

INDÚSTRIA 4.0: EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS

Industry 4.0: Evolution And Perspective

¹Ricardo Rodrigues Cardozo

ricardorodrigues956@hotmail.com

¹Karillos Eduardo Gomes Silva

contato.karilloseduardo@gmail.com

¹Lucas de Souza Araújo

lucasdesouza1307@gmail.com

²Rosemberg Fortes Nunes Rodrigues

Mestre em Ciências Moleculares pela UEG – GO

rosemberg.rodrigues@unievangelica.edu.br

²Márcio José Dias

Mestre em Engenharia Agrícola pela UEG – GO

marcio.dias@unievangelica.edu.br

¹Bacharelados em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA

²Docentes do Engenharia Mecânica do Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA

RESUMO

A Indústria 4.0 representa o grande desenvolvimento da relação entre homem e máquina promovendo a integração de sistemas físico-cibernéticos por meio da fusão do mundo real com o mundo digital, unindo sistemas digitais, físicos e biológicos. Com o objetivo de demonstrar as bases estruturais da chamada quarta revolução industrial e suas importâncias, o artigo também apresenta um comparativo da evolução da implantação e implementação entre o Brasil com países referências no setor industrial como a Alemanha e os Estados Unidos, por meio de uma revisão bibliográfica baseada em artigos científicos e dados apresentados por fontes governamentais e órgãos relacionados às indústrias destes países. Os resultados evidenciam que Alemanha e Estados Unidos apresentam um grande desenvolvimento e possuem planos bem definidos para as próximas décadas. Os alemães com incentivos políticos e plataformas de projetos de pesquisa voltadas a indústria 4.0 para continuarem a ser o principal país europeu no mundo industrial e os americanos por intermédio de planos governamentais, com parcerias público-privadas e grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento para voltarem a ser os maiores fabricantes mundiais. Enquanto o Brasil apresenta atraso em seu desenvolvimento industrial devido aos elevados custos de implementação, falta de mão de obra especializada e o receio das empresas nacionais em se qualificarem devido a falta de apoio do governo, porém possui expectativas grandes de desenvolvimento futuro devido aos recursos existentes, os planos que vem sendo introduzidos como a *AGENDA BRASILEIRA PARA A INDÚSTRIA 4.0* e o *SENAI* além da globalização das empresas aqui instaladas.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria 4.0. Evolução. Perspectivas. Ciber-físicos.

ABSTRACT

Industry 4.0 represents the great development of the human-machine relationship that promotes the integration of physical-cyber systems through the fusion of the real world with the digital world, uniting digital, physical and biological systems. In order to demonstrate how the databases of the so-called fourth industrial revolution and their importance, the article also presents a comparison of the evolution of implementation and implementation between Brazil and export countries in the industrial sector, such as Germany and the United States. through a literature review used in scientific articles and data presented by sources used and industry-related bodies in these countries. The results evidenced by Germany and the United States present a great development and have well defined plans for the next decades. The Germans with political incentives and industry-focused research project platforms 4.0 to continue to be the leading European country in the industrial world, and the Americans through investment plans, with public-public partnerships and large investments in research and development to become the world's largest manufacturers. While Brazil is lagging behind in its industrial development due to the high cost of implementation, lack of labor and the receipt of domestic companies, it qualifies due to lack of government support, but has high expectations of future development due to available resources, the plans that are being introduced as a *BRAZILIAN INDUSTRY AGENDA 4.0* and *SENAI* beyond the globalization of the companies installed here.

KEY WORDS: Industry 4.0. Evolution. Perspectives. Cyber-physicists.

INTRODUÇÃO

O advento da industrialização ocorreu devido às necessidades de aumentar a produção de bens de consumo a partir do século XVIII, até então a produção era toda artesanal, realizada em oficinas desprovidas de qualquer tecnologia. O surgimento da máquina a vapor foi o ponto de partida para 1ª Revolução Industrial, a qual possibilitou maior otimização do processo de tecelagem, marco principal desta era. Outra grande transformação para a sociedade global, ocorreu entre meados do século XIV e meados do século XX, caracterizada como 2ª Revolução Industrial, promovida principalmente com o uso da eletricidade como fonte de energia, caracterizando pela produção do telefone, rádio, televisão e automóveis. Motivada principalmente pelas grandes guerras mundiais, a 3ª Revolução Industrial promoveu não só o um grande desenvolvimento tecnológico, mas também significativas transformações, decorrentes de uma integração física entre a produção e a ciência, com grande destaque para a automação industrial, com uma elevada otimização dos equipamentos já existentes (AIRES; KEMPNER-MOREIRA; FREIRE, 2017).

A quarta revolução industrial, também conhecida como Indústria 4.0, vem para promover a integração de sistemas físico-cibernéticos por meio da fusão do mundo real com o mundo digital, unindo sistemas digitais, físicos e biológicos. Sendo inevitável a substituição do trabalho humano por máquinas, devido às novas tecnologias, indicando que a geração de empregos será afetada, porém tal revolução vai exigir mão de obra de maior qualificação, sendo estimado que os setores de engenharias cresçam juntamente com essas inovações. A partir da implantação e implementação ou até adaptação dos parques industriais as indústrias passarão contratar profissionais com a capacidade de gerenciar, cuidar e realizar a manutenção de sistemas tão sofisticados (SCHWAB, 2016) (AIRES; KEMPNER-MOREIRA; FREIRE, 2017) (TELES, 2017).

