

Princípios e Cenários da Indústria 4.0: Uma Revisão de Literatura

Paulo Robson Melo Costa

Resumo: Movidas pelos desafios contínuos de aumento de produtividade e personalização de produtos para se manterem no mercado, as indústrias, principalmente as de alta tecnologia, estão passando por um processo de mudanças na magnitude de uma revolução industrial. Sendo a quarta dentre estas grandes revoluções na indústria, o movimento está sendo chamado por Indústria 4.0 e tem como princípios fundamentais a criação de produtos, procedimentos e processos inteligentes, interconectados entre si e autônomos na tomada de decisão através de tecnologias como Sistemas Físico-Cibernéticos (CPS), Internet das Coisas (IoT) e manufatura aditiva (impressão 3D). Com base em uma revisão da literatura, este trabalho fornece uma definição da Indústria 4.0, e de seu termo originário *Industrie 4.0*, e identifica oito áreas-chave para a sua implementação: Padronização e arquitetura de referência, Gerenciamento de sistemas complexos, Infraestrutura de banda larga para a indústria, Segurança, Organização e concepção do trabalho, Treinamento e desenvolvimento profissional contínuo, Regulamentação e Eficiência dos recursos. Tendo em conta estes princípios, os acadêmicos são encorajados a investigar ainda mais sobre o assunto, enquanto os profissionais podem encontrar ajuda na implementação de estruturas apropriadas.

Palavras chave: Indústria 4.0, 4ª Revolução Industrial, Fábricas Inteligentes, Sistemas Físico-Cibernéticos, Internet das Coisas.

Industry 4.0 Principles and Scenarios: A Literature Review

Abstract: Driven by the ongoing challenges of increasing productivity and product customization to stay on the market, industries, especially high technology, are undergoing a process of change in the magnitude of an industrial revolution. Being the fourth of these major revolutions in industry, the movement is being called by Industry 4.0 and has as fundamental principles the creation of intelligent products, procedures and processes, interconnected with each other and autonomous in decision making through technologies such as Cyber-Physical Systems (CPS), Internet of Things (IoT) and additive manufacture (3D printing). Based on a literature review, this paper provides a definition of Industry 4.0, and of its original term *Industrie 4.0*, and identifies eight key areas for its implementation: Standardization and Reference Architecture, Complex Systems Management, Bandwidth Infrastructure wide for the industry, Safety and Security, Organization and conception of the work, Training and continuous professional development, Regulation and Efficiency of the resources. Given these principles, academics are encouraged to further investigate on the topic, while practitioners can find help in implementing appropriate scenarios.

Key-words: Industry 4.0, 4th Industrial Revolution, Smart Factories, Cyber-Physical Systems, Internet of Things.

1. Introdução

O termo *Industrie 4.0* foi utilizado pela primeira vez na Feira de Hannover em 2011, anunciado pelo Governo Federal Alemão como uma das iniciativas-chaves na estratégia de tornar a indústria nacional altamente tecnológica (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). O *Industrie 4.0* é atualmente um dos temas mais discutidos entre profissionais e acadêmicos na área de língua alemã (DRATH; HORCH, 2014).

O programa *Industrie 4.0* está sendo trabalhado na Alemanha como uma marca e, por essa

razão, muitas vezes refere-se a ele sem utilizar a tradução. Essa marca engloba princípios como a implantação de “indústrias inteligentes”, ou “manufatura inteligente” e pode ser entendida como a proposta de uma 4ª Revolução Industrial. Aqui no Brasil o movimento tem sido denominado de Indústria 4.0.

Segundo Kagermann, Wahlster e Helbig (2013), o programa *Industrie 4.0* pode ser descrito como o estabelecimento de redes globais, por parte das empresas, que incorporem suas máquinas (equipamentos e dispositivos), sistemas de armazenamento e instalações (de produção) na forma de Sistemas Físico-Cibernéticos (CPS, do inglês *Cyber-Physical Systems*). Isso permitirá respostas autônomas e rápidas tomadas de decisão dos sistemas de produção. Deste modo, progressos significativos serão observados na gestão das empresas, uma vez que cada sistema terá tomada de decisão independente, sendo capaz de analisar suas especificações e se comunicar com outros sistemas, transferindo informações úteis.

O impacto econômico desta revolução industrial é esperado que seja enorme, uma vez que a Indústria 4.0 promete um aumento substancial da eficácia operacional, bem como o desenvolvimento de modelos, serviços e produtos de negócios completamente novos (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Por se tratar de um tema relativamente recente e ainda pouco abordado no Brasil, este trabalho pretende, com base em uma revisão de literatura, fornecer a definição e apresentar os principais temas que devem ser considerados ao implementar as soluções da Indústria 4.0.

