



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
CAMPUS MANAUS CENTRO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS**



BRUNO BARROS COELHO

OS ASPECTOS DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL SOB A PERSPECTIVA DA MANUTENÇÃO

**MANAUS – AM
2019**

BRUNO BARROS COELHO

OS ASPECTOS DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL SOB A PERSPECTIVA DA MANUTENÇÃO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Processos Industriais do Campus Manaus Centro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Esp. Sidney Assis Chagas.

Biblioteca do IFAM- Campus Manaus Centro

C672a Coelho, Bruno Barros.
Os aspectos da quarta revolução industrial sob a perspectiva da
manutenção / Bruno Barros Coelho. – Manaus, 2020.
46 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus Manaus*
Centro, 2020.

Orientador: Prof. Esp. Sidney Assis Chagas.

1. Engenharia mecânica. 2. Revolução industrial. 3. Indústria 4.0. 4.
Manutenção. 5. Tecnologia. I. Chagas, Sidney Assis. (Orient.) II. Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Título.

CDD 621

FOLHA DE APROVAÇÃO

BRUNO BARROS COELHO

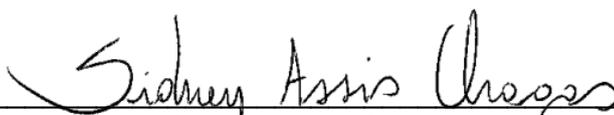
OS ASPECTOS DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL SOB A PERSPECTIVA DA MANUTENÇÃO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Processos Industriais do Campus Manaus Centro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Esp. Sidney Assis Chagas.

Aprovada em: _____.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Sidney Assis Chagas, Presidente
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas

Prof. Esp. Placido Ferreira Lima, Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas

Prof. Esp. Rodson de Oliveira Barros, Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas por ter me dado saúde e forças para superar as dificuldades.

Aos meus pais, minha família e minha noiva que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu pudesse chegar até esta etapa da minha vida.

Aos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constante.

Ao curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal do Amazonas, aos professores Sidney Assis Chagas pela orientação e Aílton Gonçalves Reis por toda a ajuda na produção deste e as pessoas com quem convivi nesse espaço ao longo desses anos. A experiência compartilhada nesse espaço foi a melhor experiência da minha formação acadêmica. Meu muito obrigado. Esse trabalho é dedicado a vocês.

“Não há milagre sem sacrifício”.

(Sensei Georges Mehdi)

RESUMO

A quarta revolução industrial vem sendo chamada de Indústria 4.0. Trata-se de uma revolução baseada na inclusão de tecnologias como os Sistemas Ciber-Físicos, a Internet das Coisas e o grande volume de informações (*Big-Data*) nos processos produtivos, possibilitando uma maior autonomia na tomada de decisão, e maior transparência nas relações entre humanos e máquinas. Este trabalho buscou trazer uma série de conceitos relacionados com a Indústria 4.0, bem como verificar perspectivas e sintetizar informações sobre sistemas de manutenção na nova era industrial bem como identificar todos os requisitos para a implementação dos sistemas de manutenção na nova era industrial é o cerne deste trabalho. Trata-se, portanto, de um trabalho bibliográfico, a qual tem a pretensão de ser mais uma ferramenta de conhecimento sobre a temática escolhida

Palavras-chave: Revolução Industrial. Indústria 4.0. Tecnologias. Manutenção.

ABSTRACT

The fourth industrial revolution has been called Industry 4.0. It is a revolution based on the inclusion of technologies such as Cyber-Physical Systems, the Internet of Things and the big data in the production processes, allowing greater autonomy in decision making and greater transparency in the processes. Human-machine relations. This paper aimed to bring a series of concepts related to Industry 4.0, as well as to verify perspectives and synthesize information about maintenance systems in the new industrial age as well as to identify all the requirements for the implementation of maintenance systems in the new industrial age, job. Therefore, it is a bibliographical work, which pretends to be another tool of knowledge about the chosen theme.

Keywords: Industrial Revolution. Industry 4.0. Technologies. Maintenance.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	8
FIGURA 2 - SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	10
FIGURA 3 - FÁBRICA AUTOMATIZADA.....	11
FIGURA 4 - TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	12
FIGURA 5 - EVOLUÇÃO INDUSTRIAL DO PONTO DE VISTA TEMPORAL.....	14
FIGURA 6 – COMUNICAÇÃO DE DADOS E SERVIÇOS: UMA VISÃO INTEGRADA PARA SUPORTAR A INDUSTRIA 4.0.....	17
FIGURA 7 - <i>CLOUD COMPUTING</i> NA INDÚSTRIA 4.0.....	18
FIGURA 8 - SISTEMAS CIBER-FÍSICOS: A NOVA REVOLUÇÃO.....	19
FIGURA 9 - BIG DATA: O FUTURO É AGORA.....	21
FIGURA 10 - O QUE É MANUTENÇÃO CORRETIVA?.....	28
FIGURA 11 - MANUTENÇÃO PREVENTIVA (<i>INDUSTRY 4.0 - THE INDUSTRIAL BIG CHANGE</i>).....	29
FIGURA 12 - CICLO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD – *Computer Aided Design*

CBM – *Condition Based Maintenance*

CPS – *Cyber Physical Systems*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

IA – *Inteligência Artificial*

IoS – *Internet of Service*

IoT – *Internet of Things*

M2M – *Machine to Machine*

RFID – *Radio Frequency Identification*

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	METODOLOGIA	4
3.	FUNDAMENTOS DA INDÚSTRIA 4.0	6
3.1.	1ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	6
3.2.	2ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	8
3.3.	3ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	11
3.4.	A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL: A INDÚSTRIA 4.0	13
3.4.1.	ASPECTOS HISTÓRICOS	13
3.5.	SURGIMENTO DO CONCEITO DA INDÚSTRIA 4.0	14
3.6.	PRINCIPAIS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0	15
3.6.1.	<i>THE INTERNET OF THINGS (IOT) / INTERNET OF SERVICES (IOS)</i>	16
3.6.2.	<i>CLOUD COMPUTING</i>	18
3.6.3.	<i>CYBER-PHYSICAL SYSTEMS (CPS)</i>	19
3.6.4.	<i>BIG DATA</i>	20
3.7.	IMPACTO DA INDÚSTRIA 4.0	21
3.8.	BENEFÍCIOS DA INDÚSTRIA 4.0	22
3.9.	COMO A INDÚSTRIA 4.0 FUNCIONA NA PRÁTICA	23
4.	MANUTENÇÃO	25
4.1.	DEFINIÇÕES E UM BREVE HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO	25
4.2.	TIPOS DE MANUTENÇÃO	26
4.2.1.	MANUTENÇÃO CORRETIVA	28
4.2.2.	MANUTENÇÃO PREVENTIVA	28
4.2.3.	MANUTENÇÃO PREDITIVA	29
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
	REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

O trabalho foi centrado na investigação das políticas de manutenção na recente revolução intitulada Indústria 4.0, assim como pretendemos contextualizar a indústria 4.0 em si e demonstrar quais os seus aspetos positivos, negativos e suas filosofias na manutenção.

Convém destacar que este tema é bastante recente e sujeito a diversas e contínuas mudanças, seja de filosofia seja de aplicação de conceitos, pelo que ainda há muito para se conhecer e explicar.

Porquanto o setor industrial carece de inovação em competitividade e falta de flexibilidade na hora da produção. Consequentemente, a qualidade dos projetos, tempos de ciclo excessivos ou manutenção de equipamentos. A verdade é que a falta de flexibilidade pode ser considerada como *bottleneck*¹ da indústria - o ponto de estrangulamento, gargalo ou restrição é uma designação do componente que limita o desempenho ou a capacidade de todo um sistema, que se diz ter um estrangulamento (CHASE; Aquilano, 1995).

Naturalmente, o objetivo deste trabalho encerra-se exclusivamente, à pesquisa de temas relacionados com a inovação e tecnologia em paralelo com a ciência e, evidentemente com a engenharia, nesse sentido trata-se de uma pesquisa bibliográfica.

Assim sendo, aprofundaremos nos novos conceitos explorados dentro da indústria 4.0 no setor e de saber como serão aplicados, assim como pretendemos também, abordar quais características fábricas terão de possuir para poder aplicar este modelo de manutenção e quais vantagens e desvantagens que elas vão aplicar essa nova força de trabalho.

A relevância deste estudo se dá pelo fato de que estamos no princípio deste novo paradigma no processo produtivo. Sendo assim, os novos conceitos e

¹ Gargalo. É um fator limitante, que impede que o sistema atinja seu pleno potencial.

fundamentos encontram-se em um estado inicial e o nível de aprofundamento dos problemas que deve ser conduzido de forma profissional e didática.

Além disso, a contribuição científica desse estudo facilitará para que um profissional da área de manutenção amplie sua visão frente à importância desse momento de transição que vivemos, não só no setor de manutenção na indústria em geral, mas também em um contexto mais amplo, no qual indústrias, empresas, escolas e governos se mobilizam em torno do tema da indústria 4.0.

Nesse contexto, esse trabalho apresenta como objetivo geral: investigar, as ações da manutenção industrial que podem possibilitar melhoria em suas operações tendo como base os fundamentos da indústria 4.0 e seus conceitos para a produtividade, eficiência e qualidade e a redução de custos na manutenção de máquinas e equipamentos.