O perfil profissional pretendido para desenvolver atividades junto a indústria 4.0 é resultante da união de vários aspectos, ligados a uma visão técnica através da formação multidisciplinar, com destaque para as áreas de mecânica, elétrica e automação. O profissional também necessita de conhecimentos básicos dos processos industriais e deve estar aberto a trabalhar com máquinas, processos e sistemas complexos e integrados aos quais fornecem diversas informações de modo

instantâneo. Deve-se destacar ainda a flexibilidade frente às mudanças do setor industrial, o senso crítico a fim de se tomar decisões acertadas, o bom relacionamento colaborativo para equilíbrio de relações, habilidades em outros idiomas e ainda a busca constante de atualização e de informação (TELES, 2017).

Este trabalho tem como objetivo apresentar a evolução e desenvolvimento da Indústria 4.0, também chamada 4ª Revolução Industrial, demonstrando as bases estruturais desta revolução e suas importâncias. Também é apresentado, de forma sintetizada, um comparativo da evolução da implantação e implementação entre o Brasil com os países mais desenvolvidos Estados Unidos e Alemanha indicando os caminhos percorridos por essas potências industriais e como elas estão preparando para as décadas seguintes e quais estratégias o Brasil deve tomar para acompanhar essa nova realidade tecnológica.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Indústria 4.0

Klaus SCHWAB (2016) afirma que:

A 4ª Revolução Industrial, que inclui desenvolvimento em campos antes desconectados como inteligência artificial, robótica, nanotecnologia, impressoras 3D, genética e biotecnologia, causará disseminada perturbação não somente para os modelos de negócios, mas também para o mercado de trabalho nos próximos cinco anos, com enormes mudanças previstas no conjunto de habilidades requeridas para prosperar no novo panorama.

A Tabela 1 descreve as principais tecnologias envolvidas em cada revolução industrial e o percentual de substituição de tecnologias para cada período.

Tabela 1: Substituição de tecnologia por revolução.

Revoluções Industriais	Tecnologia	Substituição	Percentual de substituição (%)
1ª	Vapor	Substituição do tear completo.	100
2ª	Eletricidade	Pouca substituição dos equipamentos, somente as esteiras foram necessárias.	Entre 10 e 20
3ª	Automação	Alto nível de substituição dos equipamentos por máquinas.	Entre 80 e 90
4ª	Sistemas Ciberfísicos	Máquinas existentes conectadas. Há somente uma substituição parcial dos equipamentos.	Entre 40 e 50

Fonte: (OPPORTUNITY, 2017)

A indústria 4.0 começa a ser moldada a partir do uso de componentes e estruturas tecnológicas aplicadas diretamente nas indústrias e empresas, os principais são os *Sistemas Ciber-físicos* (CPS), a *Internet das Coisas* (IoT) e a *Internet dos Serviços* (IoS), além da chamada Fábrica Inteligente. Todas essas ferramentas são o que fazem uma indústria ser chamada de 4.0 (HERMANN, MARIO PENTEK, TOBIAS* OTTO, 2015) (SCHWAB, 2016) (AVAN, 2017).

Os *Sistemas Ciber-físicos* (CPS) podem ser descritos como a fusão do físico e do virtual, são as integrações de computação e processamentos. Computadores e redes embarcados monitoram e controlam os processos físicos, geralmente com loops de feedback em que processos físicos afetam cálculos e também o inverso. O desenvolvimento do CPS é constituído por três fases. A primeira inclui tecnologias de identificação como *Etiquetas Radio-Frequency IDentification* (RFID), que permitem identificação exclusiva com o armazenamento e as análises sendo fornecidas como um serviço centralizado. A segunda fase inclui sensores e atuadores com uma gama limitada de funções e a terceira fase trás o armazenamento e análise de dados equipados com vários sensores e atuadores, todos compatíveis com uma única rede (HERMANN, MARIO PENTEK, TOBIAS* OTTO, 2015) (SCHWAB, 2016) (AVAN, 2017).

Os conceitos de *Internet das Coisas* (IoT) e a *Internet dos Serviços* (IoS) permitem que objetos como sensores, atuadores, telefones e máquinas por meio de endereçamentos possam interagir entre si e cooperarem uns com outros, além de propiciar que fornecedores através de uma infraestrutura, venda serviços e modelos de negócios através de vários canais. Esse desenvolvimento permite uma nova

forma dinâmica de variação da distribuição das atividades individuais, oferecendo tecnologias de produção especiais, ao invés de apenas alguns tipos de produção (HERMANN, MARIO PENTEK, TOBIAS* OTTO, 2015) (AVAN, 2017).

O termo “*Fábrica Inteligente*” agrega uma característica fundamental da Indústria 4.0, sendo definida como uma fábrica que ajuda no contexto, pessoas e máquinas, na execução de suas tarefas. Isso é alcançado pelos sistemas trabalhando em segundo plano, chamados sistemas calmos e conscientes do contexto, significa que o sistema pode levar em consideração informações de contexto, como posição e status de um objeto e então interagir com documentos eletrônicos, desenhos e modelos de simulação. Deste modo definindo a melhor forma de aplicação e execução das atividades desenvolvidas na fábrica (AVAN, 2017) (SCHWAB, 2016).

Conforme as definições e características da Indústria 4.0 avalia-se o comportamento deste tipo de industrialização, tornando possível identificar o desempenho e condições as quais Alemanha, Brasil e Estados Unidos estão dispostos.

