileiras, 73% já se encontram no primeiro estágio de implantação das tecnologias de uma Indústria 4.0. A tecnologia mais usada pelas empresas é a automação digital com sensores para controle de processos.

O impacto no setor industrial seria a elaboração de produtos mais dinâmicos e mais inteligentes para atender às novas exigências do mercado consumidor. As empresas que buscam se destacar na economia do país, não devera só pensar no crescimento financeiro, mas também se adequar diante de novos processos procurando posições de destaque no mercado.

A evolução tecnológica está se tornando cada dia mais necessária, é um fator imprescindível para a recuperação econômica e social pelo aumento da produtividade e também pela competitividade dessa nova revolução industrial conhecida como Indústria 4.0 (FIRJAN, 2019).

3 METODOLOGIA

A metodologia é o conjunto de processos ou operações mentais que devem ser empregados na pesquisa, ou seja, trata-se da linha de raciocínio que é adotada no processo de pesquisa e que irá viabilizar a execução dos objetivos, ajudando o pesquisador a compreender melhor o processo de investigação científica (LAKATOS; MARCONI, 2021). Este capítulo tem como objetivo expor os métodos científicos utilizados para a pesquisa sobre os principais desafios da Indústria 4.0 nas empresas brasileiras.

O modelo apresentado no Quadro 1 destaca a metodologia de pesquisa utilizada para a realização deste trabalho, tendo como processo de coleta de dados, entrevistas em profundidade semiestruturadas com gerentes e diretores de três empresas do ramo moveleiro que implantam a Indústria 4.0 na cidade de Flores da Cunha:

Quadro 1 - Metodologia de pesquisa

Delineamento			Participantes ou população de amostra	Processo de coleta	Processo de análise
Natureza	Nível	Estratégia	Participantes do estudo.	Entrevista em profundidade semiestruturada.	- Conteúdo - Discurso
Qualitativa	Exploratório	Múltiplo Estudo de Caso			

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa identifica quais serão as técnicas de pesquisa, ou seja, os instrumentos utilizados para se coletar dados e informações em pesquisa de campo, que devem ser escolhidos e elaborados criteriosamente, visando à análise e explicação de aspectos teóricos estudados. É por meio das técnicas de pesquisa que as fontes de informação falam, fazendo com que a pesquisa demonstre fidelidade, qualidade e completude dos resultados (MARCONI; LAKATOS, 2021).

Com o objetivo de analisar os principais desafios da Indústria 4.0 nas empresas brasileiras, o presente estudo aborda uma pesquisa de natureza qualitativa em nível exploratório, utilizando-se como estratégias de pesquisa, o múltiplo estudo de caso.

Segundo Pereira (2019), no método qualitativo a pesquisa é descritiva, ou seja, as informações obtidas não podem ser quantificáveis e os dados obtidos são analisados de forma indutiva, sendo que a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas nesse processo. Esse método utiliza dados em formato de palavras, frases, imagens, vídeos e áudios ao contrário da pesquisa quantitativa que utiliza números como dados e faz análises estatísticas, por isso requer técnicas de coletas de dados específicas (MACHADO, 2021).

A pesquisa em nível exploratório tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema com intuito de torna-lo explícito ou de construir hipóteses. Esse nível de pesquisa envolve um levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências com o assunto pesquisado, análise com exemplos para explicar direito e assim facilitar a compreensão do assunto (PEREIRA, 2019).

Conforme Gil (2008), a pesquisa em nível exploratório tem objetivo de proporcionar uma visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Para o autor esse tipo de pesquisa é usado especialmente quando o tema é pouco explorado.

Como estratégia, utilizou-se um múltiplo estudo de caso que, segundo Goode e Hatt (1979), é um meio de organizar os dados, preservando do objeto estudado o seu caráter unitário. O estudo de caso é uma das maneiras de fazer pesquisa em ciências sociais, que compreende um método abrangente, com planejamento, da coleta e da análise de dados (YIN, 2015).

3.2 PARTICIPANTES DO ESTUDO

Para que o estudo apresente validade, é importante estar seguro que os dados coletados estejam adequados com o tema estudado na pesquisa. Para que a pesquisa seja validada é preciso que sejam escolhidos os participantes do estudo para a pesquisa qualitativa. “O objetivo ou propósito de selecionar as unidades de estudo específicas é dispor daquelas que gerem os dados mais relevantes e fartos, considerando seu tema de estudo” (YIN, 2016, p. 102).

Conforme Roesch (2012), o pesquisador deve escolher os participantes do estudo com o intuito de aliar os dados obtidos aos objetivos. Contudo, para o presente estudo serão entrevistados os gerentes e diretores de três empresas que já implantam a Indústria 4.0 na cidade de Flores da Cunha, cidade pertencente a Serra Gaúcha.

As entrevistas serão feitas para empresas familiares com raízes italianas que com o passar dos anos se atualizaram e ainda se atualizam para o melhor de seus produtos. Empresas autorais, que desenvolvem tecnologia exclusiva, tentando inovar sempre para a melhor

flexibilidade de seus processos de produção. Entretanto, como qualquer outra empresa do Brasil tiveram e ainda tem vários desafios para ser tornar 4.0 totalmente.

3.3 PROCESSO DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados será realizada por meio de entrevistas. A entrevista caracteriza-se como um encontro entre duas pessoas, com o objetivo de obter informações a respeito de determinado assunto para a coleta de dados, ajudando no diagnóstico ou tratamento de um problema social (MARCONI; LAKATOS, 2017).