Desse objetivo decorrem quatro específicos, quais sejam:

- a) Estudar as teorias que mostre a utilização dos principais conceitos da indústria 4.0 na manutenção de máquinas e equipamentos e como essas tecnologias podem ajudar no planejamento e solução de problemas do dia a dia de uma indústria.
- b) Identificar quais tipos de tecnologia um profissional pode utilizar para desempenhar seu papel com serviços de manutenção 4.0.
- c) Entender quais atividades da área da engenharia podem desaparecer ou podem evoluir com a utilização crescente da automatização e das indústrias inteligentes.
- d) Mostrar as vantagens e desvantagens da manutenção e que alternativas um profissional capacitado da área pode ter para continuar no mercado de trabalho.

Na busca de alcançar tais objetivos este Trabalho de Conclusão de Curso está formatado em cinco capítulos.

No primeiro apresentamos a introdução onde está explicitado todas as características do trabalho. Depois, a metodologia, a qual explicita as informações metodológicas e pesquisa

No terceiro apresentamos as características das três primeiras revoluções industriais, como pré-requisito para discutir quarta revolução, denominada Indústria 4.0.

2. METODOLOGIA

Este trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica sobre a temática de como aplicar a indústria 4.0 na manutenção industrial. Segundo Gil (2008), “é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”.

Ainda segundo o mesmo autor, a pesquisa bibliográfica tem como a principal vantagem a possibilidade de cobrir uma série de fenômenos de uma forma mais ampla do que poderia ser feita de forma direta, especialmente quando o problema requer dados espalhados geograficamente, como é o caso desse estudo que aborda essa Indústria 4.0.

Cabe salientar que na pesquisa bibliográfica, a escolha e avaliação das fontes utilizadas é de suma importância, já que o uso de fontes secundárias mal conduzidas pode levar a um trabalho incorreto (GIL, 2008).

Para Raupp e Beuren (2006) a condução da pesquisa bibliográfica consiste na consulta de diferentes tipos de materiais bibliográficos, buscando reunir conhecimento sobre a temática de interesse e, assim, atribuir a eles uma nova leitura.

Entretanto, é importante ressaltar que a pesquisa bibliográfica, usualmente, faz parte de todas as pesquisas acadêmicas/científicas, no entanto, algumas são exclusivamente conduzidas dessa forma (GIL, 2008).

Porém, cabe ressaltar que não se trata de uma pesquisa feita de forma aleatória, mas que deve ser conduzida a partir de um conjunto de procedimentos atentos ao assunto abordado, de forma não aleatória (LIMA; MIOTO, 2007).

Para a condução deste trabalho, foram procurados materiais tanto em bibliografia predominantemente acadêmica, como livros, periódicos e sítios relacionados, com a temática bem como em publicações de organizações brasileiras vinculadas com a indústria.

Optamos numa primeira fase introduzir o tema de um modo geral. Assim a apresentação passou para a caracterização das três revoluções industriais e realçando aspectos da atual indústria de modo mais acentuado. A atualidade industrial

foi explicada com algum detalhe para se perceber o impacto da Indústria 4.0. Em seguida passamos a abordar a indústria 4.0 a partir de uma pequena introdução à explicação de seus diversos fatores/causas/consequência. Por último, abordamos, de modo geral, a manutenção e seus impactos na indústria.

3. FUNDAMENTOS DA INDÚSTRIA 4.0

O desenvolvimento desta monografia se refere a um tema que ainda é muito pouco explorado no Brasil, por ainda estar num estado prematuro dessa tendência industrial por isso possui poucas literaturas e informações disponíveis, de forma particular de outros brasileiros, o que impossibilita uma pesquisa mais extensiva e abundante.

A indústria, como conhecemos atualmente, sofreu diversas alterações no decorrer da história. Cresceu paulatinamente e ao longo das descobertas e evoluções. Podemos observar a evolução da indústria mais adiante como foram as 3 eras industriais anteriores à Indústria 4.0.

Nesse sentido, esse capítulo tem como objetivo mostrar as revoluções industriais ocorridas na história, culminando com a apresentação da Indústria 4.0 como temática primeira dessa monografia.

3.1. 1ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Conforme Schwab (2016) a Primeira Revolução Industrial começou entre os anos de 1760 e 1840 na Inglaterra, com a substituição progressiva dos métodos artesanais por máquinas e ferramentas, pela exploração do carvão como energia alternativa em relação a madeira e outros biocombustíveis, e pelo uso crescente da energia gerada por máquinas a vapor.

Entretanto, essa Revolução não pode ser concebida apenas sob o viés da criação de novas máquinas, como afirma Dathein (2003, p.01) “as Revoluções Industriais não podem ser explicadas somente pelas invenções ou descobertas de novas máquinas, fontes de energia, materiais ou métodos [...]”.

Por outro lado, segundo o mesmo autor, não podemos negar que “[...] a difusão das máquinas, chamado de maquinismo, contradiz esse período em relação aos anteriores. ” (DATHEIN, 2003, p.01)

Mas, por que a Inglaterra? Ainda consoante a Dathein (op. Cit) vários fatores concorreram para que ele fosse a precursora dessa revolução:

[...]Por exemplo, a importância de tecidos da Índia e da China pela Inglaterra demonstra uma influência do comércio sobre o desenvolvimento da indústria no país, principalmente a partir do momento em que houve reserva de mercado e substituição de importações. Ao mesmo tempo, um importante mercado interno, com uma relativamente grande urbanização e mercantilização, estimulou a produção de bens de consumo de massa (como têxteis) na Inglaterra, por outro lado, as mudanças que ocorriam foram induzindo, pelo aparecimento de necessidades práticas, novas invenções. (DATHEIN, 2003, p.01)

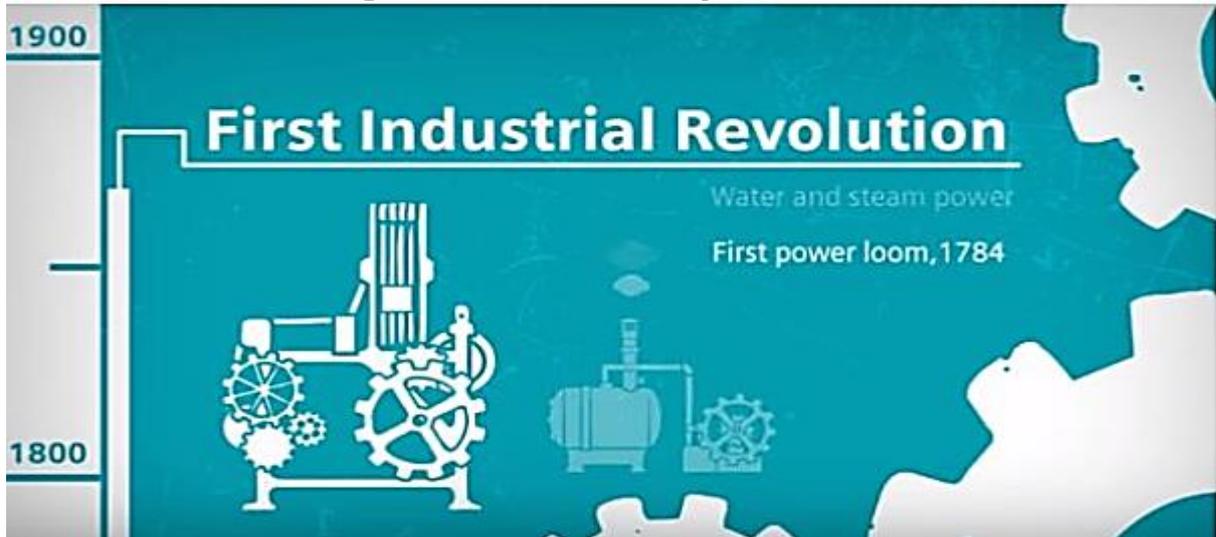
Por conseguinte, consoante a Schwab (2016) esse quadro resultou, sem dúvida nenhuma, alterações nos processos produtivos tiveram consequências significativas a nível económico e social. O artesão que até então controlava todo o processo produtivo que, desde a exploração da matéria-prima até a comercialização do produto final, passou a trabalhar para um patrão que controlava o processo, a matéria-prima, o produto final e os lucros.

Sendo assim, podemos afirmar, o surgimento da mecanização industrial operou transformações significativas em todos os setores da vida social, como já afirmado. Logo,

[...]na estrutura econômica, fez-se a separação definitiva entre o capital, representado pelos donos dos meios de produção, e o trabalho, representado pelos assalariados, eliminando-se a antiga organização corporativa da produção, utilizada por artesãos. (SILVA; GASPARIN, 2005, p.04)

Nesse contexto de avanço e progresso tecnológico, por um lado, e de homens submetidos a remuneração e as condições de trabalho e vida subumanas, por outro que a industrialização lançou as raízes da 2ª Revolução.

Figura 1 - Primeira revolução industrial.



Fonte: Siemens (2013)

3.2. 2ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Por volta de 1860 até o fim da Segunda Guerra Mundial em 1945, as evoluções foram significativas na área da indústria química, elétrica e do aço, assim como um aprimoramento significativo das técnicas existentes.

Surgiram os primeiros barcos de aço movidos por potentes motores a vapor, revolucionando o transporte de mercadorias. Surgiram também as primeiras linhas de produção que viriam permitir a produção em massa e a baixos custos. A invenção e inovação andaram de mãos dadas nesta que foi denominada a Segunda Revolução Industrial (SCHWAB, 2016).