2.2 Indústria 4.0 na Alemanha

Conforme descreve (LIMA, 2009):

O processo de industrialização alemão foi um processo rápido e que foi impulsionado por objetivos específicos do Estado Alemão. Não sendo caracterizada pelo liberalismo econômico e sim pelo protecionismo estatal, permitiu a condução do processo no sentido de suprir interesses da nação alemã (representada no Reich).

A industrialização alemã se desenvolveu a partir de 1871, depois da união total de seus estados, tendo suas bases nas indústrias químicas e elétricas, as quais possuíam consideradas reservas de matéria prima e um alto investimento em pesquisa, aliados ao elevado grau de instrução da classe trabalhadora, desta forma possibilitou-se o início da chamada segunda revolução industrial. Nos tempos atuais a indústria continua sendo a base da economia alemã responsável por quase 30% do Produto Interno Bruto (PIB) do país e responsável por 25 % da mão-de-obra. As indústrias alemãs possuem notória representação mundial por possuir filiais em todo o globo terrestre, sendo exemplos as montadoras *Volkswagen* e *BMW*, indústrias químicas como a *Bayer* e o grupo *Bosch* (LIMA, 2009) (DW, 2008).

Pensando em manter-se como a grande potência industrial, em 2011 durante a principal feira industrial da Alemanha ocorrida em Hannover, o governo alemão apoiado por centros de pesquisas e empresas do ramo de tecnologia indicou mudanças em relação ao funcionamento das fábricas baseando-se na descentralização de processos com o uso de automação, da internet das coisas e demais tecnologias, sendo denominado pela primeira vez o termo Indústria 4.0 (4.0, 2014).

A partir do anúncio do termo Indústria 4.0 e suas atribuições, incentivos políticos, bem como, financiamentos e atividades complementares foram introduzidos com o principal intuito de tornar os alemães como o país referência em sistemas *ciber-físicos* até 2020. Além disso, representantes de diversos grupos industriais se comprometeram em gastar mais de 2,5 bilhões de euros em diversas áreas de pesquisa ao longo de dez anos, direcionando investimentos em /setores como o automotivo, tecnologias de automação, fabricação de maquinários e plantas industriais (ALMEIDA, 2017).

Aliado aos grandes investimentos, entidades com forte participação no desenvolvimento do país, trabalham de modo a otimizarem as ideias e tecnologias para a indústria. É o caso da *Academia Nacional de Ciência e Engenharia da Alemanha (ACATech)* que vem desenvolvendo um “Conselho Consultivo de Pesquisa da Plataforma Industrie 4.0”, no qual é debatido o projeto “Indústria 4.0”, sendo apresentadas ações voltadas às perspectivas centrais da política econômica e de localização para a Alemanha como local de produção. Para a obtenção dos objetivos propostos, o Conselho Consultivo de Pesquisa de Consultoria da Indústria conta com 19 representantes científicos e 12 representantes de empresas para fornecer consultoria independente sobre a plataforma Industrie 4.0, seus grupos de trabalho e os ministérios federais (ANDERL et al., 2019).

O conselho acompanha a plataforma *Industrie 4.0* usando de sua competência em pesquisa científica e pesquisa e desenvolvimento, desta forma coopera estreitamente com os grupos de trabalho da plataforma *Industrie 4.0* visando uma perspectiva de médio a longo prazo por meio de opiniões direcionadas e opiniões de especialistas que combinem o conhecimento atual da pesquisa para aplicações industriais. A partir disso, o Conselho de Pesquisa chega a conclusões, impulsos de pesquisa e recomendações de ação. Com o papel multiplicador dos membros do conselho inicia-se a transferência de conhecimento para as

comunidades científicas interessadas, bem como para a indústria aplicando e equipando as mesmas (ANDERL et al., 2019)

Outras plataformas também possuem destaque em políticas de desenvolvimento industrial, como é o caso da *Active Research Environment for the next Generation of Automobiles* (Arena 2036), plataforma líder em pesquisa de mobilidade, situada em *Stuttgart-Vaihingen* é um belo exemplo do poderio alemão em elaboração de projetos automotivos. Essa plataforma tem como objetivo aplicar uma produção flexível e inteligente de veículos leves até o ano de 2036. Com o programa “start-up highway”, as startups com soluções de mobilidade de hardware e software podem usar o laboratório ARENA2036 para refinar suas ideias ao longo de vários meses. Inúmeros parceiros e mentores conhecidos apoiam as start-ups no desenvolvimento de seus protótipos e conhecimentos. A longo prazo, o ARENA2036 ajudará a fortalecer a posição do estado de Baden-Württemberg, na Alemanha, como líder mundial do setor automotivo (FROESCHLE, 2017).

2.3 Indústria 4.0 nos Estados Unidos da América (EUA)

Os Estados Unidos da América é uma das grandes potências industriais no mundo, com um elevado poder de produção e consumo, o que está intrinsecamente ligado às tecnologias desenvolvidas neste país, algo que já se desenvolve há anos, desde os primórdios das grandes guerras, que foram fatores decisivos no avanço industrial e militar.

A necessidade de crescimento econômico e tecnológico faz parte de sua história, juntamente com decisões políticas definidas por seus líderes de estado. Com relação às características da Indústria 4.0, que nos Estados Unidos tem uma definição descrita como manufatura avançada, pode-se destacar uma proposta recente de governo, como parte de medidas para manter a união entre as lideranças dos EUA e as tecnologias, de modo a impulsionar a criação de empregos para fabricação de alta qualidade, o que aumentará a competitividade global do país, a qual é denominada de *Advanced Manufacturing Partnership* (AMP) ou Parceria de Manufatura Avançada, criada pelo Presidente Barack Obama em 2011(HOUSE, 2011)(ARBIX et al., 2017).