Nesse estudo, será usado a entrevista semiestruturada, que tem finalidade de obter informações de entrevistados sobre um determinado tema ou assunto, por meio de uma conversa seguida por um roteiro. Esse tipo de entrevista combina perguntas abertas e fechadas, por meio de um conjunto de questões previamente definidas em uma conversa formal ou informal (BONI; QUARESMA, 2005).

Na pesquisa qualitativa a coleta de dados é concebida de maneira aberta, dessa forma a entrevista terá uma menor quantidade de perguntas e respostas que serão definidas antecipadamente, fazendo-se maior o uso de questionamentos abertos, com expectativa de que os entrevistados respondam de forma espontânea e com suas próprias palavras (FLICK, 2012).

3.3.1 Processo de triangulação

O processo de triangulação tem como objetivo encontrar pelo menos três formas diferentes para comprovar uma determinada descrição, evento ou fato que está sendo evidenciado em uma pesquisa. Uma triangulação ideal busca não apenas três fontes, mas sim três tipos diferentes de fonte, como uma observação direta, um relato verbal e um documento (YIN, 2016).

Seguindo essa forma, o estudo efetuará a triangulação de métodos. As entrevistas semiestruturadas configurarão os relatos verbais e como descrito em seu procedimento, ao longo de sua execução serão efetuadas anotações de campo, evidenciando a observação direta. Tendo em vista que os processos anteriormente citados serão efetuados nas empresas, no final dos mesmos serão solicitados aos entrevistados alguns documentos que confirmem alguns dos elementos descritos ao longo das respostas de suas entrevistas.

A observação direta refere-se à atividade utilizar os sentidos do pesquisador na obtenção de determinados aspectos da realidade observada. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas

também em examinar fatos ou fenômenos que se pretende aumentar o nível de conhecimento (MARCONI; LAKATOS, 2017). Nesse sentido será estabelecido um protocolo de observações com alguns critérios para estabelecer conexões entre as falas dos entrevistados e seus comportamentos não verbais, possibilitando uma melhor análise da conjuntura da entrevista como um todo.

A terceira fonte é a pesquisa documental, onde configura um apanhado geral de registros quanto à processos e ferramentas relacionados ao tema de pesquisa, algo fundamental na obtenção de dados históricos. Essa pesquisa evita duplicações e erros já cometidos, auxiliar na planificação do trabalho e principalmente aprofundar mais o tema por meio da utilização das informações expostas (YIN, 2016; MARCONI; LAKATOS, 2017b). É muito importante o pesquisador mostrar o domínio sobre o tema, apresentando argumentos e descrever como ocorreu a busca pelos materiais, explicando os critérios de inclusão e exclusão, de modo que o leitor tenha condições de avaliar a completude e as limitações da coleta feita.

A necessidade de triangular comprovou como outra forma de reforçar a validade de um estudo, todavia foi menos escondido, dado que o pesquisador capturou e registrou os dados de maneira direta. Assim, o mesmo pode confirmar as evidências necessárias e corretas ao estudo que foi elaborado (YIN, 2016), conforme nota-se no Quadro 2:

Quadro 2 - Triangulação

Processos de coleta de dados	Operacionalização
Entrevista Semiestruturada	Entrevistas presenciais realizadas nas dependências das empresas com o gestor ou diretor da mesma.
Observação	Aplicação do protocolo de observações ao longo das entrevistas e demais dependências visitadas da empresa.
Pesquisa Documental	Relatórios, sites, documentos e demais publicações.

Fonte: Desenvolvido pelo autor (2022).

3.4 PROCESSO DE ANÁLISE DE DADOS

A análise de dados ou conteúdos caracteriza-se por um conjunto de instrumentos metodológicos cada vez mais sutis em constante aperfeiçoamento, que podem ser aplicados a discursos de qualquer origem, com o objetivo de “conhecer aquilo que está por trás das palavras sobre as quais se debruça” (BARDIN, 2011, p. 50).

A análise de conteúdo de mensagens contém duas funções, que são, a função heurística, que enriquece a tentativa exploratória e aumenta a descoberta e a função administração da prova, que é a análise de conteúdo que utiliza hipóteses sobre a forma de questões ou afirmações provisórias com o intuito de serem verificadas sob um método de análise sistemática. A etapa de organização da análise de conteúdo é dividida em três partes: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferência e interpretação (BARDIN, 2011).

Ainda segundo o autor, a primeira fase é a fase da pré-análise, onde ocorre a organização dos dados, onde o principal objetivo é sistematizar as ideias iniciais, criando um esquema de desenvolvimento das operações sucessivas. Essa fase faz a escolha dos elementos, a formulação das hipóteses e objetivos e por fim, elabora os indicadores que dão um fundamento a interpretação final. A segunda fase é da exploração do material, que é a aplicação da sistemática das ações tomadas da pré-análise. A última fase os resultados obtidos na pesquisa passam a se tornar significativos, a partir de tratamentos realizados como as operações estatísticas onde colocam em relevância as informações obtidas através da análise.

4 DESENVOLVIMENTO DE RESULTADOS

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi elaborado um questionário (Apêndice A), o qual se baseou na fundamentação teórica, bem como na visita realizada em três indústrias de médio e grande porte, do setor moveleiro, situadas em Flores da Cunha, interior da Serra Gaúcha em que já possui uma estrutura tecnológica em consonância ao contexto da Indústria 4.0.