Essas mesmas características, e acrescentando outras sobre esse período, são corroboradas por Silva e Gasparin (2005) ao afirmarem que,

[...]a Revolução Industrial assumiu novas características e uma incontida dinâmica, impulsionada por inovações técnicas, como a descoberta da eletricidade, a transformação de ferro em aço, o surgimento e o avanço dos meios de transporte e, mais tarde, dos meios de comunicação, o desenvolvimento da indústria química e de outros setores. (SILVA; GASPARIN, 2005, p.06)

Também Hobsbawm (1983) ao comparar a Segunda Revolução com a Primeira Revolução Industrial, afirma que a segunda apresenta características próprias que se afastam largamente da primeira. Assim, ao explicitar essas diferenças o autor descreve que:

[...]uma delas foi o papel assumido pela ciência e pelos laboratórios de pesquisa, com desenvolvimentos aplicados à indústria elétrica e química, por exemplo. Surgiu também uma produção em massa de bens padronizados e a organização ou a administração científica do trabalho, além de processos automatizados e a correria transportadora. Concomitantemente, criou-se um mercado de massas, principalmente e em primeiro lugar nos EUA, com ganhos de produtividade sendo repassados aos salários. Por fim houve um grande aumento de escala das empresas, via processos de concentração e centralização de capital, gerando uma economia amplamente oligopolizada (HOBSBAWN, 1983, 160-5).

Este período industrial teve como marco principal a chegada da energia elétrica e a produção em massa. Em se tratando de energia elétrica, é fato que ela continua sendo marco indispensável para todo e qualquer desenvolvimento tecnológico, incluindo aí a própria indústria 4.0.

Para Dathein (2003) o desenvolvimento da eletricidade mudou radicalmente não só a economia e as indústrias, mas também, a vida de toda a população. Para o autor:

[...]as descobertas no âmbito da eletricidade atravessaram o século XIX. Em 1800 houve o desenvolvimento da bateria química de Volta, em 1820 foi descoberto o eletromagnetismo e em 1831, a indução eletromagnética. Em 1832, Faraday desenvolveu o dínamo, que permite converter energia mecânica em elétrica. No entanto, somente nas décadas de 1860 e 1870 desenvolveram-se geradores práticos para utilização comercial. Os dínamos foram acoplados a máquinas a vapor, rodas hidráulicas ou turbinas, o que tornaria possível o uso da eletricidade como energia para a indústria, a iluminação e o transporte. Em 1878/79 Edison inventou a lâmpada de filamento e em 1880 foi desenvolvida a tração elétrica, permitindo a criação do trem elétrico e a construção, por exemplo, os metrô de Londres, Budapeste e Boston na década de 1890. Na década de 1880 foram fabricados cabos para transmissão a longa distância, isolantes e mediadores, por exemplo[...]. Dessa forma, surgiu uma nova indústria, a indústria elétrica, de material, geração e distribuição. (DATHEIN, 2003, p.06).

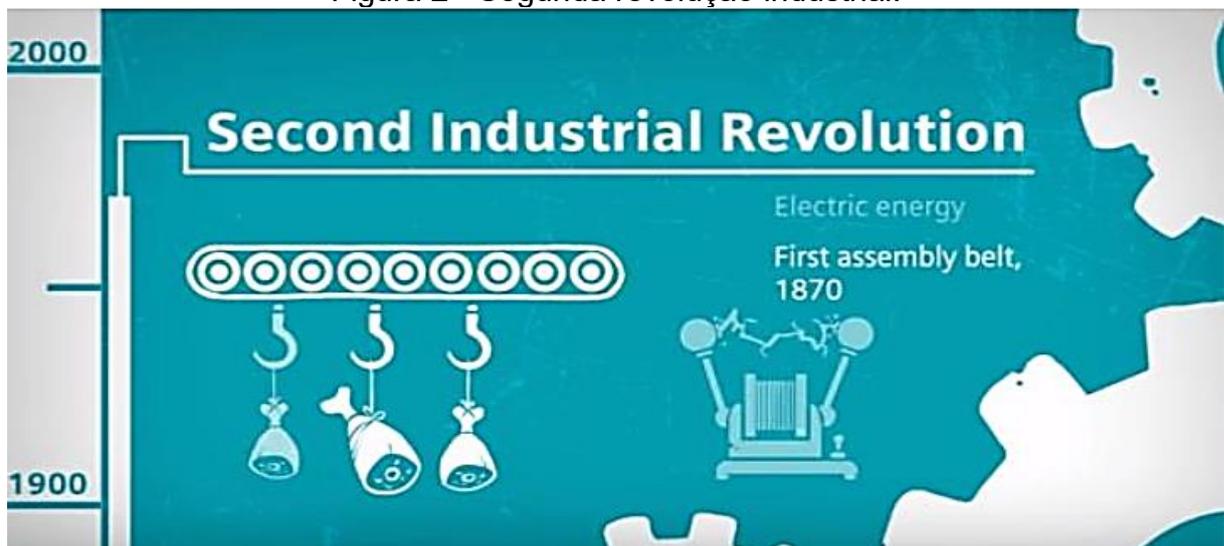
Por fim, não poderíamos de mencionar a descoberta, nessa mesma fase produtiva, de uma nova e revolucionária fonte de energia: o petróleo, que apresentava inúmeras vantagens sobre o carvão, até então usado como fonte de energia.

Na década de 1850 James Young, químico escocês, desenvolveu as bases para a redefinição do petróleo. Em 1859 já havia extração de petróleo a 210 metros de profundidade nos EUA. De outra parte, surgiram os motores a combustão interna. Em 1860 o engenheiro francês Leonir patenteou o motor a gasolina, tendo surgido também motores a gás. Em 1876 N. Otto desenvolveu o motor a quatro tempos, e em 1885 Daimler e Benz criaram o automóvel, tendo sido o primeiro carro popular construído em 1894. Estes motores também foram utilizados em barco nesta época (CIPOLLA, 1974, p.52).

Foi nesse período então, que o mundo conheceu, de fato, a industrialização e a produção em massa. Resulta daí a possibilidade das pessoas terem o conforto e de usar produtos que anteriormente lhes eram negados.

Porém, embora de forma sucinta, não poderíamos deixar de mencionar que, dessa fase, decorrem também, aspectos negativos: capitalismo desenfreado, doenças relacionadas ao trabalho do cotidiano de estresse e desemprego resultante da substituição do homem pela máquina. Mesmo assim, o mundo estava pronto para uma nova fase de desenvolvimento revolucionário: a terceira revolução industrial.

Figura 2 - Segunda revolução industrial.

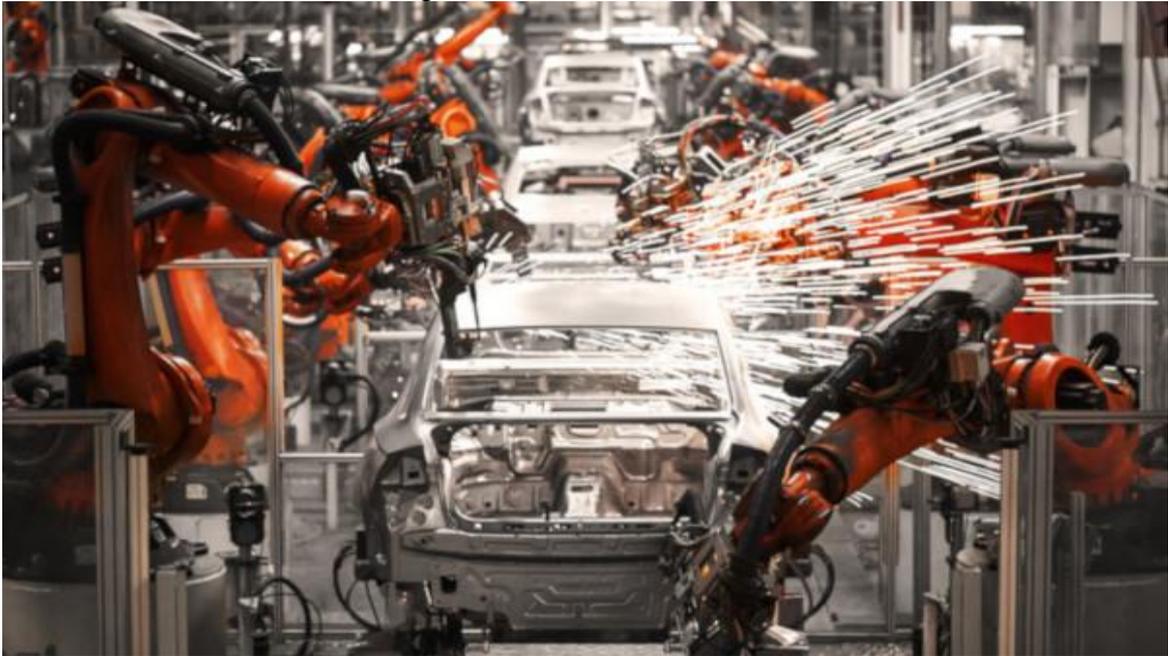


Fonte: Siemens (2013)

3.3. 3ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A terceira Revolução Industrial corresponde ao período pós II Guerra Mundial, momento em que acontece o aprimoramento e/ou descobertas de novas tecnologias que passaram a abranger o campo da ciência e, automaticamente, se integrando ao processo produtivo. Ela é conhecida como **REVOLUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA INFORMACIONAL**, como ilustrado na figura 3 (SOUZA, s/d, s/p).

Figura 3 - Fábrica automatizada.



Fonte: (SOUZA, s/d)

Esta nova revolução começou a ser desenhada entre as décadas de 1950 e 1970, a partir da revolução digital, com a proliferação e uso dos semicondutores, dos computadores, automação e robotização em linhas de produção, com informação armazenada e processada de forma digital, as comunicações, os telefones móveis e a internet (SCHWAB, 2016).