O projeto visa estabelecer uma Rede Nacional de Institutos de Inovação em Manufatura, com foco em parcerias público-privadas para construção de instalações de alta tecnologia e que possam ser compartilhadas, desta forma busca-se a

consolidação em tecnologias emergentes, com impacto direto em investimentos em manufatura através de reformas tributárias, regulatórias, de energia e comerciais. Como parte das medidas, o comitê diretor que gerencia o projeto busca investir em faculdades comunitárias, com propostas de investimento no valor de US\$ 8 bilhões, para auxiliar as faculdades comunitárias, com intuito de trabalhar em conjunto com a indústria no desenvolvimento de novas equipes de trabalho e no treinamento de colaboradores (HOUSE, 2011).

2.4 Indústria 4.0 no Brasil

Ao se tratar de indústria 4.0 no Brasil remete-se em um processo de transformações em que as indústrias deverão passar nos próximos anos e décadas. Como descrito por José Rizzo fundador da Pollux, empresa fundada em 1996, especialista em automação industrial, a indústria brasileira ainda está na fase de transição entre a indústria 2.0 e a 3.0, expondo o atual estágio da evolução industrial no país, apesar do lento crescimento, há setores que já utilizam partes das características da indústria 4.0. Como mostrado em alguns dos indicadores do índice global de inovação, áreas da agropecuária e agricultura brasileira já vem utilizando de equipamentos e ações referentes a indústria 4.0 (AVAN, 2017) (EDI, 2017).

O índice global de inovação mostrou que o Brasil ocupa a posição de número 69º no ranking em que são avaliados quesitos como crescimento de produtividade, educação, exportações de produtos de alta tecnologia, investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Uma das causas que atribuem o Brasil a atual colocação no *ranking* vem ocorrendo desde meados da década de 1990, demonstrando que as indústrias brasileiras diminuíram o nível de investimento em sua própria tecnologia e começaram a depender da tecnologia do exterior (COSTA E SILVA, 2017) (GOVERNO FEDERAL, 2019).

Tabela 1: Índice Global de Inovação: Países mais inovadores.

POSIÇÃO	PAÍS	PONTOS
1°	Suíça	67,69
2°	Suécia	63,82
3°	Países Baixos	63,36
4°	Estados Unidos da América	61,40
5°	Reino Unido	60,89
6°	Dinamarca	58,70
7°	Cingapura	58,69
8°	Finlândia	58,49
9°	Alemanha	58,39
10°	Irlanda	58,13
69°	Brasil	33,10

Fonte: (EDI, 2017)

Estudos mostram que em meados de 1985 a indústria de transformação brasileira tinha uma participação de um pouco mais de 20% no PIB do Brasil e a partir do momento em que as indústrias do país começaram a sentir os efeitos da disrupção de tecnologia que os países desenvolvidos apresentaram, teve como principal reflexo a perda da força e a estagnação industrial por dependerem da tecnologia estrangeira, agravada pela pouca difusão da globalização, que naquele momento da história não apresentava a ampla conexão que existe atualmente, logo a participação das indústrias começaram a cair, tendo uma redução de 11,9% em 2016 (GOVERNO FEDERAL, 2019).

Com intuito de se adequar às novas tecnologias, como apresentado em países desenvolvidos, o Brasil está promovendo a criação de programas, com foco principal na inovação e na busca por uma indústria mais forte e integrada, que não dependa totalmente da tecnologia proveniente de outros países. Porém, o setor produtivo que mais recebe atenção no Brasil é o da agricultura, o que pode ser justificado pela alta produtividade e rentabilidade para economia. Como mostrado no índice global de inovação, o Brasil tem desenvolvido um sistema coerente e abrangente de pesquisa e desenvolvimento para apoiar inovações e novas tecnologias agrícolas, em consequência, tem conquistado posições de destaque em rankings que comparam a tecnologia investida na agricultura (GOVERNO FEDERAL, 2019) (DALENOGARE et al., 2018) (BRAZILLAB, 2018) (EDI, 2017).

Apesar do maior enfoque na agricultura, outros programas surgem como alternativa para o desenvolvimento industrial como é o caso do *Rumo a Indústria 4.0*

e o *Grupo de Trabalho para a Indústria 4.0* (GTI 4.0), que têm como objetivo elaborar propostas em forma de agenda nacional a respeito da temática da indústria 4.0. O GTI conta hoje com mais de 50 instituições que trazem contribuições e debates nas mais variadas perspectivas e ações voltadas a indústria 4.0 no Brasil, entre os temas abordados pelo GTI 4.0, estão o aumento da competitividade das empresas brasileiras, um novo mercado de trabalho, *startups test beds*, mudanças na estrutura das cadeias produtivas e a massificação do uso de tecnologias digitais. Mas para que todas essas mudanças sejam colocadas em prática faz-se necessário que haja uma união entre associações empresariais, confederações, federações de indústria e sindicatos (BRAZILLAB, 2018) (GOVERNO FEDERAL, 2019) (M.E, 2019) (MCTIC, 2016).