2. Metodologia

Para este trabalho, foi realizado um levantamento dos artigos com maior quantidade de acesso das bases de dados *IEEE Xplore*, *Scopus*, *Web of Science* e *Engineering Village*, além disso, também foram utilizadas referências que estão fora dessas bases de dados mas são referência no assunto. Utilizou-se o método de pesquisa bibliográfica para que fosse possível analisar tudo o que já foi produzido relacionado ao assunto e coletar os dados mais relevantes e principais temas ligados à Indústria 4.0. Durante as buscas, foram empregadas as seguintes palavras-chave: *Industrie 4.0*; *Industry 4.0*; *Internet of Things*; *Internet of Services*; *Cyber-Physical Systems* e *Smart Factories*. Por meio da leitura desses artigos, selecionou-se os artigos de maior relevância e maior relação com o tema e objetivos propostos. Os artigos foram selecionados tomando como base uma revisão narrativa (ROTHER, 2007).

3. Revisão Bibliográfica

O termo Indústria 4.0 surgiu recentemente e trata de um conjunto de inovações e princípios que quando somados, podem resultar em um avanço enorme na produção industrial, nos produtos e até na forma que vivemos. Devido aos grandes resultados esperados e à velocidade com que as mudanças estão ocorrendo, acredita-se que estamos no início de uma nova revolução industrial.

O termo Indústria 4.0 se origina no programa da indústria alemã intitulado *Industrie 4.0* um termo divulgado na Feira de Hannover em 2011 para descrever como esse novo formato de indústria vai revolucionar a organização das cadeias de valor globais (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). Estratégias semelhantes ao programa alemão *Industrie 4.0* também vem sendo adotadas pelo mundo, por exemplo, *Industrial Internet* nos EUA (*The Industrial Internet Consortium*, 2014), *e-Factory* no Japão, e *Internet+* na China (*Premier of the State Council of China*, 2015).

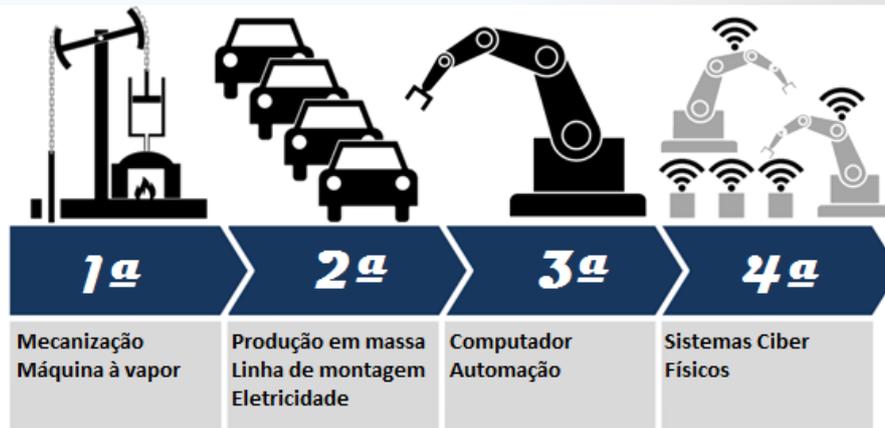
A economia alemã é caracterizada por uma forte base industrial e a estratégia de implantação do programa *Industrie 4.0* é dual: fazer das empresas de fabricação alemã líderes de mercado e fazer do setor de equipamentos de fabricação alemã um fornecedor líder. Os fornecedores de equipamentos alemães fornecem à indústria de fabricação soluções tecnológicas líderes mundiais e, portanto, estão um passo à frente para se tornar líderes globais no desenvolvimento, produção e comercialização mundial de produtos *Industrie 4.0* (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013.).

Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) também afirmam que, em essência, a *Industrie 4.0* envolverá a integração técnica da CPD (*Continuing Professional Development*) na fabricação e logística e no uso da Internet de Coisas e Serviços e Sistemas Físico-Cibernéticos em processos industriais, essas técnicas serão explanadas a seguir. Isso terá implicações para criação de valor, modelos de negócios e organização do trabalho.

O *Industrie 4.0* está focado na criação de produtos, procedimentos e processos inteligentes. As fábricas inteligentes constituem uma característica fundamental da *Industrie 4.0*. As fábricas inteligentes são capazes de gerenciar processos complexos, são menos propensas a interrupções e são capazes de fabricar produtos de forma mais eficiente. Na fábrica inteligente, seres humanos, máquinas e recursos se comunicam entre si tão naturalmente como em uma rede social. Os produtos inteligentes conhecem os detalhes de como eles foram fabricados e como eles se destinam a serem usados (PARROTT; WARSHAW, 2017).