É válido destacar que o questionário elaborado compreendia, inicialmente, 23 questões, podendo ser modificadas, por se referir a um roteiro de entrevista semiestruturado. Entre os dias 8 de setembro de 2022 a 15 de setembro de 2022 foram realizadas entrevistas com gerentes, diretores e empresários de empresas moveleiras da serra gaúcha. O Quadro 3 caracteriza o perfil dos entrevistados:

Quadro 3: Perfil dos entrevistados

Entrevistado	Sexo/Idade	Formação	Função	Experiência
A	Masculino, 51 anos	Segundo Grau Incompleto	Presidente Empresarial	27 anos
B	Masculino, 30 anos	Pós em Investimentos voltado a Eng. de Produção	Diretor Industrial	12 anos
C	Masculino, 36 anos	Bacharel e Pós em Produção e Logística	Diretor Industrial	18 anos

Fonte: Desenvolvido pelo autor (2022).

Na sequência, encontra-se o Quadro 4, o qual apresenta os dados das empresas em que foram aplicados os questionários:

Quadro 4: Perfil das empresas

Empresa	Tempo de atuação	Nº de Funcionários	Principais Produtos	Mercado de Atuação
1	28 anos	500	Mobiliário e assentos para escritórios, móveis planejados	Rede de lojas exclusivas por todo o Brasil e pela América do Sul.
2	29 anos	180	Móveis planejados	Representações por todo o Brasil, América Latina, Caribe e Estados Unidos.
3	69 anos	800	Móveis para cozinhas, quartos, living, closet, estofados	Todo o Brasil e mais lojas espalhadas pela América do sul, Central e do Norte.

Fonte: Desenvolvido pelo autor (2022).

Obteve-se, como um dos pontos da pesquisa, entender qual o nível de percepção dos entrevistados acerca do conceito, verificando quais os aspectos da indústria 4.0 implantados na empresa e quais resultados já são perceptíveis. Outro objetivo do trabalho foi questionar as ideias e as estratégias para expansão, apurando o ponto no tempo e em qual patamar hierárquico está este processo. Para Pereira (2013), a análise e discussão dos resultados é o momento em que são discutidos os achados da pesquisa, que são comentados os resultados, fazendo uma comparação entre esses itens adquiridos, com o ponto de vista dos autores sobre o assunto abordado.

Os entrevistados B e C entendem que esta revolução industrial no ramo moveleiro se baseia muito na leitura do produto que está sendo produzido, ou seja, saber onde se encontra cada peça dentro da planta da empresa e com as máquinas “conversando” entre si. Outro ponto importante mencionado pelos entrevistados é que cada vez mais é utilizado o controle de produção, gerenciamento de sistemas e armazenamento diretamente na nuvem, o que envolve muito o setor de TI das companhias. Outro ponto relevante, foi a evolução das indústrias com o passar dos anos, o entrevistado A ressalta “[...] que há alguns anos atrás não existiam máquinas CNC o trabalho era praticamente todo manual e, com o passar dos anos, tudo foi se

modificando, pouco a pouco os processos se automatizaram e facilitou muito a maneira de trabalhar” (Entrevistado A).

Quanto ao questionamento sobre a preocupação com a rapidez que as tecnologias estão sendo implantadas, as empresas 1 e 3 se mostram preocupadas. Como ressalta o entrevistado C, “[...] Sim, temos essa preocupação e por isso montamos um comitê e projeto de Indústria 4.0 na empresa, onde a NEO (Núcleo de Engenharia Operacional) fez um relatório de maturidade e de próximos passos para a empresa” (Entrevistado C).

Já para o entrevistado B, não há motivos para se preocupar, pois segundo ele as tecnologias só vêm para melhorar e facilitar os processos e se nós não optarmos por usá-las, ficaremos para trás “[...] hoje em dia o nosso tempo vale dinheiro então quanto mais rápidos e ágeis, melhor vai ser” (Entrevistado B).

Um dos pontos abordados nas entrevistas foi saber qual foi a maior dificuldade nas implantações de novas tecnologias nas empresas e todas três comentaram que é a maturidade e a capacitação da empresa.

Conforme Santini (2018), para que uma empresa tenha boa competitividade e eficiência, se adaptar à realidade da nova revolução é cada vez mais importante, mas ainda há vários obstáculos a serem superados. Uns deles são: falta de conhecimento, custos da implantação e falta de qualificação. A grande dificuldade da indústria 4.0 para as empresas não é a implementação das tecnologias digitais, mas sim nas transformações ao nível de cultura e da falta de competência para lidar com essas novas mudanças (PWC, 2016).

Como comenta o entrevistado B, “[...] vejo como duas, pelo nosso tamanho que é entre pequena e média empresa o custo é importante na aquisição de novas tecnologias, a gente acaba tendo que ver modelos aplicados para depois poder aplica-los na empresa e vejo como a cultura da empresa pra assimilar e pra treinar também (Entrevistado B).

Outro ponto que fora abordado nas entrevistas foi o entendimento de quais os aspectos referentes à indústria 4.0 as empresas já possuem implantados. Os entrevistados A e C, comentam sobre a conectividade dentro da empresa: “[...] possuímos uma IoT muito boa internamente, a gente colocou Wi-Fi em toda a planta, toda ela tem cabeamento, a maioria das máquinas estão conectadas, assim conseguimos captar produtividade e, junto com outro *software* adquirido, vamos conseguir fazer a análise de inteligência, calculando demanda e capacidade, ajudando a fazer o balanceamento de linha” (Entrevistado A).