Assim como as outras duas revoluções a Terceira Revolução Industrial teve um impacto tão significativo no século XXI, pois provocou uma mudança fundamental de cada aspecto do nosso trabalho e nossa vida. Assim, mudaram as organizações convencionais aquelas caracterizadas de forma piramidal, de cima para baixo, assim como também a sociedade que caracterizava sua vida econômica, social e política. (RIFIKIN, 2012)

Então, na década de 1970 marca a concretização desta nova revolução a partir da eletrônica e das tecnologias de investigação (sistemas de informação), como já afirmado, que começaram a espalhar-se na indústria de forma extremamente rápida. Dentro os vários sistemas organizacionais destacamos o nascimento do sistema *Just In Time*², a partir da necessidade de reduzir ao máximo o tempo, pessoal e improdutividade nasceu o termo de manutenção preditiva.

No contexto apresentado a terceira Revolução nos permite invocar nosso imaginário sobre uma paisagem futurista: robôs, máquinas de comando numérico, manufaturas e desenho auxiliado por computador, programas de controle de qualidade, ISO 9000 e reengenharia. Tudo isso sob o viés globalizante do capitalismo que se apropria “dos avanços da microeletrônica e da incorporação da informática aos processos de produção para garantir produtos de melhor qualidade e maior competitividade no mercado”. (FERREIRA, 1993, s/p)

Apresentadas algumas particularidades das três Revoluções Industriais, no próximo item discutiremos a indústria 4.0 a qual está sendo classificada como a quarta Revolução Industrial.

Figura 4 - Terceira revolução industrial.



Fonte: Siemens (2013)

² É uma proposta de reorganização do ambiente produtivo assentada no entendimento de que a eliminação de desperdícios visa o melhoramento contínuo dos processos de produção, é a base para a melhoria da posição competitiva de uma empresa, em particular no que se refere, os fatores com a velocidade, a qualidade e o preço dos produtos. (LIMA, s/d)

3.4. A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL: A INDÚSTRIA 4.0

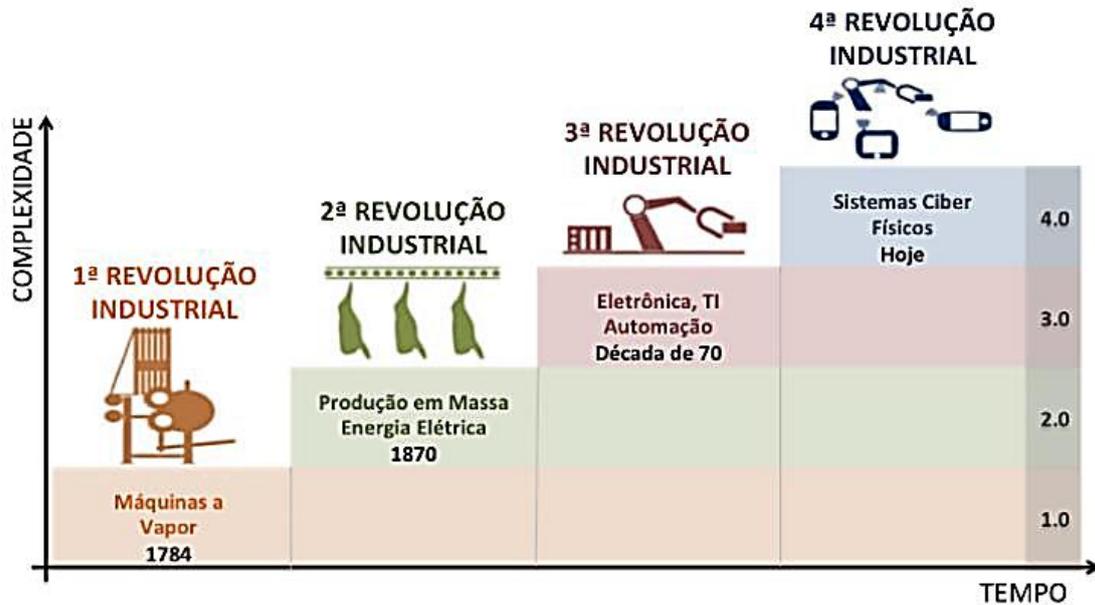
Nesse item será apresentado todos os pressupostos históricos e características que norteiam a Indústria 4.0 enquanto sinônimo da Quarta Revolução Industrial.

3.4.1. ASPECTOS HISTÓRICOS

No início do século XXI, com o desenvolvimento da internet, sensores cada vez menores e potentes, com preços cada vez mais acessíveis, softwares e hardwares cada vez mais sofisticados, a capacidade das máquinas de aprenderem e colaborarem criando gigantescas redes de “coisas”, iniciou-se uma transformação na indústria, cujo impacto na competitividade, na sociedade e na economia será de tal forma que irá transformar o mundo tal como o conhecemos. Esta transformação foi apelidada pelos professores Erik Brynjolfsson e Andrew McAfee do Instituto de Tecnologia de Massachusetts ³como segunda idade da máquina e em 2011 na feira Industrial de Hannover, na Alemanha, falava-se em indústria 4.0 (SCHWAB, 2016).

³ Tradução de Massachusetts Institute of Technology.

Figura 5 - Evolução industrial do ponto de vista temporal.



Fonte: Oberhaus (2015)

3.5. SURGIMENTO DO CONCEITO DA INDÚSTRIA 4.0

A revolução da tecnologia tem levado a mudanças nos paradigmas de produção: três marcos históricos foram definidos como Revoluções Industriais, estudados após acontecerem (LASI et. al., 2014).

Em 2011, na Feira de Hannover, o termo “Indústria 4.0⁴” foi apresentado, referindo-se ao que seria a Quarta Revolução Industrial (DRATH; HORCH, 2014).

Trata-se de um fenômeno que está guiando as transformações nos processos de produção e que vem sendo estudada *a priori*, isto é, antes de acontecer (ou durante o seu acontecimento), diferentemente dos outros três marcos passados (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

A Indústria 4.0 está alicerçada em tecnologias como a Internet das coisas e objetos inteligentes, construindo sistemas com maior capacidade de autogestão, possibilitando uma maior customização dos produtos sem perder as vantagens da produção em massa (LASI et. al., 2014).

⁴ Tradução de *Industrie 4.0*

A iniciativa, fortemente patrocinada e incentivada pelo governo alemão em associação com empresas de tecnologia, universidades e centros de pesquisa do país, propôs uma importante mudança de paradigma em relação à maneira como as fábricas operam nos dias de hoje (SCHWAB, 2016).

Nessa visão de futuro ocorre uma completa descentralização do controle dos processos produtivos e uma proliferação de dispositivos inteligentes interconectados, ao longo de toda a cadeia de produção e logística.

O impacto esperado na produtividade da indústria é comparável ao que foi proporcionado pela internet em diversos outros campos, como no comércio eletrônico, nas comunicações pessoais e nas transações bancárias (SEBRAE, 2019).

Tornar a Indústria 4.0 uma realidade implicará a adoção gradual de um conjunto de tecnologias emergentes de tecnologias da informação e automação industrial, na formação de um sistema de produção físico-cibernético, com intensa digitalização de informações e comunicação direta entre sistemas, máquinas, produtos e pessoas; ou seja, a tão famosa Internet das Coisas (*IoT*). Esse processo promete gerar ambientes de manufatura altamente flexíveis e auto ajustáveis à demanda crescente por produtos cada vez mais customizados (SEBRAE, 2019).

Assim, para o sucesso do projeto, a consolidação de um único conjunto de padrões técnicos de comunicação e segurança será um elemento-chave. Com ele, a troca de informações entre os diferentes tipos de sistemas e dispositivos será assegurada, eliminando-se as restrições relacionadas aos padrões proprietários vigentes (SEBRAE, 2019).

3.6. PRINCIPAIS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0

A indústria 4.0 está fortemente focada na melhoria contínua em termos de eficiência, segurança, produtividade das operações e especialmente no retorno do investimento.

São várias as tecnologias e tendências facilitadoras disponíveis. Neste item serão focadas aquelas que são consideradas como os principais pilares da indústria

inteligente: A internet das coisas e serviços; *Cloud Computing*; sistemas cyber-
físicos; *Big-Data* (SCHWAB, 2016).

3.6.1. ***The internet of things (iot) / internet of services (ios)***

Segundo Aydos e Ferreira (2016) o termo Internet das Coisas⁵ refere-se a objetos físicos e virtuais ligados à internet, tem as suas raízes no MIT quando em 1999 um grupo desenvolvia o seu trabalho na área da identificação por radiofrequência (RFID) conectada. Desde então, tem sido impulsionada pela aparecimento e uso generalizado de sensores cada vez menores e baratos, assim como um avanço nos dispositivos móveis, comunicações wireless e tecnologias *cloud*.

Atualmente a *IoT* faz parte do nosso cotidiano. Está presente sempre que usamos o celular para ligar a televisão, ligar o forno da cozinha à saída do escritório, verificar a produção do sistema de energia, para encontrar o caminho mais rápido para chegar do ponto A ao ponto B tendo em consideração condições de tráfego, para monitorar e controlar ambientes de produção em tempo real, verificar o estado de desgaste dos nossos equipamentos e se necessário agendarmos ou deixamos que o próprio equipamento agende a sua manutenção, carros inteligentes que se monitoram regularmente e tomam decisões de segurança (Travar, analisar condições da estrada e se auto ajustar) ou mesmo procurar ajuda. (SCHWAB, 2016).

Além disso, temos também, disponível uma biblioteca infindável de informação (*Big-Data*) que consultamos a qualquer instante sempre que temos de tomar uma decisão ou temos dúvidas sobre algo ou alguém. Inúmeras “Coisas” a usam para tomar decisões “inteligentes” e inclusivamente antecipar o que precisamos (SCHWAB, 2016).