3.1 Quarta Revolução Industrial

A palavra "revolução" designa mudanças abruptas e radicais. Deste a primeira máquina de tear mecânica, datada de 1784, exatamente 233 anos atrás, até hoje, podemos distinguir 4 etapas do processo em andamento chamado Revolução Industrial. É desta forma que, atualmente, está sendo visto. O primeiro avanço ocorreu no final do século XVIII: a produção mecânica com base no vapor d'água. A segunda Revolução Industrial ocorreu no início do século XX: com a introdução de esteiras transportadoras, utilização da eletricidade e a produção em massa, a que os nomes de ícones como Henry Ford e Frederick Taylor estão ligados. A Terceira ocorreu com a automatização digital da produção por meio da eletrônica e TI na década de 1970. De acordo com Bloem (2014), nos encontramos no início desta quarta etapa, caracterizada pelos chamados sistemas físico-cibernéticos (CPS). Esses sistemas são uma consequência da extensa integração da produção, sustentabilidade e satisfação do cliente, formando a base de sistemas e processos de rede inteligente. A Figura 1 ilustra o desenvolvimento das tecnologias características de cada uma das quatro revoluções industriais.



Fonte: Adaptado de Bloem et al (2014).

Figura 1 – Estágios das Revoluções Industriais.

Schwab (2016) acredita que, hoje, estamos vivendo o início de uma quarta revolução industrial, pelos seguintes motivos:

1. Velocidade: Diferentemente das revoluções industriais anteriores, esta está evoluindo a um ritmo exponencial e não linear. Este é o resultado do mundo profundamente interligado em que vivemos e o fato de que a tecnologia está se tornando cada vez mais moderna e com maior capacidade.
2. Largura e profundidade: Baseia-se na revolução digital e combina várias tecnologias que estão levando a mudanças de paradigmas sem precedentes na economia, negócios, sociedade e individualmente. Não é apenas mudar o "que" e o "como" de fazer as coisas, mas também "quem" somos.
3. Impacto de sistemas: envolve a transformação de sistemas inteiros, em países, empresas, indústrias e sociedade como um todo.

Bloem (2014) também afirma que as indústrias possuem três razões principais para adicionar *softwares* conectados em rede nas suas máquinas e produtos, seja nas indústrias de projetos, produção, suporte ou serviços (particularmente manutenção, reparo e revisão, operação). *Software* em rede, incorporado a máquinas e produtos, fazem que com que seja possível ganhar importantes benefícios nos seguintes campos:

1. Comunicação *Machine-to-machine* (M2M) (em português máquina a máquina): Literalmente significa a comunicação da tecnologia sem a intervenção humana, assim o trabalho humano pode ser reduzido gerando importantes contribuições no aumento de eficiência e segurança. O sistema M2M faz uso de sensores e medidores para sinalizar "eventos", estes dados são enviados, via redes de comunicação, para o *software* de aplicação que converterá os dados brutos em informações significativas. As empresas de telecomunicações, em particular, reconhecem a oportunidade de expandir seus serviços e obter acesso aos aspectos operacionais de seus clientes. Podemos dar um exemplo simples da fazenda "sem fazendeiros" onde, através do uso de sensores, as vacas podem ser reconhecidas pelas máquinas de alimentação e onde os sensores digitais em cápsulas dentro da vaca enviam *tweets* para relatar que a vaca está fértil. Este é um dos muitos exemplos.
2. Manutenção: Preferencialmente manutenção preditiva de máquinas e aparelhos eletrônicos com base em constantes relatórios de estado e, possivelmente, reparos

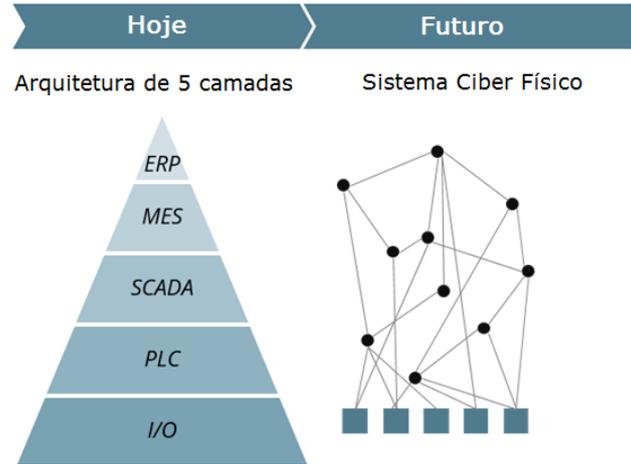
remotos. A condição de vários equipamentos, componentes e produtos pode ser medida ao equipar as máquinas com sensores e enviar esses dados via internet ao sistema central. Um componente pode ser novo, mas seu uso excessivo pode danificá-lo prematuramente. Sabendo quais atividades têm sido executadas, ou sabendo que algumas máquinas têm sido mantidas sob trabalhos pesados durante dias, permite que a programação da manutenção seja feita de forma mais assertiva. De acordo com a IBM, este compartilhamento de dados pode gerar um aumento de 10% na produtividade pois as intervenções realizadas pela manutenção preditiva são oportunas e planejadas. O objetivo é ter zero de ociosidade provocada por manutenções não planejadas e alcançar o pico de produtividade, passando de manutenção corretiva para manutenção preditiva.