Além dos programas já citados, instituições como o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), vem promovendo estudos que destacam as quatro ações necessárias para que a indústria brasileira se adapte à 4ª Revolução industrial, são elas: enxugar seus processos produtivos; requalificar trabalhadores e gestores; inserção por tecnologias já disponíveis e de baixo custo, além do investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação. Seguindo essas ações o processo de revolução industrial começará a se desenvolver em conjunto com a agenda da indústria 4.0, com planos de ajuda às empresas que queiram evoluir, fomentando iniciativas que facilitem e habilitem o investimento privado de acordo com a nova realidade fiscal do país, conectados com instrumentos de apoio já existentes, testes, avaliações e debates, para desta forma, construir consensos por meio de uma validação de projetos-pilotos e medidas experimentais que operarem com neutralidade tecnológica, somado ao equilíbrio de medidas de apoio para pequenas e médias empresas, em comparação com grandes companhias (SENAI 4.0, 2019) (GOVERNO FEDERAL, 2019) (MCTIC, 2016).

METODOLOGIA

Este estudo apresenta uma revisão bibliográfica, contendo breves informações sobre as revoluções industriais, de modo a buscar evidências, de como a industrialização se mostrou necessária para suprir as necessidades dos seres humanos, além de explanar quais fatores contribuíram para o desenvolvimento da indústria 4.0.

Empregando-se do método de estudo com caráter exploratório-descritivo, buscou-se em diversas bases de dados tais como Google Acadêmico, Science Direct, Scopus, SciELO e sites governamentais estudos que apresentem descrições sobre o tema proposto, indicando como este modelo de indústria surgiu e como têm se comportado, com foco na Alemanha, Brasil e Estados Unidos. Com base no tema escolhido, as palavras utilizadas para o levantamento nas plataformas de pesquisas anteriormente citadas foram: Indústria 4.0, riscos, evolução e perspectivas, as quais também foram empregadas na língua inglesa para maior diversificação de conteúdos e autores. A base de dados considerados, compreendem o período de publicações entre os anos de 2009 e 2019, resultando na apresentação de um conteúdo atualizado e condizente com o atual estágio de desenvolvimento industrial no mundo.

A análise baseia-se em descrições de autores, notícias, dados oficiais de governos sobre a geração de empregos e o status atual deste modelo de indústria, o que possibilita traçar paralelos sobre o comportamento em localidades distintas do nosso planeta. A geração de empregos nos moldes desta nova era, implicam em uma mão de obra bem mais qualificada, fator que, deve ser analisado, já que, é reflexo direto para as vagas ofertadas, visto que, o mercado de trabalho irá à procura de novos perfis de profissionais.

De modo geral, tais análises consideram uma revisão de literatura para elaboração de resultados e discussões, a qual, envolve a descrição de tabelas e maior explanação do conteúdo, com dados concretos e estruturados, evidenciando comparações diretas de maneira clara e objetiva. De acordo com a metodologia proposta, este estudo possibilita estabelecer comparações do desenvolvimento industrial presente na Alemanha, Brasil e Estados Unidos, de modo a verificar quais os maiores destaques de cada país.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Baseado em uma revisão bibliográfica o artigo buscou abordar os processos de implementação da indústria 4.0, suas bases de operações e modelos em países de referência no mundo industrial como Alemanha e os Estados Unidos da América. fazendo uma comparação no que vem sendo desenvolvido nestes países e no Brasil e quais rumos está nova era tecnológica deve seguir chegando as seguintes discussões.

4.1 Alemanha

Após os estudos realizados entende-se que os impactos da quarta revolução industrial, afetará toda a economia e a sociedade alemã e colocará em discussão os modelos de produção e a forma de como se deva trabalhar. Os sistemas ciberfísicos como vem demonstrando, já alavancam a produtividade e eficiência dos recursos, permitindo maior organização e flexibilidade do trabalho. As empresas que já utilizam bancos de dados inteligentes, possuem vantagens no momento de poder escolher os melhores funcionários, visto que oferecem uma melhor carreira profissional sendo possível a flexibilização do trabalho com as atividades sociais do trabalhador (COSTA, 2017).

Abordando a temática dos impactos dos processos inovativos na sociedade, o alemão Daniel Buhr da Universidade Eberhard Karls através do artigo, "*Social Innovation Policy for Industry 4.0*" (2015), descreve as consequências dos desenvolvimentos tecnológicos no mundo do trabalho, ao qual evidenciou que os trabalhos estão cada vez mais digitalizados, automatizados, flexíveis, descentralizados, mais transparentes e com menor hierarquia. Por outro lado, esse tipo de trabalho provavelmente desenvolverá uma classe trabalhadora mal remunerada e de menor proteção social, trazendo também delimitação do trabalho, aceleração e intensidade das atividades, sendo novos desafios para conciliar o trabalho e a vida social (COSTA, 2017).

Para a indústria 4.0 na Alemanha os desafios estão centralizados em relação ao potencial econômico em termos do aumento produtivo e eficiente das empresas de pequenos e médios porte, as quais ainda apresentam dificuldades em participarem dos projetos desenvolvidos. As barreiras no contexto da Indústria 4.0 para as pequenas empresas são o desenvolvimento de projetos digitais apropriados, análises do custo-benefício de tais tecnologias serem relevantes além da falta de segurança no uso de dados e das definições dos padrões necessários. Porém o país pretende mudar este cenário nos próximos anos continuando investindo fortemente, dados mostram que em toda Europa cerca de €1,35 trilhões ao longo de 15 anos serão aplicados em questões relacionadas a indústria 4.0. Deste total, €250 bilhões serão das empresas alemãs (ALMEIDA, 2017).