Completando, o entrevistado C comenta que a empresa 3, há dois anos atrás instalou o método RFID (*Radio-Frequency Identification*), que seria a identificação por radiofrequência, devido à alta quantidade mensal de volumes, e foram criados portais (Figura 8) que foram

instalados os sistemas responsáveis pela irradiação das ondas eletromagnéticas que fazem a identificação dos microchips acoplados nas etiquetas das peças. Assim será facilitado o processo de expedição, logística para que dificilmente falte alguma peça ao cliente final.

Figura 8: Portal para RFID



Fonte: Empresa 3 (2022).

Segundo Violino (2005), a Identificação por Radiofrequência é o termo utilizado para descrever sistemas que transmitem uma identificação única de um objeto através de ondas de radiofrequência. Esta tecnologia foi projetada permitindo que os leitores capturem os dados contidos nas etiquetas e que eles sejam transmitidos diretamente para o computador, sem a intervenção humana.

Com os esclarecimentos referentes à implantação da Indústria 4.0, foi questionado como os resultados tornaram-se perceptíveis e, se satisfatórios ou insatisfatórios. Dentro das empresas 1 e 2, os entrevistados A e B comentam que após a instalação do *software* e sensores em algumas máquinas, controlando principalmente o tempo de operação, a produtividade aumentou cerca de 9%. Outro ponto comentado foi o treinamento recebido pelos colaboradores, no qual, eles foram preparados para produzir mais e no mesmo tempo de trabalho. De acordo com Chiavenato (2008) as pessoas devem ser visualizadas como parceiras nas organizações.

Chiavenato (2008), ainda destaca que, como tais, elas são fornecedoras de conhecimentos, habilidades, competências e, sobretudo, o mais importante aporte para as organizações: a inteligência. Ela, proporciona decisões racionais e que imprimem significado e rumo aos objetivos globais. Neste sentido, podemos observar que as empresas bem-sucedidas

perceberam isso e tratam seus funcionários como parceiros de negócios e fornecedores de competências.

Os entrevistados, A e C refletem que os resultados obtidos após a implantação das máquinas foram positivos, principalmente nas máquinas de corte das chapas, que através de um *software*, realiza um aproveitamento no corte, além de efetuar um serviço mais ágil. Além disso eles falam que o *software* codifica todos os retalhos que foram sobrados e possui um local de armazenamento, para que em alguma outra oportunidade possa ser reutilizado e localizado facilmente dentro do estoque.

Já, para o entrevistado B, é comentado sobre os resultados serem extremamente perceptíveis, além de muito satisfatórios. Citando exemplos, “[...] vai desde a ordem de produção, que deixa de ser em uma planilha em Excel e agora já possui leitor de código de barras (figura 9) identificando cada processo em que as peças passam, armazenando os dados em nuvem e disponibilizando-os nos *softwares* que gerenciam toda a cadeia produtiva” (Entrevistado B).

Figura 9: Ordem de produção com código de barras para leitura

OP: AADWER40002 17/08/22 Prev Ini 31/08/22 Prev Fim 05/09/22
 M94000603EAD Comp: 2.730 Larg: 130 Esp: 9 QTDD: 1/1
 BARRA LINEAR PARA VISTA MELAMINA 2730X130X9

Acab: MDP BP Cor: AMENDOA

Matéria Prima	Descrição	Arm	Qtd	Und
#1020231	MDP 2750X1850X09MM BP AMENDOA / CONNECT CHESS	015 C	0,41	M2
M1121184	FITA BORDA ABS 19X0,45MM TRAMA AMENDOA		5,79	MT

Roteiro

05 PRE CORTAR	2730 X 136 X 9,00	SEC 02	SECCIONADORA GIBEN SIGMATIC 301	DATA	___/___/___	QTD	___
10 CHAPEAR COMPRIMENTO	2730 X 130 X 9,00	SQB112	ESQUADRA BORDA IMA	DATA	___/___/___	QTD	___
15 ENVIAR P/ SERRA CIRCULAR	2730 X 130 X 9,00	TER004	MOVIMENTACAO INTERNA	DATA	___/___/___	QTD	___

Fonte: Empresa 2 (2022).

Quanto ao questionamento à organização frente a expansão da indústria 4.0, todas as empresas pesquisadas já possuem em seu planejamento estratégico a projeção de que, para nesse, e no decorrer dos próximos anos elas consigam expandir e fazer a aquisição de novas tecnologias. No que diz respeito ao planejamento estratégico, Chiavenato (2003) comenta que o planejamento está relacionado com os objetivos estratégicos de médio e longo prazo e, que

afetam a direção ou a viabilidade da empresa. Este planejamento deve explorar as oportunidades, minimizar as ameaças, fazendo com que, sejam elaboradas as ações futuras.

Para o entrevistado A, a empresa nunca parou no tempo, e que hoje estão adquirindo um novo *software* onde dentro das lojas da empresa eles consigam se fazer os projetos em medidas diferentes e isso vai para uma plataforma onde conseguem fazer as medidas variáveis e que consiga fazer a construção e quando sai da loja e chega na empresa, todo processo fabril entenda o projeto. Os entrevistados B e C, comentam sobre a empresa nunca deixar de investir em tecnologias, estar sempre em busca da atualização no mercado.

O entrevistado B, ainda enfatiza sobre os investimentos da empresa, afirmando que já trabalham com a maioria dos dados da empresa na nuvem e tem sistemas de gestões de manutenção, automação e a maioria das máquinas conversam já com níveis de otimização e programação de corte, furação sem depender de uma mão- usuário para manipular esses dados. Pensa-se também em colocar *softwares* que façam antecipação de gerenciamento de produção que rodem a produção simulando eles ou seja, são simuladores de produção para anteceder o processo.