3. Envolvimento ou Interação com o cliente (*engagement*): Com este avanço, é possível compartilhar, através de qualquer tipo de eletrodoméstico (geladeiras, escova de dente elétrica, televisão, robôs de limpeza), informações de uso do aparelho de forma a criar um novo valor e forma de prestar serviços. O cliente pode ser um profissional que sempre precisa estar atualizado em suas operações e prefere receber suporte por meio de dispositivos modernos com tela ou semelhantes como o Google Glass. A TFL (*Traffic For London*), empresa responsável pelo transporte público na cidade de Londres, utiliza um cartão que serve como bilhete para utilização de trens, ônibus e linhas de metrô, graças ao sistema operacional que sinaliza algum mal funcionamento nos trens, é possível saber se os passageiros terão ou não que esperar muito. Como no sistema é cadastrado o número do cartão de crédito dos passageiros, o sistema da TFL automaticamente realiza o reembolso ao cliente caso o limite de tempo de espera tenha sido excedido, sem necessidade de recursos, formulários, tempo para realização de acordos e negociações – uma vantagem para ambos, passageiros e empresa. Este exemplo demonstra que podemos esperar muita criatividade no futuro.

3.2 Sistemas Físicos-Cibernéticos (CPS)

De acordo com Wolf (2009), os Sistemas Físicos-Cibernéticos se diferenciam da computação atual pois tem o objetivo de representar virtualmente toda a planta física, ao invés de utilizar abstrações. Já para Lee (2008) esses sistemas são caracterizados pela integração entre computação e processos físicos.

Para Lueth (2015), no futuro pode não haver necessidade das 5 camadas existentes na arquitetura de automação utilizada atualmente. Os serviços subscrevem automaticamente os dados necessários em tempo real, esta é a visão dos Sistemas Físicos-Cibernéticos. Na Figura 2 é apresentada as arquiteturas de “relacionamento” entre sistemas físicos e sistemas virtuais (cibernéticos) utilizadas atualmente em comparação com a que se espera para o futuro com a utilização de CPS.

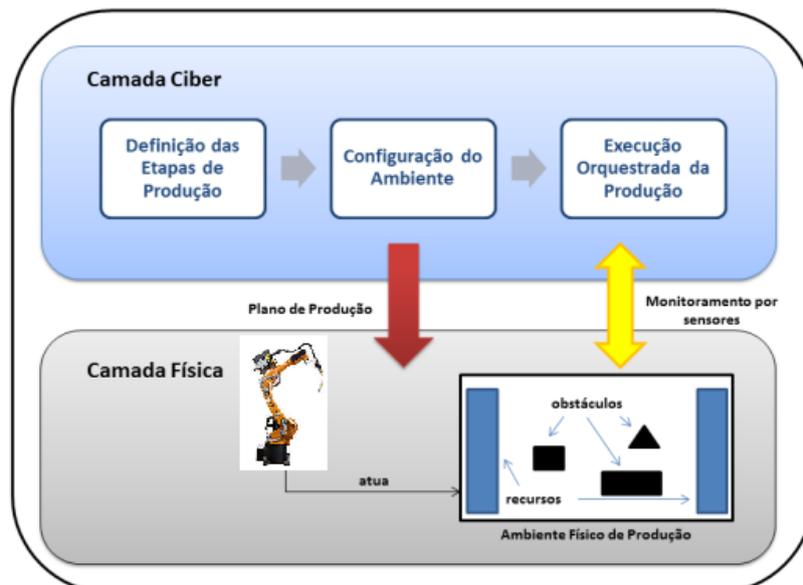


Fonte: Adaptado de Lueth (2015).

Figura 2 – Arquiteturas de automação atual e futura.

Dos Reis (2016) propõe uma plataforma inteligente para gerenciamento de ambientes físico-cibernéticos, de modo a garantir a implementação de processos que seguem as premissas da Indústria 4.0, cujo principal foco é promover a interação, o controle e a autonomia dos agentes atuantes nestes ambientes.