Tem-se verificado uma mudança nos modelos de negócios, mais do que vender produtos as empresas querem vender serviços, veja alguns exemplos do nosso dia-a-dia: a Xerox vende serviços de impressão em vez de impressoras; a Rolls Royce’s vende horas de voo em vez de motores para aviões; as empresas logísticas de distribuição mais do que levar o material do ponto A para B fornecem serviços de *tracking* em tempo real; grandes superfícies fornecem aplicações através da web que

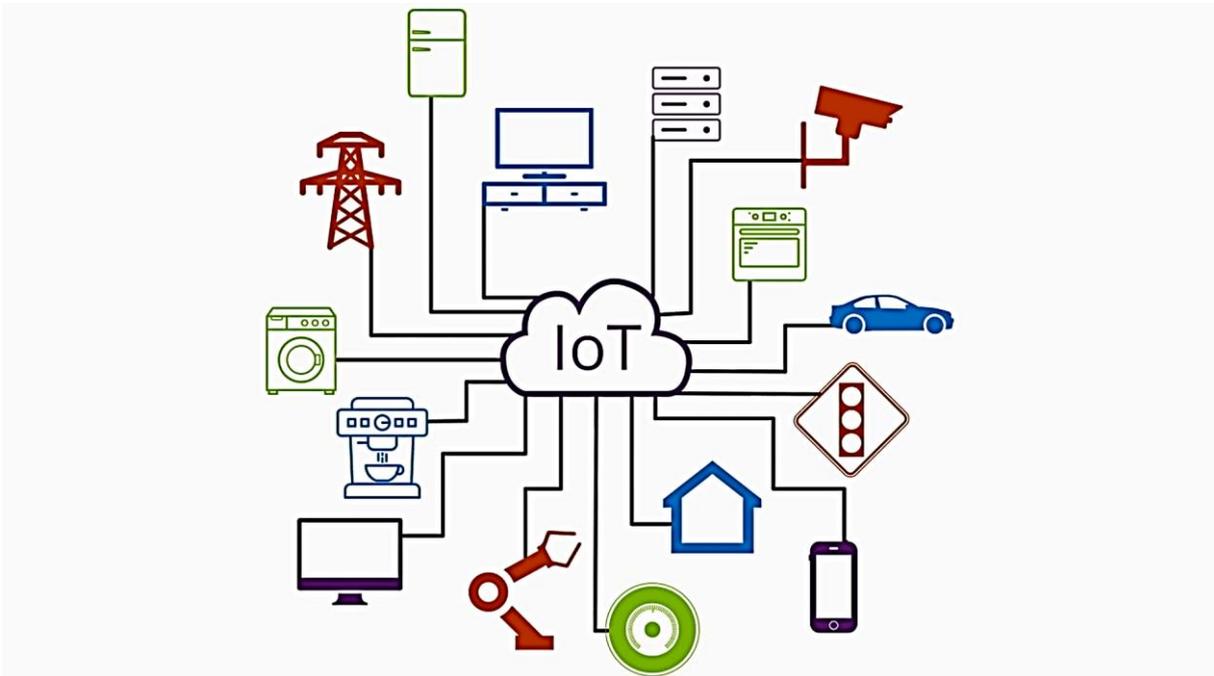
⁵ Tradução de *Internet of Things*.

melhoram significativamente a experiência do consumidor, criando serviços inovadores e fidelizando o cliente; os exemplos nunca mais acabavam e estão para ficar (SCHWAB, 2016).

Empresas vão usar a Internet para construir e fornecer um grande número de novos tipos de serviços que vão além da reserva de voos ou compra de livros. Serviços que estão disponíveis na Web em separado serão combinados e ligados entre si, resultando em serviços agregados de valor acrescentado. (ROCCO, 2018, s/p)

Essa nova abordagem pela *internet of services (IoS)* é a evolução natural da *Internet of things*. A conectividade e interação das coisas criando serviços de valor perceptível para o cliente é um dos mais fortes suportes da revolução que está por vir.

Figura 6 – Comunicação de dados e serviços: uma visão integrada para suportar a Indústria 4.0



Fonte: Rocco (2018)

3.6.2. **CLOUD COMPUTING**

A computação em nuvem é a entrega sob demanda de poder computacional, armazenamento de banco de dados, aplicativos e outros recursos de TI pela Internet. Quer você esteja executando aplicativos que compartilham fotos com milhões de usuários de dispositivos móveis ou apoiando operações essenciais da sua empresa, uma plataforma de serviços em nuvem oferece acesso rápido a recursos de TI flexíveis e de baixo custo. Com a computação em nuvem, não é preciso realizar grandes investimentos iniciais em hardware e perder tempo nas atividades de manutenção e gerenciamento desse hardware. Ao invés disso, é possível provisionar exatamente o tipo e tamanho corretos de recursos computacionais necessários para executar a sua mais recente ideia ou operar o departamento de TI (AMAZON WEB SERVICES, 2018)

Figura 7 - *Cloud Computing* na Indústria 4.0.



Fonte: Assumpção (2017)

3.6.3. **CYBER-PHYSICAL SYSTEMS (CPS)**

Os Sistemas Ciber-Físicos⁶ (CPS) são sistemas que integram computação, redes de comunicação, computadores embutidos e processos físicos interagindo entre si e influenciando-se mutuamente. É o resultado da evolução tecnológica dos computadores, dos sensores, e das tecnologias de comunicação, que ao evoluírem no sentido de maior agilidade, capacidade de processamento e preços cada vez mais acessíveis tem permitido a sua conjugação de forma efetiva e em tempo real (BOHUSLAVA et. al., 2017).

Se considerarmos as redes de comunicação apenas como um poderoso facilitador, o coração dos sistemas Ciber-Físico⁷ são os sistemas de computação embutidos⁸. São sistemas de processamento de informação incluídos em outros produtos ou equipamentos principais. As tarefas que até agora eram desempenhadas por computadores dedicados apenas à recolha de informação proveniente da automação tradicional, serão transferidas para estes novos sistemas com dimensões e performance ajustada às novas necessidades. Os computadores, tal como os conhecemos, tendem a desaparecer criando espaço para um novo conceito de *Ubiquitous computing*⁹ (BOHUSLAVA et. al, 2017).

Figura 8 - Sistemas Ciber-Físicos: a nova revolução.



Fonte: Winter (2016)

⁶ Tradução livre para *Cyber-Physical Systems*

⁷ Tradução livre para *Cyber-Physical*

⁸ Tradução livre para *Embedded Systems*

⁹ O que está ou existe ao mesmo tempo em toda parte; onipresente.

3.6.4. BIG DATA

O termo *Big-Data* refere-se as grandes quantidades de dados que são armazenados a cada instante resultando na existência de milhões de sistemas atualmente ligados à rede (*IoT*), que produzem dados em tempo real sobre quase tudo e que se querem disponíveis em todo o lado. Este conceito levanta algumas questões que as grandes empresas da área tecnológica têm esforçado para resolver: Onde guardar os dados de forma segura e que possam ser acessados de qualquer lugar? Como processar esses dados para que eles possam ter significado, permitindo às organizações melhorar as operações com decisões mais rápidas e inteligentes? (ASTARLOA et. al., 2016).

Com tantos dados a serem gerado continuamente são precisas ferramentas de análise poderosas para lhe dar significado. Dados são números, palavras ou outros sinais e representam fatos discretos sobre uma realidade objetiva. Podem ser verificados e validados, contudo não tem qualquer significado se não forem interpretados e contextualizados, dando origem à informação. Por seu turno a informação tende a evoluir levando à criação de teorias e a prever o futuro, neste caso estamos perante conhecimento. (id. Ibid.)

O Grande desafio da indústria 4.0 é colecionar todos os dados considerados relevantes, processá-los, transformando-os em conhecimento. Esta atividade nobre, requer sistemas tecnologicamente evoluídos, providos de capacidade de processamento em tempo real e algoritmos sofisticados. Alcançar o conhecimento e a sabedoria abre horizontes para além do imaginário, sendo um grande motor do nosso mundo e do caminho para a indústria do futuro. (ASTARLOA et. al, 2016)

Figura 9 - Big Data: o futuro é agora.



Fonte: Viana (2017).

3.7. IMPACTO DA INDÚSTRIA 4.0

O impacto da Indústria 4.0 vai para além da simples digitalização, passando por uma forma muito mais complexa de inovação baseada na combinação de múltiplas tecnologias, que forçará as empresas a repensar a forma como gerem os seus negócios e processos, como se posicionam na cadeia de valor, com pensam no desenvolvimento de novos produtos e os introduzem no mercado, ajustando as ações de marketing e de distribuição. (SCHWAB, 2016)

É preciso perceber que as alterações se irão verificar em ambos os lados da cadeia de abastecimento, tanto a nível das exigências dos clientes como dos parceiros de negócio. De acordo com o mesmo autor são quatro as principais alterações esperadas na Indústria em geral:

- Alterações nas expectativas dos clientes.
- Produtos mais inteligentes e mais produtivos.
- Novas formas de colaboração e parcerias.
- A transformação do modelo operacional e conversão em modelo digital.