No que diz respeito a receptividade dos colaboradores, quando a empresa implantou alguma tecnologia nova, todos os entrevistados comentaram que foi positiva, mas com um certo medo e ansiedade logo no início das implantações por causa da cultura da empresa.

Conforme a *Price Waterhouse Coopers Brasil* (2016), as mudanças provocadas pelas novas tecnologias implantadas na empresa podem dificultar a distinção entre antigas condutas de trabalho com as novas. A falta de informação dessa nova realidade por parte dos colaboradores poderá constituir um entrave à mudança cultural.

O entrevistado A, comenta que em primeiro momento as pessoas mais velhas que não tinham um conhecimento relevante em informática tiveram um sentimento de que não seriam mais úteis, porém a empresa sempre deu um apoio, e juntamente com as pessoas mais novas uniram os dois lados para se adaptar melhor as tecnologias. Ele ressalta ainda, “[...] mas temos que ter noção que cada vez mais as pessoas precisam estar preparadas e adaptadas as novas tecnologias” (Entrevistado A).

O entrevistado B, fala que a receptividade foi uma questão de ansiedade de saber que existe um novo modelo de trabalho, mas acompanhado com medo e enfatizou também, “[...] quando a empresa preparou bem os colaboradores para uma nova tecnologia tivemos bons resultados, mas quando não, a gente acabou sofrendo com uma negatividade relacionado ao medo, por estar vendo algo rodar sem ter conhecimento sobre o todo” (Entrevistado B).

Outro ponto abordado na entrevista foi, se após a implantação de uma nova tecnologia na empresa, houve mudanças no quadro de funcionários e se mudou o clima organizacional da mesma.

A cultura organizacional pode facilitar ou travar um novo processo na organização. As mudanças implantadas conseqüentemente provocam um sentimento inicial de rejeição, uma vez que colocam em causa o comodismo alcançado. Assim, a aprendizagem e a preparação são novas habilidades essenciais para este novo ambiente da quarta revolução industrial e uma nova cultura organizacional e ambiente de trabalho (GUZMÁN *et al.*, 2020).

Os entrevistados A e B falaram que sim, ambos acrescentaram que melhoram os processos, deu maior velocidade na produção e toda vez que implantado novas tecnologias, foram feitas novas contratações e novos cargos, nunca houve demissões, pois aumentou a demanda também.

O entrevistado C, também fala que houve mudança no quadro de funcionários, porém ressalta que sobre o clima organizacional da empresa eles não mediram esse impacto, mas indiretamente sim, porém, desde que seja bem conduzido e organizado pode-se reduzir impactos negativos.

Quanto ao questionamento frente as organizações sobre treinamentos voltado a novas tecnologias para a capacitação dos colaboradores, todas empresas comentaram que fazem treinamentos. Segundo a Fispal Tecnologia (2017), como a Indústria 4.0 exige um maquinário diferenciado se torna necessário o treinamento dos funcionários para eles poderem operar adequadamente. Essa formação pode ser dentro da empresa e também com a vinda de alguém de fora para auxiliar no funcionamento da tecnologia. Porém além do treinamento por parte da empresa, é necessário o esforço por parte do colaborador sabendo que aquele que for mais preocupado em se adequar a essa nova revolução terá mais espaço na empresa.

Os entrevistados B e C ressaltam que quando implantado uma nova tecnologia, todos funcionários são convidados a participar do treinamento e quem estiver a frente conduzi-los.

Já o entrevistado A, enfatiza sobre os treinamentos voltados a novas tecnologias para a capacitação dos colaboradores assim: Na nossa empresa quando é feito uma aquisição de uma nova tecnologia já no pacote a gente pega um treinamento junto com a área de manutenção da empresa e também junto ao gestor da área e seus colaboradores.

O último ponto abordado na entrevista, foi questionar se a empresa tem algum produto/serviço que a mesma tem que terceirizar algum processo por falta de tecnologia. Os entrevistados A e C, comentam que suas empresas são detentoras de praticamente 100% de seus

produtos. O entrevistado C ainda comenta, “[...] alguns processos terceirizamos por não optar fazer em casa, mas não pela falta da tecnologia” (Entrevistado C).

Já o entrevistado B, ressalta que, “[...]temos processos que são terceirizados por falta de maquinário e tecnologia relacionados ao aço, dobras de aço que não temos, por ser um produto novo, mas se tiver uma grande demanda a empresa certamente irá adquirir”.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema principal do estudo realizado foi apresentar os conceitos propostos pela Indústria 4.0, além de analisar os desafios dela nas indústrias brasileiras e o seu impacto na economia brasileira. Neste capítulo serão exibidos os resultados obtidos através do estudo realizado com o propósito de abordar o objetivo geral e específicos.

Considerando que o objetivo geral do trabalho é refletir uma visão global e abrangente do tema de pesquisa, o estudo mostra que o objetivo geral é analisar os principais desafios da Indústria 4.0 nas empresas moveleiras da cidade de Flores da Cunha, Rio Grande do Sul.