A arquitetura proposta por Dos Reis (2016) é composta por duas camadas essenciais: a cibernética e a física, ver Figura 3. A primeira é responsável pelo projeto e planejamento da produção individual de cada pedido, pela avaliação e alocação de recursos de produção e pela orquestração dos recursos físicos. A segunda camada, por sua vez, constitui-se de um conjunto de robôs, sensores e atuadores. A arquitetura proposta neste trabalho enfatiza o protocolo de comunicação físico-cibernético, pois o mesmo requer primariamente um meta-modelo consistente para capturar diferentes informações físicas.



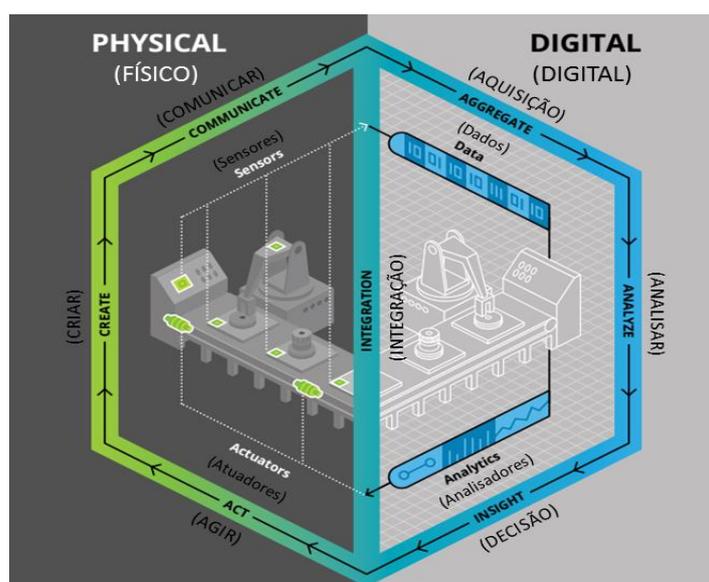
Fonte: Dos Reis (2016).

Figura 3 – Esquema da arquitetura físico-cibernética inteligente para Indústria 4.0.

A indústria moderna utiliza uma ferramenta chamada *digital twin* (gêmeo digital em português). Segundo Parrott e Warshaw (2017), esta ferramenta é definida, fundamentalmente, como um perfil digital evolutivo do comportamento histórico e atual de

um objeto físico ou processo que ajuda a otimizar o desempenho do negócio. O objetivo de um *digital twin* é identificar desvios intoleráveis de condições ideais ao longo de qualquer uma das várias dimensões. Tal desvio é uma oportunidade de melhoria no processo, ou o gêmeo tem um erro na lógica (o que não se espera), ou tem sido identificado uma oportunidade de economizar custos, melhorar a qualidade ou conseguir maior eficiência. A oportunidade detectada pode resultar numa ação de volta no mundo físico.

A ação de um *digital twin* representa uma jornada do mundo físico para o mundo digital e de volta ao mundo físico. Esta jornada física-digital-física, ou *loop*, é a pedra angular da abordagem para a Indústria 4.0, de acordo com Parrott e Warshaw (2017). Na Figura 4 é mostrado como um modelo de *digital twin* pode ser empregado em um processo industrial.



Fonte: Adaptado de Parrott e Warshaw (2017).

Figura 4 – Modelo com processo de produção com *digital twin*.

3.3 Internet das Coisas

Proveniente da expressão *Internet of Things* (IoT), a Internet das Coisas é uma rede de objetos físicos, veículos, prédios e outros que possuem tecnologia embarcada, sensores e conexão com a internet, sendo capazes de coletar e emitir dados (GREENGARD, 2015).

Com o aumento contínuo do poder de processamento e a queda dos preços do *hardware* (em conformidade com a Lei de Moore), é economicamente viável conectar literalmente qualquer coisa à internet. Sensores inteligentes já estão disponíveis a preços muito competitivos. Todas as coisas serão inteligentes e conectadas à Internet, permitindo uma maior comunicação e novos serviços de operação de dados com base em maiores capacidades de análise.

Os especialistas acreditam que, no futuro, todos os produtos (físicos) possam estar conectados a uma infraestrutura de comunicação onipresente, e sensores em todos os lugares permitirão que as pessoas tenham informações completas do meio ambiente.

Brynjolfsson e McAfee (2014) argumentam que os computadores são tão habilidosos que é praticamente impossível prever quais aplicativos podem ser usados em apenas alguns anos. A Inteligência Artificial (AI) está ao nosso redor, desde autogerenciar carros e drones até assistentes virtuais e *software* de tradução. Isso está transformando nossas vidas. A AI fez um progresso impressionante, impulsionado por aumentos exponenciais no poder de

processamento e pela disponibilidade de grandes quantidades de dados, desde o *software* usado para descobrir novos medicamentos aos algoritmos que preveem nossos interesses culturais. Muitos desses algoritmos aprendem com as trilhas de "farelos de pão" de dados que deixamos no mundo digital. Isso resulta em novos tipos de "aprendizagem em máquina" e descoberta automática que permite que robôs e computadores "inteligentes" se autoprogramem e encontrem soluções ótimas para os problemas.