3.8. BENEFÍCIOS DA INDÚSTRIA 4.0

Reduzir custos

Ao automatizar a fábrica, é esperado uma redução consistente do custo da operação de qualquer tipo de indústria. A partir do momento em que as próprias máquinas possuem capacidade e autonomia de programar manutenções preventivas, a redução de custos será ainda maior. (MAKHITEK, 2018)

Economizar energia e manter a produção

Ainda na questão de redução de custos, é possível economizar energia ao utilizar tecnologias para melhorar a eficiência da captação e geração de energia. Dessa forma sua indústria irá economizar o consumo de energia, mas manter a alta produtividade. (MAKHITEK, 2018)

Aumentar a segurança geral

Uma vez que a fábrica possui máquinas conectadas em rede e usando sensores para fazer o monitoramento da produção, a operação terá muito mais segurança. Esse modelo permite prever falhas e então evitar que um eventual problema acabe paralisando a linha de produção. Além disso, ao remover o fator humano de tarefas inseguras ou repetitivas, a fábrica fica mais segura contra erros e acidentes. (MAKHITEK, 2018)

Melhorar a conservação ambiental

A sustentabilidade está cada vez mais em pauta tanto na sociedade como nas indústrias. A indústria 4.0 ajuda nesta questão justamente otimizando o uso dos recursos naturais e diminuindo o impacto no meio ambiente. (MAKHITEK, 2018)

As empresas precisam estar atentas e preparadas para se adaptar às exigências do novo modelo industrial. Para se tornar uma fábrica inteligente será preciso não só automatizar e digitalizar processos, mas também gerenciar corretamente os resíduos. Isso resultará em lucratividade empresarial, garantindo também que o planeta e as pessoas sejam preservados.

Reduzir erros humanos

Com as máquinas inteligentes e automatizadas há uma redução considerável de erros humanos em processos repetitivos e de montagem. Além disso, é mais fácil manter o padrão de qualidade dos produtos com uma rotina mais confiável. (MAKHITEK, 2018)

Reduzir ou acabar com desperdícios

Com a produção sob demanda, a manufatura é mais enxuta e o foco é a redução de desperdícios, seja de custos, tempo, produção ou defeitos. O intuito é utilizar apenas os recursos necessários, sendo assim possível eliminar os desperdícios e melhorar a qualidade, o tempo e o custo de produção.

Depois de reduzir erros e melhorar a segurança de seus processos, o resultado é uma grande redução e até mesmo o fim dos desperdícios na produção. Com isso a indústria fica mais competitiva e reduz gastos. (MAKHITEK, 2018)

Mais transparência

A indústria 4.0 proporciona um controle melhor de todos os dados gerados na produção. Com isso sua equipe poderá ter mais transparência e trabalhar com informações precisas de estoques e insumos. (MAKHITEK, 2018)

3.9. COMO A INDÚSTRIA 4.0 FUNCIONA NA PRÁTICA

As principais características e diferenciais da indústria 4.0, são:

- Sistemas inteligentes que possuem sensores capazes de informar as máquinas a forma com que devem trabalhar e qual será seu papel em cada etapa da manufatura. Com isso dados são coletados e é possível ter um maior controle de produção.
- Os processos são compostos de módulos descentralizados e auto gerenciados. Sistemas inteligentes que trabalham trocando dados em conjunto, tanto diretamente como pela internet.

- O chão de fábrica troca de um sistema centralizado por inteligência descentralizada com comunicação entre máquinas (M2M).

Embora a indústria 4.0 ainda não seja realidade na grande maioria das indústrias nacionais, seu conceito está ganhando força por meio de fatores como:

- Rápida evolução da capacidade dos computadores e da internet.
- *Big Data* – grande volume de informação digitalizada
- Inovações tecnológicas e de gestão

A cada dia que passa se torna mais viável possuir um processo industrial inteligente, interligado e capaz de tomar decisões seguras usando os conceitos da indústria 4.0. (MAKHITEK, 2018)

4. MANUTENÇÃO

Em se tratando de manutenção na Indústria 4.0, relativamente às bases para a extração de informação são o artigo científico “Indústria 4.0: Manutenção inteligente preditiva de equipamentos de Produção”¹⁰ publicado pela “Terceira Conferência Europeia da Sociedade de Prognóstico e Gestão da Saúde 2016”¹¹ e “A Quarta Revolução Industrial” de Klaus Schwab foram essenciais. Graças a essas duas obras diversas informações foram recolhidas e outras aprofundadas e esclarecidas. Assim, a partir deste foi possível iniciar uma pesquisa sobre a indústria 4.0 e essencialmente às melhorias apontadas por este novo conceito industrial às políticas de manutenção.

O autodiagnóstico, então, torna-se uma ferramenta essencial para verificar a “saúde” de cada equipamento e, portanto, também será possível por meio de melhorias implementadas pela Indústria 4.0. A interconexão das máquinas, sensores, computadores e outros é essencial para que estas “funções” sejam implementadas com sucesso.

O autodiagnóstico é importante pois a partir dele poderão ser agendadas as ações de manutenção necessárias para que não ocorram falhas (ou se minimizem as intervenções corretivas). Relativamente aos principais desafios para uma correta implementação da Indústria 4.0 podemos falar da gestão de dados (de modo a definir as ações corretivas adquiridas por meio do monitoramento das máquinas), dos modelos preditivos a serem usados para uma correta implementação da manutenção preditiva, das soluções de *cloud* (guardar ou compilar informações num servidor virtual) e da comunicação entre a *cloud* e as máquinas ligadas entre si.

4.1. DEFINIÇÕES E UM BREVE HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

Branco Filho (2008) indica a manutenção como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

¹⁰ *Industry 4.0: Predictive Intelligent Maintenance for Production Equipment.*

¹¹ *Third European Conference of the Prognostics and Health Management Society 2016.*

A manutenção pode também ser definida como o ramo da Engenharia que visa manter, por longos períodos, os ativos fixos da empresa em condições de atender plenamente às suas finalidades funcionais (ARRUDA, 2002).

Segundo Pinto (2012) a evolução da Manutenção pode ser caracterizada em três gerações desde o fim do século XIX, estas fases acompanharam naturalmente as gerações das revoluções industriais acompanhando a evolução técnico industrial da humanidade.

- Primeira Geração que abrange o período que está compreendida antes da Segunda Guerra Mundial, quando a indústria era pouco mecanizada;
- Segunda Geração que vai desde a Segunda Guerra Mundial até os anos 1960. Surgiu o aumento das indústrias e sua modernização;
- Terceira Geração que está compreendida a partir da década de 1970 quando houve uma aceleração no processo de mudança na indústria.

Os objetivos da manutenção são diversos, mas dentre todos destacam-se a redução de custos da empresa, o evitar paragens com perdas produtivas, encurtar ao máximo tempos de indisponibilidade de equipamento, melhorar qualidade produtiva, aumentar a segurança e incrementar o output produtivo.

4.2. TIPOS DE MANUTENÇÃO

As equipes de manutenção focam-se muito no reparo de uma avaria quando há uma parada de linha ao invés da prevenção das interrupções. No entanto, o objetivo da manutenção é prevenir todas as perdas causadas por problemas nos equipamentos (MOBLEY, 2002).

Mobley (2002) diz que a missão de um departamento de manutenção é o de atingir e manter:

- **Disponibilidade ideal** - A capacidade produtiva de uma fábrica é em parte determinada pela disponibilidade dos sistemas de produção. A equipe de manutenção deve assegurar que todos os equipamentos estejam em boas condições de operação.

- **Condições operacionais ideais** - Deve ser assegurado que todos os equipamentos e sistemas, quer diretos ou indiretos, estejam nas suas condições ideais de operação.
- **Utilização máxima dos recursos da manutenção** - A equipe da manutenção controla uma parte substancial do orçamento total de operações na maioria das fábricas. Além disso, normalmente gere o inventário de peças, contratação de empresas externas e requisições em componentes para reparação ou substituição de equipamentos. Portanto, um dos objetivos da manutenção deve ser uma gestão eficiente destes recursos.
- **Vida útil máxima do equipamento** - Uma das maneiras de reduzir os custos de manutenção é estender a vida útil dos equipamentos.
- **Mínimo de inventário de peças** - Reduções de inventário deve ser um dos grandes objetivos do departamento da manutenção. No entanto, a redução não deve colocar em causa os primeiros quatro objetivos. Com tecnologias de manutenção preventiva disponíveis nos dias de hoje, a manutenção pode antecipar a necessidade de um equipamento específico ou componentes com antecedência suficiente para adquiri-los com base na necessidade.
- **Capacidade de reagir rapidamente** - Nem todas as avarias podem ser evitadas. Assim, a equipe de manutenção deve conseguir reagir rapidamente a um problema inesperado.

Em um nível mais abrangente, existe a manutenção planejada e manutenção não planejada. A manutenção planejada abrange todos os tipos de manutenção descritos abaixo, incluindo a manutenção corretiva. Esta pode ser considerada planejada se, apesar de não haver previsão da avaria, todo o procedimento e material necessário à intervenção está preparado. Sendo assim, existe um plano de abordagem à avaria. Por outro lado, a manutenção não planejada engloba apenas a manutenção corretiva. Estas ocorrem inesperadamente e sem qualquer tipo de planeamento do trabalho a executar. (CABRAL, 2006).

Segundo Mobley (2002) e Cabral (2006), existem três tipos de manutenção:

- Manutenção corretiva
- Manutenção preventiva
- Manutenção preditiva

4.2.1. MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva é toda a ação realizada num equipamento já avariado de modo a reparar os estragos causados e voltar a dar outra vida ao equipamento. Não há programação de data nem hora. Dentro dela existe a inesperada que tem por objetivo reparar defeitos em máquinas de produção contínua e a ocasional que não para a máquina (aproveitam-se os horários de não produção, horários de intervalo de turno ou até mesmo de atraso de matéria-prima). (CHASE, 1995)

Figura 10 - O que é manutenção corretiva?