Dentre os objetivos específicos, buscou-se mostrar um pouco sobre a evolução histórica das revoluções industriais, desde a primeira revolução industrial, onde ficou marcada pela substituição da manufatura pela maquinofatura, passando pela segunda revolução que foi caracterizada pelo uso do aço, da eletricidade e do petróleo e também pela industrialização dos países da Europa, Japão, Estados Unidos e a Rússia. A terceira revolução que se iniciou após a Segunda Guerra Mundial e ficou marcada pela introdução de novas tecnologias, como a robótica e a informática no processo produtivo das empresas até chegar na nova revolução que nos encontramos nos dias de hoje.

O segundo objetivo do trabalho foi entender um pouco sobre o conceito da Indústria 4.0. O trabalho mostrou conceitos de alguns autores explicando melhor sobre essa nova revolução que está mudando para melhor as empresas brasileiras e do resto do mundo.

O terceiro objetivo do trabalho foi analisar os pilares da Indústria 4.0, que são conhecidos também como elementos formadores e que podem ser divididos em três partes, fundamentais, estruturantes e complementares, que são compostos por tecnologias que tem como objetivo eficiência, segurança, produtividade e rendimento para as empresas.

O último objetivo desse trabalho foi descrever os desafios da Indústria 4.0 nas empresas moveleiras da cidade de Flores da Cunha, Rio grande do Sul, que começa desde o alto custo para implanta-la, até a falta de cultura digital e de habilidades em sua organização.

Assim, ao longo dos relatos com os entrevistados, foi possível verificar as limitações e melhorias propostas por esta nova maneira de trabalho. Constatou-se que ela pode afetar diretamente a forma com que as empresas pensam e executam sua rotina, o que as faz sempre buscar novas estratégias diante de um cenário que presencia mudanças constantes.

Com fundamento nos dados coletados, analisou-se também que houve o atingimento ao propósito dos objetivos específicos, os quais buscaram fazer a compreensão do nível de entendimento dos entrevistados, e de suas respectivas empresas, quanto ao conceito da indústria

4.0. Bem como, verificar a existência das metodologias que já foram implementadas e observar os resultados obtidos a partir delas. E, por fim, identificar quais são as estratégias que as empresas estão desenvolvendo para a implantação ou até mesmo para a sua expansão. Porém, pela falta de estabilidade da economia hoje, ela acaba fazendo com que as empresas, por muitas vezes, precisem prorrogar seus planejamentos.

No decorrer das entrevistas, foi conseguida a abordagem de diversos conteúdos sobre como as empresas estão se preparando, e também demonstrando suas limitações. Constatou-se que todas as empresas estão investindo na implantação deste novo conceito de trabalho e, que isto já era previsto em seus planejamentos estratégicos e orçamentos, mesmo nos maquinários e nos treinamentos de funcionários.

5.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Nesta seção são expostas algumas limitações do estudo efetuado, tal qual são indicadas algumas possibilidades existentes quanto à realização de estudos futuros. O presente trabalho foi acompanhado por algumas limitações. Uma delas foi o fato de apenas realizar entrevistas a uma só pessoa de cada organização, constitui uma limitação grande, onde poderá existir desvios de interpretação dos acontecimentos e envasamento de informações, porém, para diminuir um pouco esse risco, foram realizadas visitas às instalações das organizações.

Para pesquisas futura, seria pertinente alargar o estudo a outras empresas e proceder à comparação entre pequenas e médias empresas e grandes empresas no sentido de recolher inputs sobre os eventuais impactos da digitalização das tecnologias digitais na cultura organizacional e perceber quais as principais diferenças e semelhanças. Sugere-se também para trabalhos futuros relacionados a este assunto, segmentar o nicho de mercado em que a empresa atua, a fim de obter resultados mais específicos, auxiliando na formação dos profissionais.

REFERÊNCIAS

- ALISSON, Elton. **Brasil precisa inserir a indústria 4.0 em sua política industrial**. São Paulo: Agência FAPESP, 2018. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/brasil-precisa-inserir-a-industria-40-em-sua-politica-industrial/27571/>. Acesso em: 22 marc. 2022.
- ARBIX, Glauco; SALERNO, Mario S.; ZANCUL, Eduardo. **O Brasil e a nova onda de manufatura avançada**. São Paulo: CEBRAP, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/nec/a/KvxYTQ5LFs3KZ6NJ8cFTJMq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 marc. 2022.
- CBBR. **QR code: O que é, como funciona e como gerar?** Itajaí: CBBR, 2021. Disponível em: <https://codigosdebarrasbrasil.com.br/qr-code/>. Acesso em: 22 marc. 2022.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de Pessoas: novo papel dos recursos humanos nas organizações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- COELHO, P. (2016) **Rumo à indústria 4.0**. Dissertação apresentada para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e gestão Industrial. Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade de Coimbra.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Investimentos em Indústria 4.0**. Brasília: CNI, 2016.
- CULLINEN, M. *Machine to machine Technologies: unlocking the potential of a \$1 trillion industry*. Washington, DC: Carbon War Room, 2013.
- DA QUINTINO, Luís F.; SILVEIRA, Aline Moraes; AGUIAR, Fernanda Rocha D.; *et al.* **Indústria 4.0**. Porto Alegre: Sagah, 2019.
- DAVIS, Nicholas. *What is the fourth industrial revolution?* World Economic Forum, 2016. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/what-is-the-fourth-industrial-revolution/> Acesso em: 28 mar. 2022.
- DIAS, Fernanda. **Entenda o grande impacto da manufatura aditiva no desenvolvimento e produção de inovações**. 2020. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/manufatura-aditiva>. Acesso em: 02 abr. 2022.
- DIAS, Gabriel Martins. **Integração de Sistemas**. São Paulo: Doutoriot, 2022.
- EDUCABRAS. **Segunda Revolução Industrial e o Neocolonialismo**. 2016. Disponível em: https://www.educabras.com/ensino_medio/materia/historia/historia_geral/aulas/segunda_revolucao_industrial_e_neocolonialismo. Acesso em: 02 abr. 2022.