Schwab (2016), listou os possíveis impactos positivos e negativos, bem como alguns impactos resultantes da implantação da Internet das Coisas e dos Serviços que ainda não são possíveis de avaliar como sendo positivos ou negativos.

1. Impactos positivos:

- Aumento da eficiência na utilização dos recursos;
- Aumento de produtividade;
- Aumento da qualidade de vida;
- Diminuição dos custos dos serviços de entrega e logística;
- Mais transparência quanto ao uso e ao estado dos recursos;
- Segurança;
- Maior demanda de armazenamento e internet banda-larga;
- Mudanças no mercado de trabalho e habilidades;
- Criação de novos negócios;
- Mesmo difíceis, aplicações em tempo real viáveis em redes de comunicação padrão;
- Projeto de produtos para ser "digitalmente conectável";
- Digital Twin fornece dados precisos para monitoramento, controle e previsão;
- Digital Twin torna-se participante ativo em negócios, informações e processos sociais;
- As coisas serão habilitadas para perceber seu ambiente de forma abrangente, reagir e agir;
- Autonomia;
- Geração de conhecimento adicional e valor baseado em coisas "inteligentes" conectadas.

2. Impactos negativos:

- Perda de privacidade;
- Perda de emprego para mão de obra não qualificada;
- Hacking, ameaça de segurança (por exemplo, rede de serviços públicos);
- Mais complexidade e perda de controle.

3. Impactos de consequências desconhecidas:

- Mudança no modelo de negócios: aluguel e uso de ativos, ao invés da propriedade (aparelhos como serviço);
- Modelo de negócio impactado pelo valor dos dados;
- Toda empresa potencialmente uma empresa de software;
- Novos negócios: venda de dados;
- Infraestrutura de distribuição massiva para tecnologias da informação;
- Automação do trabalho intelectual (por exemplo, análises, avaliações, diagnósticos);

- Taxas de utilização mais elevadas (por exemplo, carros, máquinas, ferramentas, equipamentos, infraestrutura).

No artigo intitulado “A Internet da Coisas e o futuro da manufatura” na McKinsey Quarterly (reconhecida como a líder mundial no mercado de consultoria empresarial), o principal homem da Bosch, Siegfried Dasch, fez a previsão de que, na indústria, todas as coisas acabarão estando conectadas entre si. Helmuth Ludwig, CEO da filial da Siemens na América do Norte, prevê a mesma coisa: do projeto à manutenção, atualizar e reutilizar, entre produtores, prestadores de serviços e clientes (MCKINSEY QUARTERLEY, 2013).

3.4 Implementação da Indústria 4.0

Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) afirmam que, se a *Indústria 4.0* for implementada com sucesso, as atividades de pesquisa e desenvolvimento precisarão ser acompanhadas de decisões políticas e industriais adequadas. O Grupo de Trabalho *Indústria 4.0* acredita que são necessárias ações nas seguintes oito áreas-chave:

1. Padronização e arquitetura de referência: O *Indústria 4.0* envolverá a rede e a integração de várias empresas diferentes através de redes de valor. Esta parceria colaborativa só será possível se um único conjunto de padrões comuns for desenvolvido. Será necessária uma arquitetura de referência para fornecer uma descrição técnica desses padrões e facilitar sua implementação.
2. Gerenciamento de sistemas complexos: Os produtos e os sistemas de fabricação estão se tornando cada vez mais complexos. Modelos explicativos e de planejamento apropriados podem fornecer uma base para gerenciar essa crescente complexidade. Os engenheiros devem, portanto, estar equipados com os métodos e ferramentas necessárias para desenvolver tais modelos.
3. Infraestrutura de banda larga para a indústria: redes de comunicação confiáveis, abrangentes e de alta qualidade são um requisito fundamental para a *Indústria 4.0*. A infraestrutura da Internet de banda larga, portanto, precisa ser expandida em grande escala, tanto na Alemanha como entre a Alemanha e seus países parceiros.
4. Segurança: A segurança é fundamental para o sucesso dos sistemas de fabricação inteligente. É importante garantir que as instalações de produção e os próprios produtos não representam um perigo para as pessoas ou para o ambiente. Ao mesmo tempo, tanto as instalações de produção como os produtos e, em particular, os dados e informações que eles contêm precisam ser protegidos contra o uso indevido e o acesso não autorizado. Isso exigirá, por exemplo, a implantação de arquiteturas de segurança integradas e identificadores únicos, juntamente com os aprimoramentos relevantes para treinamento e conteúdo de desenvolvimento profissional contínuo.
5. Organização e concepção do trabalho: Nas fábricas inteligentes, o papel dos funcionários mudará significativamente. Cada vez mais, o controle orientado em tempo real transformará o conteúdo do trabalho, os processos de trabalho e o ambiente de trabalho. A implementação de uma abordagem sócio técnica para a organização do trabalho oferecerá aos trabalhadores a oportunidade de obter maior responsabilidade e aprimorar seu desenvolvimento pessoal. Para que isso seja possível, será necessário implantar medidas participativas de concepção do trabalho e aprendizagem ao longo da vida e lançar projetos de referência.