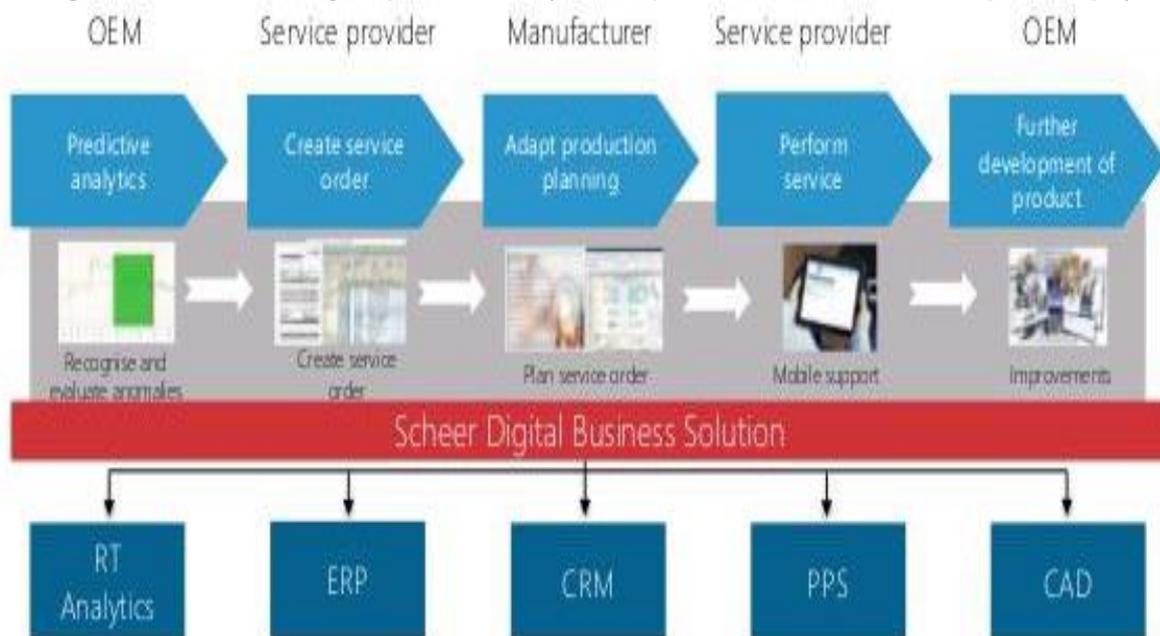


Fonte: Novidá (2016)

4.2.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Entende-se por uma ação de manutenção preventiva toda a ação/operação realizada num determinado equipamento de forma a deixá-lo/mantê-lo em funcionamento evitando avarias. A prevenção do surgimento de avarias serve essencialmente como precaução a eventuais surpresas desagradáveis ou males maiores, nomeadamente a nível de segurança.

Figura 11 - Manutenção preventiva (*Industry 4.0 - The Industrial Big Change*)



Fonte: Nascif (2001)

Os grandes objetivos da manutenção preventiva são a redução de custos, o aumento da qualidade do produto, redução de acidentes de trabalho e o aumento da vida útil dos equipamentos.

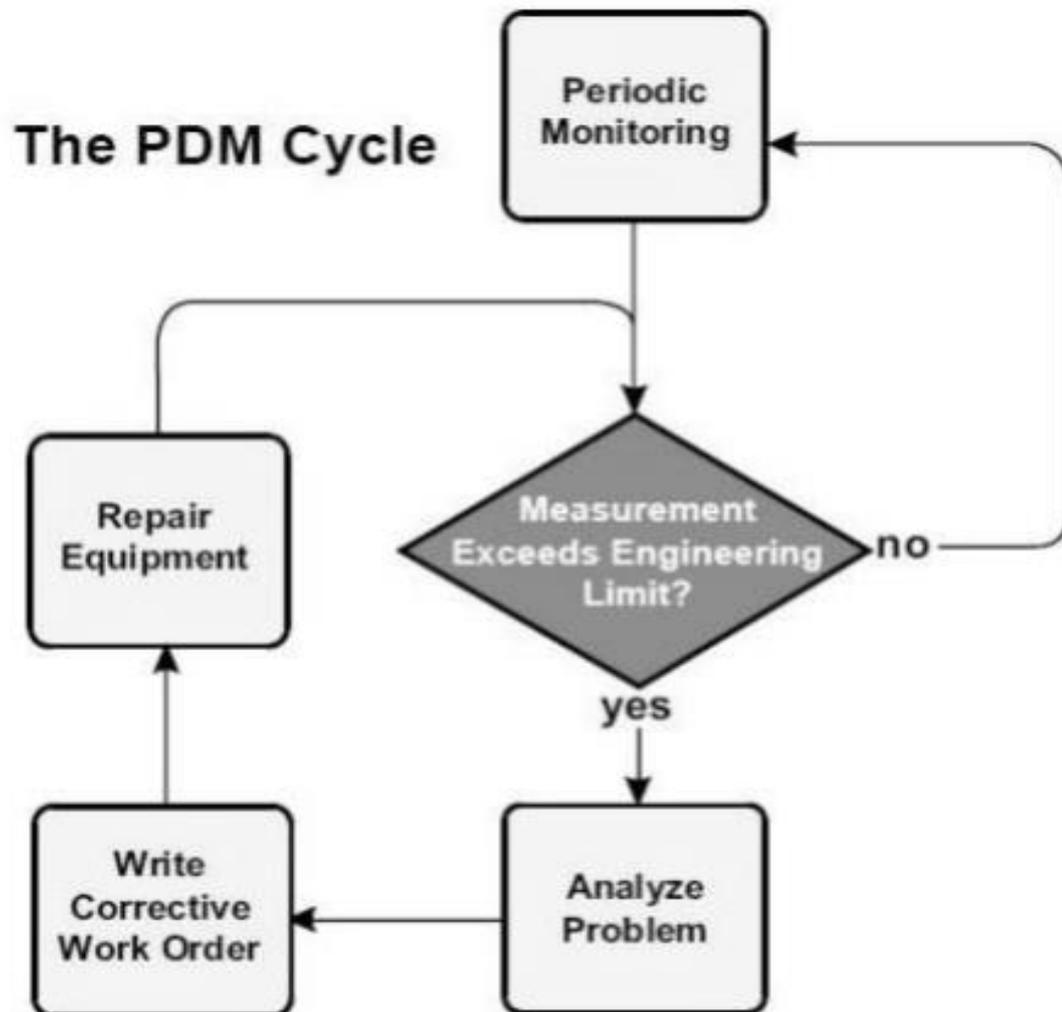
4.2.3. MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva é a manutenção centrada num conjunto de ações que levam a redução de falhas de funcionamento. O seu principal enfoque é o de evitar a manutenção corretiva pois através de um correto monitoramento (das condições da máquina, parâmetros de injeção, por exemplo) consegue-se antever prováveis avarias. O seu objetivo principal é o de determinar a manutenção a realizar em determinada peça de determinada máquina. Uma prática correta de Manutenção Preditiva irá ajudar na redução de custos da Manutenção Preventiva.

Contrariamente à manutenção preventiva dos dias de hoje, a manutenção preditiva oferece melhorias em termos de performance dos equipamentos. Acrescentando sensores, um monitoramento constante e registrando diversos valores de grande importância, é possível pensarmos numa assistência remota ao equipamento. Essa assistência remota é possível pois, uma mínima variação num dos

parâmetros do processo produtivo pode ser razão para uma intervenção de manutenção. (CHASE, 1995)

Figura 12 - Ciclo de manutenção preditiva.



Fonte: Fernandes (2013)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante das mudanças que estão em curso na indústria mundial, pode-se afirmar que estamos passando por um verdadeiro processo de revolução nunca antes visto. Em tempos onde a troca de informações é instantânea, o seu uso ainda pode ser muito explorado de forma a agilizar, otimizar ou controlar o desempenho de processos de forma remota.

Inteligência artificial (AI), robótica, internet das coisas (*IoT*), impressão 3D, corte a laser, nanotecnologia e armazenamento de energia: apenas alguns exemplos de tecnologias que possuem alto potencial de crescimento e cuja expansão tende a aumentar de forma abrupta a produtividade da indústria mundial, proporcionando assim um salto no crescimento econômico global. Devido à velocidade com que as coisas têm evoluído, à amplitude e à profundidade dessas mudanças e o seu impacto sobre a cadeia produtiva, diversos autores afirmam que vivemos um fenômeno ao qual batizam de quarta revolução industrial. (CYRINO, 2017)

Essa nova indústria também tem levado o nome indústria 4.0 – hoje muito popular entre aqueles que fazem o planejamento a longo prazo. O nome provém de um projeto estratégico desenvolvido pelo governo alemão que foi tema da feira de Hannover no ano de 2011.

Como mostramos a primeira revolução ocorreu na Inglaterra entre 1760 e 1840 com a invenção da máquina a vapor. Posteriormente, com a utilização da energia elétrica e da linha de produção seriada, viu-se uma nova revolução com consequente aumento da produtividade. A terceira revolução industrial teve início nos anos 1960 com o advento dos computadores e dos materiais semicondutores.

Um dos conceitos da indústria 4.0 é a criação de um modelo virtual das máquinas e de todo o sistema produtivo, de forma que este possa ser controlado e operado remotamente. Essa prática é facilitada pela instalação de sensores que enviam aos softwares de comando a situação atual de cada equipamento. Este sistema possibilita a detecção de falhas no processo e irregularidades no desempenho dos equipamentos de forma instantânea.