FILHO, Paulo. **Qual é o papel do Big Data na Indústria 4.0?** 2018. Disponível em: <https://www.harbor.com.br/harbor-blog/2018/08/02/qual-e-o-papel-do-big-data-na-industria-4-0/> Acesso em: 04 abr. 2022.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – FIRJAN. **Indústria 4.0**. Rio de Janeiro: Caderno Senai de Inovação. 2016. Disponível em: <https://www.google.com/search?client=safari&rls=en&q=FIRJAN,+Ind%C3%BAstria+4.0+n+o+Brasil:+Oportunidades,+Perspectivas+e+Desafios,+2019&ie=UTF-8&oe=UTF-8>. Acesso em: 06 abr. 2022.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3ªEd. Porto Alegre, RS: Editora Artmed, 2009.

GENIE. **Inteligência Artificial nos negócios: qual o impacto e os benefícios?** Disponível em: <https://www.genie.com.br/inteligencia-artificial/>. Acesso em: 05 abr. 2022.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

GUZMÁN, V.; MUSCHARD, B.; GEROLAMO, M. C.; KOHL, H.; ROZENFELD, H. **Characteristics and skills of leadership in the context of industry 4.0**. *Procedia Manufacturing*, 43: 543–550. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920307472>. Acesso em: 27 ago. 2022.

HADDARA, Moutaz *et al.* **The Readiness of ERP Systems for the Factory of the Future**. *Procedia Computer Science*, [s.l.], v. 64, p.721-728, 2015. Elsevier BV.

IGLÉSIAS, Francisco. **A Revolução Industrial**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1984.

KINAST, Priscilla. **O que é a comunicação M2M?** Porto Alegre: Oficina da Net, 2019. Disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/tecnologia/25004-o-que-e-a-comunicacao-m2m-machine-to-machine>. Acesso em: 06 abr. 2022.

MACHADO, Amália. **O que é pesquisa qualitativa?** Acadêmica pesquisa, 2021. Disponível em: <https://www.academicapesquisa.com.br/post/o-que-%C3%A9-pesquisa-qualitativa>. Acesso em: 20 ago. 2022.

MAGALHÃES, A. L. C. C.; SUAREZ, B. S. **A quarta revolução industrial e a indústria 4.0**. *Revista Pesquisa FAPESP*. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-corrída-da-industria-4-0/>. Acesso em:

MANDAÊ. **O que são etiquetas RFID e como elas otimizam sua logística**. 2022. Disponível em: <https://www.mandae.com.br/blog/etiquetas-rfid-como-funcionam-e-quais-sao-as-suas-vantagens/>. Acesso em: 25 mar. 2022.

MARCONI, Marina de Andrade.; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do Trabalho Científico**. 8. Ed. São Paulo: Atlas, 2017.

- MENA, I. **Verbete Draft: o que é internet dos serviços**. 2018. Disponível em: <https://www.projtodraft.com/verbete-draft-o-que-e-internet-dos-servicos>. Acesso em: 02 abr. 2022.
- MENEZES, Felipe. **A linha do tempo na Engenharia de Produção**. 2015. Disponível em <http://portalgestaodaproducao.com.br/a-linha-do-tempo-na-gestao-e-engenharia-de-producao/>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- MICROSOFT. **O que é computação em nuvem**. 2016. Disponível em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/what-is-cloud-computing/>. Acesso em: 9 abr. 2022.
- MOREIRA, Rui. **Conceção de um sistema de medição sem contato da temperatura do polímero à saída do bico de uma impressora 3D FDM**. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-28-Principio-de-funcionamento-de-uma-impressora-3D-FDM-A-ambiguidade-das-patentes_fig6_321011096. Acesso em: 5 abr. 2022.
- NAKANO, Alexandre. **A importância da segurança cibernética para empresas**. Ingram Micro Brasil, 2021. Disponível em: <https://blog.ingrammicro.com.br/seguranca-da-informacao/seguranca-cibernetica/>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- OLIVEIRA, F. T. de; SIMÕES, W. L. **A Indústria 4.0 e a produção no contexto dos Estudantes de Engenharia**. Goiás: Anais eletrônicos, 2017.
- PEDERNEIRA, Gabriela. **Integração entre Sistemas na Indústria 4.0**. Indústria 40, 2019. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/17953-integracao-entre-sistemas-na-industria-40>. Acesso em: 18 abr. 2022.
- PEREIRA, Matias. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- PETRIN, Natália. **Terceira Revolução Industrial**. 2014. Disponível em: <http://www.estudopratico.com.br/terceira-revolucao-industrial/>. Acesso em: 23 mar. 2022.
- PWC. **PwC aponta os principais desafios da indústria**. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/sala-de-imprensa/noticias/pwc-aponta-os-principais-desafios-da-industria.html>. Acesso em: 25 maio 2022.
- REZENDE FILHO, Cyro de Barros. **História econômica geral**. 9. ed. São Paulo: Contexto, 2010.
- RIFKIN, Jeremy. **A Terceira Revolução Industrial: como o poder lateral está transformando a energia, a economia e o mundo**. São Paulo: M. Books do Brasil, 2012.
- RODRIGUES, Guilherme Valencia S. **O que falta para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil?** Florianópolis: Certi, 2021.
- RÜBMANN, M. *et al.* **Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries**. Boston: Boston Consulting Group, 2015.