6. Treinamento e desenvolvimento profissional contínuo: A *Indústria 4.0* transformará radicalmente os perfis de trabalho e competência dos trabalhadores. Por conseguinte, será necessário implementar estratégias de formação adequadas e organizar o trabalho de forma a promover a aprendizagem, permitindo a aprendizagem ao longo da vida e o CPD (*Continuing Professional Development*) no local de trabalho. Para conseguir isso, os projetos modelo e "redes de melhores práticas" devem ser promovidos e as técnicas de aprendizagem digital devem ser buscadas.
7. Regulamentação: Enquanto os novos processos de fabricação e as redes de negócios horizontais encontrados na *Indústria 4.0* precisarão cumprir a lei, a legislação existente também precisará ser adaptada para ter em conta novas inovações. Os desafios incluem a proteção de dados corporativos, questões de responsabilidade, tratamento de dados pessoais e restrições comerciais. Isto exigirá não apenas legislação, mas também outros tipos de ação em nome das empresas, existe uma ampla gama de instrumentos adequados, incluindo diretrizes, contratos-modelo e acordos de empresa ou iniciativas de autorregulação, como auditorias.
8. Eficiência dos recursos: Independentemente dos altos custos, o consumo da indústria transformadora de grandes quantidades de matérias-primas e energia também representa uma série de ameaças ao meio ambiente e segurança de abastecimento. A *Indústria 4.0* gerará ganhos em produtividade e eficiência de recursos. Será necessário calcular os *trade-offs* entre os recursos adicionais que precisarão ser investidos em fábricas inteligentes e as potenciais economias geradas.

Dos Santos, De Medeiros e Message (2017) apresentam quais recursos computacionais podem ser empregados para viabilizar e impulsionar esta nova configuração.

3.5 Mercado de Trabalho

De acordo com o relatório "*The Future of Jobs*" (O Futuro dos Empregos) do World Economic Forum (Fórum Econômico Mundial), o mercado de trabalho e as habilidades requeridas hoje são bastante diferentes quando comparados com as de dez ou mesmo cinco anos atrás, e o ritmo de mudança está cada vez mais acelerado. O impacto das mudanças tecnológicas, demográficas e socioeconômicas nos modelos de negócios será sentido em transformações no mercado de trabalho e nas exigências de habilidades, resultando em substanciais desafios para recrutar, treinar e gerenciar talentos (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016).

Várias indústrias podem encontrar-se num cenário positivo de demanda de emprego para ocupações especializadas difíceis de recrutar. Por exemplo, as indústrias automobilística esperam o crescimento do emprego acompanhado de uma situação em que quase 40% das habilidades exigidas por empregos-chave na indústria ainda não fazem parte do conjunto básico de habilidades dessas funções hoje. O relatório da pesquisa indica que os líderes empresariais estão conscientes desses desafios iminentes, mas têm sido lentos em agir de forma decisiva. Pouco mais de dois terços dos líderes acreditam no planejamento e nos recursos de gerenciamento das mudanças da futura força de trabalho como uma prioridade muito alta ou razoavelmente alta na agenda da liderança da empresa ou organização. Em todas as indústrias, cerca de dois terços dos pesquisados também relatam intenções de investir na melhoria das habilidades dos atuais funcionários como parte de sua gestão de mudanças e futuros esforços de planejamento de força de trabalho, tornando-se, de longe, a estratégia mais bem classificada em geral (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016).

Cezar Taurion, presidente da especialista em tecnologia Litteris Consulting, reconhece que “indiscutivelmente haverá redução de vagas” nas indústrias. Ele também faz uma estimativa de que numa indústria que tenha mil funcionários na produção, restariam cem na após a migração para a Indústria 4.0. Na Alemanha, local de origem do programa, já existem unidades de produção totalmente 4.0, as chamadas *dark manufacture* funcionam sem pessoas e com as luzes apagadas. Em contrapartida a estas expectativas, novas funções e cargos, tendem a ser criados (SCRIVANO, 2016).