No que se refere ao processo de manutenção de máquinas, este pode ser

realizado baseando-se:

- Na falha propriamente dita (manutenção corretiva);
- Num tempo pré-estimado para a troca (manutenção preventiva)
- Na pré-deteccção de uma falha iminente (manutenção preditiva).

Na prática, um modelo de indústria 4.0 facilita muito a realização de uma manutenção preditiva. O sensoriamento das peças pode ser capaz de mostrar as falhas iminentes, sendo o operador capaz de resolvê-las antes que os estragos sejam maiores. Em alguns casos, as falhas podem ser corrigidas até mesmo sem a necessidade da ação humana.

Outro forte aliado da realização de uma manutenção centrada na confiabilidade de equipamentos é o *Big Data*. *Big Data* é um termo utilizado para um grande volume de informações, que com o advento de novos processadores mais potentes podem ser processadas e determinar parâmetros otimizados de manutenção de equipamentos.

A tecnologia de *Big Data* somada às de Inteligência Artificial (AI) poderá determinar com maior precisão a vida útil de equipamentos, seu risco de falha e os impactos sobre o sistema e sua vizinhança. Este será um avanço de larga escala, que se traduz em desafio à indústria visando sua aplicação imediata.

Nos sistemas com manutenção 4.0 as tarefas que antes eram realizadas de forma periódica ou apenas com a quebra do equipamento passam a ser realizadas com a instrução do próprio sistema. Cada vez mais o software otimizará a utilização do equipamento de forma a diminuir o tempo parado e os prejuízos com trocas de peças. Ao usuário cabe apenas o monitoramento do equipamento e o foco no que realmente importa: o desenvolvimento de soluções inovadoras para seus produtos e serviços.

O conhecimento é essencial e saber como funciona essa Indústria 4.0 é muito importante, o constante aprendizado sobre novos conceitos sempre será bem-vindo. Isso nos ajuda a refletir no que estamos fazendo hoje e onde podemos chegar. É uma simples questão de obter um conhecimento e aplicar para depois adquirir novos conhecimentos e aplicar, simples assim.

Infelizmente na área de Manutenção, não temos dados confiáveis sobre as estratégias de manutenção adotadas em milhares de empresas que temos aqui no Brasil. Temos uma única certeza, que a maioria das nossas empresas sequer consideram a área de manutenção como essencial para os seus resultados. Sempre a veem como custos e não como um investimento para manter seu parque de ativos em condições de atender ao que se destinam.

Sequer trabalhamos com as novas ferramentas e tecnologias que tanto se falam por aí, mal vejo empresas usarem como estratégias a manutenção preventiva e preditiva que juntas trazem ótimos resultados. A área de Manutenção hoje, precisa no nosso entendimento, se preocupar mais em aplicar tantas metodologias e estratégias existentes para melhorar a performance de máquinas e equipamentos.

CONSIDERACOES FINAIS

O presente trabalho foi desenvolvido em formato de pesquisa bibliográfica estando alinhado com os objetivos geral e específicos. Estando essa parte referindo as informações apresentadas durante o desenvolvimento desse estudo e aos pontos relevantes para a conclusão do tema proposto.

Apresentando o conceito do Indústria 4.0 e todos os departamentos, máquinas e sistemas que estarão interligados. Existirá sensores, como o RFID, em cada ferramenta para contabilizar o grande volume de dados produzidos por elas. Derivado da análise da produção entre falhas para cada ferramenta, será estabelecido um limite para poder ser feita uma manutenção planejada.

Processos serão cada vez mais integrados e feitos sem a intervenção humana estão cada vez mais comuns e isso tem melhorado a vida das pessoas em geral. O acesso a informações tem aumentado a cada dia.

Portanto, para que o profissional se adeque a essa velocidade de informação, tem que se manter sempre atualizado. Assim, a formação de engenheiro não cria apenas conhecimentos específicos. Cada vez mais o engenheiro terá que aprender a lidar com “processos” que não fazem parte da sua área, uma vez que o avanço da tecnologia é multidisciplinar, e deverá ter um conhecimento mínimo possível de todas as áreas para que possa atuar de maneira eficaz.

Recomendações para trabalhos futuros

Acreditamos que o presente trabalho possa estimular a outros estudantes da área e apreciadores do assunto no desenvolvimento de trabalhos de pesquisa tanto para desenvolvimento de trabalhos de levantamento bibliográfico como este, quanto de projetos para a área, que tenha mais foco em determinada melhoria ou benefício da indústria 4.0.

É possível também uma futura análise e comparação do conteúdo aqui exposto e o cenário pós a consolidação da nova revolução industrial.

REFERÊNCIAS

- AMAZON WEB SERVICES. Inc. **O que é a computação em nuvem?** Disponível em: <<https://aws.amazon.com/>>. Acesso em 11 de out.
- ASSUMPÇÃO, J. C. (2017). **UX, IoT e a próxima Revolução Industrial**. Disponível em: <<https://brasil.uxdesign.cc/>>. Acesso em: 22 out.
- AYDOS, T. F.; FERREIRA, J. C. E. **RFID-based system for Lean Manufacturing in the context of Internet of Things**. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING, 2016, Fort Worth, Texas. Proceedings... [s.l.]: IEEE Robotics & Automation Letters (RA-L). Brasil; 2016
- BOHUSLAVA, J.; MARTIN, J.; IGOR, H. **TCP/IP Protocol Utilization in Process of Dynamic Control of Robotic Cell According Industry 4.0 Concept**. 2017. *IEEE 15th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMII)*.
- CABRAL, José Paulo Saraiva; **Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática**. 6ª Ed; 2006.
- CHASE, Richard B.; AQUILANO, Nicholas J. **Gestão da produção e das operações: perspectiva do ciclo de vida**. Lisboa: Monitor, 1995
- CIPOLLA, Carlos M. (1974). **História Econômica da População Mundial**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.
- CYRINO, L. **Indústria 4.0, ficção ou realidade?** Disponível em <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/>>. Acesso em 27 out.
- DATHEIN, Ricardo. **Inovação e Revoluções industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX**. Publicações DECON Textos Didáticos 02/2003. DECON/UFRS, Porto Alegre, fevereiro 2003. Acesso em 27 nov.
- DRATH, R.; HORCH, A. **Industrie 4.0: Hit or hype?** IEEE industrial electronics magazine, v.8, n.2, 2014.
- FERNANDES, C. **Aplicação de técnicas de manutenção preditiva aos equipamentos de uma central hidroelétrica**. Universidade do Minho, 2013.
- FERREIRA, C. **O fordismo, sua crise e o caso brasileiro**. Cadernos do CESIT – Texto para discussão nº 13. Campinas: CESIT, 1993.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas, 2008.
- HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design principles for industrie 4.0 scenarios**. In: Hawaii International Conference on Systems Science, 2016.
- HOBBSAWN, Eric J. **Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo**. Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1983.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. Frankfurt, 2013.
- LASI, H.; FETTKE, P.; KEMPER, H.-G.; FELD, T.; HOFFMANN, M. **Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering**. Springer, v.6, n.4, 2014.

LIMA, M. **O que é Just In Time**. Disponível em <<https://administradores.com.br/>>. Acesso em 27 de out.

LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. **Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica**. Revista Katálysis, v.10, 2007.

MAKHITEK Máquinas e Manutenção Industrial, 2018. **INDÚSTRIA 4.0 - Você está preparado?** Disponível em: <<http://makhitek.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em 11 de out.

MCKINSEY, D. **Industry 4.0: how to navigate digitization of the manufacturing sector**. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/>>. Acesso em 15 de out.

MOBLEY, R. Keith, An. **Introduction to Predictive Maintenance**. Second Ed. 2002: Butterworth-Heinemann

NASCIF, A. K. **Manutenção Preditiva - Fator de sucesso na gestão empresarial**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

NOVIDÁ, (2016). **O que é e como utilizar?** Disponível em: <<https://novida.com.br/blog/>>. Acesso em 27 out.

OBERHAUS, D. **Bem-Vindos à Quarta Revolução Industrial**. Disponível em: <https://www.vice.com/pt_br/article/>. Acesso em 11 out.

RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. **Metodologia da Pesquisa Aplicável às Ciências. Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2006.

RIFKIN, Jeremy. **A Terceira Revolução - Como o poder lateral está transformando a energia, a economia e o mundo**. São Paulo: M. Books do Brasil, 2012.

ROCCO, M. (2018). **A Indústria 4.0 e suas governanças**. Disponível em: <<https://www.governancas.com.br/>>. Acesso em 11 out.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial**. Tradução: Daniel Moreira Miranda. 1ª Ed. WEF, 2016.

SEBRAE (2019). **Inovação e Tecnologia: internet das coisas**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/>>. Acesso em 10 de out.

SIEMENS. (2013). **Industrie 4.0- The Fourth Industrial Revolution**. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=HPRURtORnis>>. Acesso em 11 de out.

SILVA, Márcia Cristina Amaral da; GASPARIN, João Luiz; **A Segunda Revolução Industrial e suas influências sobre a educação escolar brasileira**. Maringá, PR: Universidade Estadual de Maringá, 2004/2005. Disponível em <<http://www.histedbr.fe.unicamp.br>>. Acesso em 27 nov.

SOUZA, Rafaela. **“Terceira Revolução Industrial”**; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/>>. Acesso em 27 nov.

VIANA, J. (2017). **Big Data: o futuro é agora**. Disponível em <<https://code.likeagirl.io/>>. Acesso em 22 de out.

WINTER, J. (2016). **Sistemas Ciber-Físicos: a nova revolução**. Disponível em <<https://www.eaware.com.br/>>. Acesso em 22 de out.