Tabela 2: Oportunidade para crescimento com a Indústria 4.0

Setores Econômicos Selecionados	Valor agregado bruto (bilhões de euros)		Potencial da Indústria	Crescimento anual	Incremento (bilhões de euros)
	2013	2025	2013-2025	2013-2025	2013-2025
Indústria química	40,08	52,1	30,00%	2,21%	12,02
Veículos automotivos e autopeças	74	88,8	20,00%	1,53%	14,8
Engenharia de máquinas e instalações	76,79	99,83	30,00%	2,21%	23,04
Equipamentos elétricos	40,72	52,35	30,00%	2,21%	12,08
Agricultura e Floresta	18,55	21,33	15,00%	1,17%	2,78
Tecnologia da informação e comunicação	93,65	107,7	15,00%	1,17%	14,05
Potencial conjunto dos seis setores selecionados	343,34	422,11	23,00%	1,74%	78,77
Extrapolação para o valor agregado bruto total na Alemanha	2326,61	5593,06*	11,5%**	1,27%**	245,45%**

Notas:

* Nenhum crescimento econômico é considerado nas projeções para 2025. Apenas se considera o potencial de crescimento sem e com a Indústria 4.0 nos seis setores selecionados.

** O total inclui o potencial da Indústria 4.0 para os seis setores selecionados bem como para os setores econômicos remanescentes, assumindo que os seis setores respondem por 50% do valor agregado bruto.

Fonte: (ALMEIDA, 2017)

A tabela 4 indica os potenciais econômicos da Alemanha e os investimentos que foram feitos em tais setores mostrando os seus graus de crescimento anual e quais as expectativas para os mesmos setores no ano de 2025. Desta forma evidenciando as oportunidades de crescimento com o uso dos elementos da indústria 4.0 nesses ambientes.

Com forte desenvolvimento baseado na indústria 4.0 e entre as principais empresas no mundo de soluções tecnológicas a empresa alemã Siemens durante a feira tecnológica industrial ocorrida em Hannover em 2018 apresentou uma nova versão do seu sistema operacional de Internet das Coisas (IoT) voltada a indústria. Dispondo de código aberto a plataforma permite a criação de aplicativos e serviços digitais possibilitando trabalhar de maneira autônoma e inteligente com uma infinidade de dados. Empresas como a Siemens e a plataforma ARENA 2036 direcionam o rumo em que as empresas e indústrias da Alemanha devem seguir nas

próximas décadas para conseguirem ser competitivas com as novas tendências mundiais (SANTINO, 2018).

4.2 Estados Unidos da América

Os Estados Unidos possuem indústrias estratégicas em diferentes localidades do mundo, que somadas produzem cerca da metade de seus componentes. Os EUA, em um de seus pacotes de investimentos, destinaram US\$ 600 milhões para criar uma rede nacional que reúne 15 centros de pesquisas e grandes empresas como Dow Chemical, Ford, Intel e Johnson & Johnson (O GLOBO, 2014).

Atualmente, ocupam o segundo lugar como maior fabricante do mundo, com uma produção industrial de 2017 atingindo níveis inéditos de aproximadamente US\$ 2,2 trilhões, os quais terão parcelas aplicadas às tecnologias da Indústria 4.0, para voltarem a posição de maior fabricante do mundo. A indústria manufatureira apresenta números promissores, como indicado em março de 2017, empregando 12,4 milhões de pessoas. Porém, sua produção industrial vem crescendo mais lentamente se comparado a países como Alemanha, China, Coréia do Sul e México, todavia mais rapidamente do que em grande parte dos países europeus e no Canadá. É evidente que fabricantes dos EUA gastam muito mais em pesquisa e desenvolvimento (P&D) do que em qualquer outro país, com gastos que se aproximam a 11% do valor agregado em P & D, representando um aumento acima de 3% desde 2002. Grande parte de pesquisa e desenvolvimento de fabricantes americanos é direcionada a setores de alta tecnologia, nas mais diversificadas áreas de produção, dentre os quais se destacam produtos eletrônicos, farmacêuticos e aeronaves, à medida que na maioria dos outros países, grande parte de valores investidos em de P&D se desenvolve em setores de tecnologia média, como automotivo e manufatura de máquinas (INDUSTRY 4.0 MARKET & TECHNOLOGIES., 2018).

É importante destacar a forma de atuação do governo dos EUA e os documentos oficiais analisados, em sua relação direta com o impulsionamento do desenvolvimento da manufatura avançada no país. Além das parcerias público-privadas, as ações tomadas por órgãos do governo, em especial, os departamentos de Defesa, Energia e Saúde atuam em conjunto para viabilizar as demandas efetivas. É evidente o destaque predominante e crescente que possui o *Departamento de Defesa (DOD)*, o qual equivale à metade dos gastos federais em

pesquisa e desenvolvimento, com apoio de programas e agências importantes, em especial a *Defense Advanced Research Projects Agency* (Darpa) e *ManTech*. A grande preocupação dos Estados Unidos da América com a sua segurança em nível nacional contribui para efetivação de inúmeras iniciativas, a qual a manufatura avançada está inserida. Desta forma, o método de atuação do governo federal e suas presunções impulsionam o desenvolvimento de novas tecnologias (DAUDT, 2016).