4. Considerações Finais

Apesar de o termo Indústria 4.0 (proveniente do termo *Industrie 4.0*) ter surgido inicialmente na Alemanha, como parte da estratégia tanto das empresas quanto do governo de empregar alta tecnologia nos meios de produção como mecanismo para a manutenção entre os líderes em nível tecnológico, competitividade e qualidade, o tema vem ganhando força e espaço em todo o globo, pois reúne tecnologias e conceitos que irão modificar a forma como a manufatura atua hoje.

Com a evolução e o barateamento das tecnologias necessárias para colocar os conceitos do programa Indústria 4.0 em prática, haverá a transição das indústrias do nível de automação atual para a utilização de sistemas físico-cibernéticos. Logicamente, cada empresa e cada setor terá seu tempo e forma próprios de avançar e direcionar sua visão para os conceitos do programa. Deste modo, é necessária a realização de estudos focados nos pontos onde a tecnologia Indústria 4.0 pode iniciar em cada empresa.

Este trabalho visou, por meio de uma revisão bibliográfica, abordar de forma a apresentar diretrizes e conceitos sobre trabalhos relacionados ao tema Indústria 4.0 para proporcionar um maior entendimento do tema e auxiliar na construção de uma análise do problema e proposição de novas discussões. A importância deste habita no fato de que o tema ainda é pouco abordado no Brasil.

As, ainda existentes, limitações da inteligência artificial, da área de segurança cibernética e da manufatura aditiva, são exemplos de que as tecnologias ainda necessitam um maior amadurecimento para o desenvolvimento da Indústria 4.0.

Referências

BLOEM, J. *et al.* **The fourth industrial revolution: Things to tighten the link between IT and OT.** SogetiLabs: Issy-les-Moulineaux, 2014.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologie.** W.W. Norton & Company: Nova Iorque, 2014.

DOS REIS, A. N. *et al.* **Ambiente Inteligente para Indústria 4.0: uma proposta baseada em agentes.** Centro de Tecnologias Digitais, Universidade Feevale, Nova Haburgo, 2016.

DOS SANTOS, P. R.; DE MEDEIROS, D. M. R.; MESSAGE, E. R. R. **A estrutura de tecnologia da informação na cadeia de valor sob o contexto da indústria 4.0.** In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 20, 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo, SIMPOI, 2017.

DRATH, R.; HORCH, A. *Industrie 4.0: Hit or hype?* **IEEE industrial electronics magazine**, v. 8, n. 2, p. 56-58, 2014.

GREENGARD, S. **The Internet of Things**. Cambridge: The MIT Press, 2015.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: **System Sciences (HICSS), 2016 49th Hawaii International Conference on**. IEEE, 2016. p. 3928-3937.

SCHWAB. **Factory of the Future**. White paper: Geneva, 2015.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative *Industrie 4.0***. National Academy of Science and Engineering, Frankfurt, 2013.

KURZWEIL, R. **The future of Moore's law**. Kurzweil Accelerating Intelligence: 2013. Disponível em: <http://www.kurzweilai.net/ask-ray-the-future-of-moores-law>.

LEE, E. A. **Cyber Physical Systems: Design Challenges**. 1th IEEE Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), Orlando, p. 363-369, 2008.

LUETH, K. L. **Will the industrial internet disrupt the smart factory of the future?** IoT Analytics: Hamburg, 2015. Disponível em: <https://iot-analytics.com/industrial-internet-disrupt-smart-factory/>.

McKinsey Quarterley. **The Internet of Things and the future of manufacturing**. 2013. Disponível em: http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/the_internet_of_things_and_the_future_of_manufacturing_

PARROTT, A.; WARSHAW, L. **Industry 4.0 and the digital twin**. Deloitte University Press, 2017.

PREMIER OF THE STATE COUNCIL OF CHINA. **Report on the work of the government**. 3rd Session of the 12th National People's Congress, 2015.

ROTHER, E. T. Revisão sistemática X revisão narrativa. **Acta paulista de enfermagem**, v. 20, n. 2, p. v-vi, 2007.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution**. World Economic Forum: Geneva, 2016.

SCRIVANO, R. **Grande indústria já adota 'fábrica inteligente'**. O GLOBO: Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: www.oglobo.globo.com/economia/grande-industria-ja-adota-fabrica-inteligente-20461261.

THE INDUSTRIAL INTERNET CONSORTIUM: **A Global Nonprofit Partnership of Industry, Government and Academia**, 2014. Disponível em: <http://www.iiconsortium.org/about-us.htm>.

WOLF, W. Cyber-Physical Systems. **IEEE**, Los Alamitos, v. 42, e. 3, p. 88-89, 2009.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution**. Suíça, Geneva, 2016.