SACOMANO, José B.; GONÇALVES, Rodrigo F.; BONILLA, Sílvia H. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. São Paulo: Editora Blucher, 2018.

SANTINI, Beatriz. **Obstáculos para a Indústria 4.0: quais são e como superá-los?** Pollux, 2018. Disponível em: <https://pollux.com.br/blog/obstaculos-para-industria-4-0-quais-sao-e-como-supera-los/>. Acesso em: 25 maio 2022.

SANTOS, Helson. **Etiqueta RFID: O que é, como funciona e como implementação**. Logstore, 2018. Disponível em: <https://medium.com/logstore/etiqueta-rfid-o-que-%C3%A9-como-funciona-e-como-implementar-d8f42b9a40aa>. Acesso em: 02 oct. 2022.

SCHAFER, Gabriel. **Revolução Industrial**. 2015. Disponível em: <http://schafergabriel.blogspot.com.br/2015/02/revolucao-industrial-2-fase.html>. Acesso em: 27 mar. 2022.

SCHWAB, K. **Aplicando a quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2018.

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

SIEMBRA, A. **O que é automação industrial**. 2020. Disponível em: <https://www.siembra.com.br/noticias/o-que-e-automacao-industrial/>. Acesso em: 27 mar. 2022.

SILVA, Débora. **Big data analytics: Domine o conceito e aumente a eficiência da sua indústria**. 2017. Disponível em: <https://www.logiquesistemas.com.br/blog/big-data-analytics/>. Acesso em: 01 abr. 2022.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **O que é a Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**. Citisystems. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>. Acesso em: 26 mar. 2022.

VELASCO, Ariane. **O que é realidade virtual? Conheça esta tecnologia que pode mudar o mundo**. Disponível em: <https://canaltech.com.br/rv-ra/o-que-e-realidade-virtual-conheca-esta-tecnologia-que-pode-mudar-o-mundo-154999/>. Acesso em: 15 abr. 2022.

VIOLINO, Bob. **The Basics of RFID technology**. Alpharetta: RFID JOURNAL LLC, 2005. Disponível em: <https://www.rfidjournal.com/the-basics-of-rfid-technology#:~:text=A%20method%20of%20communication%20between,is%20modulated%20to%20transmit%20data>. Acesso em: 20 abr. 2022.

WANG, L.; WANG, G. **Big data in cyber-physical systems, digital manufacturing and Industry 4.0**. *International Journal of Engineering and Manufacturing (IJEM)*, v. 6, n. 4, p. 1-8, 2016.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

APÊNDICE A - ROTEIRO DA ENTREVISTA

Este estudo visa analisar a Indústria 4.0 e os desafios nas empresas brasileiras. Solicito a vossa colaboração em dispor de alguns minutos para responder precisamente as questões elaboradas. As respostas serão analisadas individualmente, entretanto, os dados da empresa e nome do respondente não serão compartilhados no artigo, garantindo a confidencialidade do conteúdo e o anonimato dos respondentes. Desde já, agradeço a sua colaboração.

PERFIL DO ENTREVISTADO:

1. Sexo:

- Feminino
- Masculino

2. Idade:

3. Tempo de atuação na empresa:

4. Tempo na função:

5. Escolaridade do proprietário:

- 1º Grau incompleto
- 1º Grau completo
- 2º Grau incompleto
- 2º Grau completo
- Ensino Superior Incompleto
- Ensino Superior Completo
- Pós-graduação

DADOS DE CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA:

1. Qual é o mercado de atuação da empresa?

2. Qual é o estágio de industrialização da empresa?

3. Qual é o negócio da empresa?
4. Qual é o número de funcionários?
5. Qual o faturamento anual?
6. Qual a relação de vendas no mercado interno/externo?

QUESTIONÁRIO:

1. O que você entende como indústria 4.0?
2. Você se preocupa, de alguma forma, com a rapidez com que as tecnologias estão sendo introduzidas nas empresas? Caso não, por quê?
3. Qual é a maior dificuldade, na sua opinião, na introdução de novas tecnologias nos processos empresariais?
4. A empresa já vivencia algum aspecto da indústria 4.0 na prática? Se sim. Qual, onde e que resultados já são perceptíveis? (Se possível, informar alguma evidência, documento, gráfico, tabela ou foto).
5. A empresa possui atualmente alguma tecnologia que você considera um diferencial frente aos concorrentes?
6. Na sua opinião, qual o maior impacto da tecnologia na sua empresa?
7. Você como _____, o que considera de pontos positivos e negativos da introdução de novas tecnologias nos processos empresariais?
8. De que forma a empresa está se organizando para a implantação ou expansão da indústria 4.0?

9. Quando a empresa implementou alguma mudança, preferencialmente com a introdução de novas tecnologias, como foi a receptividade dos colaboradores?

10. Na sua empresa, já houve alguma implementação de novas tecnologias que impactaram o quadro de funcionários? Caso sim, houve alguma mudança no clima organizacional da empresa? Caso não, você imagina que impactará, de alguma forma, o clima organizacional caso seja implementada alguma nova tecnologia na empresa que precise reduzir o quadro de funcionários?

11. A empresa adota algum tipo de treinamento voltado às novas tecnologias para a capacitação dos colaboradores? Se sim, quais?

12. Tem algum produto/serviço que a empresa necessite terceirizar algum processo por falta de tecnologias?