O foco dos Estados Unidos para a Indústria 4.0 se respalda no fortalecimento de sua indústria nacional com o propósito de fortalecer sua produção manufatureira, a fim de recuperar seu status de maior produtor mundial, tal posição que foi superada, em diversos segmentos, por países asiáticos. A principal motivação para os investimentos e fortalecimento industrial ocorre pela relação direta que a manufatura tem com a criação de novos postos de trabalho. Apesar de ser considerada a maior potência mundial, os Estados Unidos têm o objetivo de promover uma reestruturação de sua condição como grande potência, desta forma o foco no setor manufatureiro se deve desaceleração de sua produção e déficits na geração de empregos que sofreu no decorrer das últimas décadas. O fator que viabiliza o plano de desenvolvimento é a proximidade com o Departamento de Defesa, o qual é o maior responsável pelas políticas industriais estadunidenses, aliado com auxílio de outros programas do governo e o investimento da iniciativa privada preveem grandes avanços. O grande foco dos Estados Unidos é controlar as tecnologias e padrões da Indústria 4.0, tal ação é motivada pela dominância tecnológica adquirida por países que não são seus aliados militarmente, tendo a China como principal competidor (LUCENA; ROSELINO, 2019).

4.3 Brasil

Segundo (COSTA E SILVA, 2017) e o (GOVERNO FEDERAL, 2019) os desafios de implementação da indústria 4.0 no Brasil estão voltados ao atraso de desenvolvimento de nossas indústrias, pelo fato de as mesmas necessitarem alavancar seu processo de industrialização, de modo a apresentar níveis relevantes de investimentos para a capacitação intensiva de engenheiros, analistas de sistemas, gestores e técnicos para as novas tecnologias e por fim fomentar parcerias e alianças estratégicas com outros países trazendo competitividade dos nossos produtos em relação do que são encontrados no exterior.

No decorrer do estudo diversos autores citaram sobre como o Brasil está defasado em relação aos países mais industrializados no quesito de revolução industrial, devido ao fato de estar transitando entre a segunda e terceira revolução. Apesar do estágio atual de desenvolvimento, o país já apresenta um modelo de indústria conectada, que ganhou força em 2010 e ainda é algo recente, no caso em questão a chamada *Internet das Coisas Industrial (IIoT)*, que vem sendo estudada à aproximadamente cinco anos no Brasil. Dentre as pioneiras que já utilizam a *IIoT* estão as indústrias de base, como as de petróleo, celulose e química. Em pesquisa recente feita pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) é demonstrado que entre os anos de 2016 e 2018, o número de indústrias/empresas que aderiram às *IIoT* obteve um aumento de 63% para 73% em grandes companhias, já nas pequenas e médias empresas tal crescimento ainda permanece distante (GOVERNO FEDERAL, 2019).

Estruturados com as ações citadas pelos demais países como a Alemanha e Estados Unidos da América não só disputam o topo do ranking mundial como também disputam quem controlará o perfil e a configuração do novo paradigma tecnológico, composto por novos parâmetros, critérios e protocolos. Essa disputa intensa sugere que os próximos dez anos serão críticos para a definição de traços futuros da indústria 4.0, exatamente por isso o Brasil mesmo com suas dificuldades e carências, deve se preparar para não ficar desatualizado no processo de consolidação da nova indústria digital, quanto mais tardia a reação, maior será a distância do nível de desenvolvimento se comparado a outros países e maior serão os obstáculos. Para reposicionar a indústria brasileira, algumas empresas de nível mundial que já disputam a corrida da indústria 4.0 e que possuem filial instalada no Brasil estão contribuindo para evolução da indústria nacional, visto que as diretrizes usadas na Alemanha e nos Estados Unidos contribuem para o aprimoramento das diretrizes brasileiras (ARBIX et al., 2017) (SENAI 4.0, 2019).

No Brasil já existem diversas indústrias/empresas que possuem implementações avançadas da indústria 4.0, utilizando de duas ou mais características, como é o caso de sistemas cyber-físicos; internet das coisas; internet nos serviços e indústria inteligente. Essas são as aplicações e conceitos que os autores indicam ser parte fundamental da quarta revolução industrial, podendo ser observada em empresas como Marcopolo, Nubank, Coca-Cola Andina Brasil, Phygitall, Pix force, Birmind, EasyPro, VirtualCAE, Dois pra Um, entre outras. Porém a tecnologia nas indústrias brasileiras ainda deve ter grande evolução para poder

alcançar grandes níveis de tecnologia, como já é utilizado na Alemanha e nos Estados Unidos (PIMENTEL, 2019)

CONCLUSÕES

Como previsto, Alemanha e Estados Unidos apresentam um grande desenvolvimento. Os alemães com incentivos políticos e sua base industrial já bem estruturada desenvolve plataformas para auxiliar a implementação de projetos de pesquisa voltadas a indústria 4.0 visando a continuar sendo o país referência no setor industrial e busca de forma rápida superar os desafios das pequenas e médias empresas na imersão deste novo momento que o mundo se encontra. Os norte-americanos por sua vez, buscam se consolidarem novamente como maior fabricante, através de planos governamentais com parcerias público-privadas e grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Já no Brasil tal revolução caminha lentamente, devido à falta de políticas públicas que incentivem o desenvolvimento tecnológico, os elevados custos de implementação, o receio das empresas nacionais em se qualificarem devido à falta de apoio do governo, ausência de mão de obra qualificada, o problema do grande número de desempregados em todos os níveis e a baixa renda per capita, que tem influência direta no perfil de consumo determinado pelo preço.

REFERÊNCIAS

4.0, D. M.-I. **Indústria 4.0 na Feira de Hanôver**. Disponível em: <<https://www.deutschland.de/pt-br/topic/economia/globalizacao-comercio-mundial/industria-40-na-feira-de-hanover>>. Acesso em: 14 out. 2019.

AIRES, R. W. DO A.; KEMPNER-MOREIRA, F.; FREIRE, P. DE S. Indústria 4.0: desafios e tendências para a Gestão do Conhecimento. **Seminário Universidades Corporativas e Escolas de Governo**, p. 24, 2017.

ALMEIDA, P. R. DE. **Diplomatizzando: Alemanha: projeto estrategico Industria 4.0 - IEDI**. Disponível em: <<https://diplomatizzando.blogspot.com/2017/09/alemanha-projeto-estrategico-industria.html?m=1>>. Acesso em: 26 set. 2019.

ANDERL, P. D.-I. R. et al. **Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0 - Phase II - acatech**. Disponível em: <<https://www.acatech.de/projekt/forschungsbeirat-der-plattform-industrie-4-0/>>. Acesso em: 26 set. 2019.

ARBIX, G. et al. O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: o que aprender com a Alemanha, China e Estados Unidos. **Novos Estudos - Cebrap**, v. 36, n. 3, p. 1–24, 2017.

AVAN, M. Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil. 2017.

BRAZILLAB. **Programa Rumo à Indústria 4.0: uma iniciativa importante, mas que não pode ser isolada - BrazilLAB**. Disponível em: <https://brazillab.org.br/noticias/programa-rumo-a-industria-4-0?gclid=Cj0KCQjw2efrBRD3ARIsAEnt0eixGJai6HGA3KnCVCMp4vP6WBR3voChqjCpP3OAF6UIIkSZ63Z94eUaAp6FEALw_wcB>. Acesso em: 26 set. 2019.

COSTA E SILVA, A. L. V. DA. Indústria 4.0 ou a 4^a Revolução Industrial e Tecnologia e Soberania Nacional. **Tecnologia em Metalurgia Materiais e Mineração**, v. 14, n. 4, p. 289–289, 2017.

COSTA, F. N. **Indústria 4.0 na Alemanha – Blog Cidadania & Cultura**. Disponível em: <<https://fernandonogueiracosta.wordpress.com/2017/10/06/industria-4-0-na-alemanha/amp/>>. Acesso em: 14 out. 2019.

DALENOGARE, L. S. et al. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of Production Economics**, v. 204, n. December 2017, p. 383–394, 2018.

DAUDT, G. Reflexões críticas a partir das experiências dos Estados Unidos e da Alemanha em manufatura avançada. p. 5–45, 2016.

DW, B. **A Indústria | Saiba mais sobre a economia da Alemanha, a maior da Europa | DW | 12.05.2004**. Disponível em: <<https://www.dw.com/pt-br/a-industria/a-984270>>. Acesso em: 14 out. 2019.

EDI, C. **Índice Global de Inovação de 2017**. [s.l.: s.n.].

FROESCHLE, D.-I. P. **ARENA 2036 – Active Research Environment for the Next Generation of Automobiles | investEU**. Disponível em: <https://europa.eu/investeu/projects/arena-2036---active-research-environment-next-generation-automobiles_pt>. Acesso em: 26 set. 2019.

GOVERNO FEDERAL. **Industria 4.0**. Disponível em: <<http://www.industria40.gov.br/>>. Acesso em: 19 set. 2019.

HERMANN, MARIO PENTEK, TOBIAS* OTTO, B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 01, n. 01, p. 1–15, 2015.

HOUSE, T. W. **President Obama launches Advanced Manufacturing Partnership**. Disponível em: <<https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2013/09/26/president-obama-launches-advanced-manufacturing-partnership-steering-com>>. Acesso em: 26 set. 2019.

INDUSTRY 4.0 MARKET & TECHNOLOGIES. **Industry 4.0 Market & Technologies Report, Focus on the U.S. 2018-2023 - CAGR 12.9% | Homeland Security Market Research**. Disponível em: <[https://homelandsecurityresearch.com/reports/industry-](https://homelandsecurityresearch.com/reports/industry-4-0-market-technologies)

4-0-market-technologies-focus-u-s/>. Acesso em: 14 out. 2019.

LIMA, L. S. DE. A industrialização alemã. p. 1–11, 2009.

LUCENA, F. A.; ROSELINO, J. E. A Indústria 4.0: Uma análise comparativa entre as experiências da: Alemanha, EUA, China, Coréia do Sul e Japão. p. 1227–1237, 2019.

M.E. **Ministério da Economia.** Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/component/content/article?id=2713>>. Acesso em: 26 set. 2019.

MCTIC. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. ESTRATÉGIA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO 2016|2022. p. 136, 2016.

O GLOBO. **‘Fábrica 4.0’ é a aposta da Europa e dos EUA para recuperar o setor - Jornal O Globo.** Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/fabrica-40-a-aposta-da-europa-dos-eua-para-recuperar-setor-14299616>>. Acesso em: 26 set. 2019.

OPPORTUNITY, I. O. Seizi ng I n d ustry 4 . 0 Oppor t unit y T HE ROLE O F M o der n MES S of twar e Challenge : Preparation MES as a Central Enabler. p. 4, 2017.

PIMENTEL, D. M. A. DE S. Indústria 4.0 no Brasil: oportunidades, perspectivas e desafios. 2019.

SANTINO, R. **Alemanha já dá os próximos passos da Indústria 4.0; a gente foi conferir.** Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/video/alemanha-ja-da-os-proximos-passos-da-industria-4-0-a-gente-foi-conferir/75887>>. Acesso em: 26 set. 2019.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution.** [s.l: s.n.].

SENAI4.0. **CARTA DA INDÚSTRIA 4.0.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://senai40.com.br/>>. Acesso em: 26 set. 2019.

TELES, J. **Indústria 4.0 - Tudo sobre a Quarta Revolução Industrial.** Disponível em: <<https://engeteles.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 26 set. 2019.