

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE AS CONTRIBUIÇÕES DA INDÚSTRIA 4.0 PARA A GESTÃO DA QUALIDADE

Marcone Freitas dos Reis^a, Ana Carla Oliveira de Sousa e Silva^a

^a Universidade Estácio de Sá, UNESA, Rio de Janeiro – RJ

RESUMO

A Indústria 4.0 tem como objetivo o desenvolvimento tecnológico nas empresas e na sociedade provendo produtividade, qualidade, redução de custos e integração do mundo real com o virtual. O crescimento da Indústria 4.0 influi diretamente no Sistema de Gestão da Qualidade. O objetivo desta pesquisa científica é apresentar os pontos positivos e negativos da Indústria 4.0, as principais ferramentas e os desafios da implementação da qualidade 4.0.

PALAVRAS-CHAVE:

indústria 4.0,
gestão da qualidade,
qualidade 4.0.

INTRODUÇÃO

O termo "Indústria 4.0" foi criado em uma iniciativa por representantes do mundo empresarial, político e acadêmico que apoiou a ideia como uma abordagem para fortalecer a competitividade da indústria manufatureira alemã. A ideia era fornecer melhorias fundamentais nos processos industriais envolvidos na fabricação, na engenharia, na utilização dos materiais, na cadeia de abastecimento e na gestão do ciclo de vida (MOREIRA, 2017).

Procurando modelos ideais de gestão tem surgido muitas alternativas para ajustar e tornar satisfatórias as relações do homem com boa parte da sua rotina diária representada pelo trabalho. Desde a Antiguidade, a qualidade possui diferentes modos de se obter um acordo de negócio. Nos séculos XVIII e XIX, os artesãos relacionavam a qualidade de um produto a ideia de atender às necessidades de seus clientes. Ocorrendo a Revolução Industrial os artesãos perderam clientes e assim a mão de obra de trabalhos manuais foi substituída por trabalhos mecânicos, sendo necessário inspecionar todos os processos, dando início ao modelo de Taylorismo, ou seja, de produção em série (MACHADO *et al.*, 2017).

A palavra "revolução" remete ao entendimento de mudança radical e rápida. Historicamente esta tem ocorrido pela introdução de novas formas de percepção de mundo e novas tecnologias, desencadeando alterações profundas na sociedade e nos sistemas econômicos. Seguindo essa revolução a industrialização promoveu outras revoluções: a primeira com a mecanização, seguida pela introdução da energia elétrica, depois introdução da tecnologia e a automação dos processos, culminando na Quarta Revolução Industrial (SCHWAB, 2016).

A Indústria 4.0 é apontada como uma nova etapa da Revolução Industrial, que tende a impulsionar o crescimento e o desenvolvimento econômico. Com esta fase espera-se a capacidade de englobar diversas tecnologias que auxiliam na automação e digitalização de processos com um maior controle aos mecanismos de manufatura (BRETTEL *et al.*, 2014).

De acordo com Geissbauer *et al.* (2014) as soluções de indústria 4.0 melhoram a eficiência reduzindo custos e por esse motivo o processo de digitalização das fábricas necessita envolver a engenharia de produtos e automação das linhas de produção.

Novas tecnologias devem ser utilizadas para integrar homem e máquina, onde o homem deixa de realizar atividades massivas e repetitivas para se preocupar com o planejamento da produção e as máquinas (MOREIRA, 2017).

Em meio a um ambiente altamente competitivo e dinâmico, a qualidade torna-se fator preponderante nas organizações, na busca e manutenção da padronização de processos, com foco na melhoria contínua da produção e na redução de custos por perdas. Para alcançar um crescimento na produtividade e melhorar resultados econômicos e financeiros, o controle dos processos internos é o ponto crucial para obter racionalização, agilidade e redução de custos (PIMENTEL, 2016).

A Indústria 4.0 surge mediante a um cenário de grandes evoluções tecnológicas e traz em seu contexto projetos de uma indústria do futuro. Embora seja um projeto com aspectos bastante positivos seus impactos são notáveis e tendem a mudar profundamente a sociedade (SAKURAI E ZUCHI, 2018).

As divisões de logística e de abastecimento serão alguns dos setores com maior impacto da aplicação dessas novas tecnologias. Começando pela entrega da matéria prima para a indústria com processos de identificação e rastreabilidade esse material pode ser localizado em qualquer fase de seu transporte, dando entrada em notas fiscais automaticamente, fazendo a interligação com ERP (*Enterprise Resource Planning*) do almoxarifado entrando na lista do PCP (Planejamento e controle da produção) para agendamento do início de sua produção. Intercalando suas agendas com turnos de produção, com empresas de transporte até a coleta do produto final e sua respectiva entrega (BOWERSOX *et al.*, 1996).

No campo do desenvolvimento e crescimento industrial, dois conceitos se destacam no sentido de ajudar na compreensão das mudanças ocorridas neste setor: a tecnologia e a técnica. A tecnologia entende-se como conjunto de teorias sobre os meios de produção, e a técnica compreende a aplicação deste conjunto teórico na prática. Ambos os conceitos são empregados tanto na produção de novos produtos quanto nas mais diversas etapas das atividades produtivas. No âmbito destas atividades, estes dois conceitos se contrastam com a invenção e com a inovação, que também são importantes para impulsionar o progresso tecnológico. Que por vez, a invenção é o conhecimento sobre as novas técnicas, enquanto a inovação é a aplicação destas novas técnicas nas atividades de produção (TIGRE, 2006).

O uso de dispositivos de Internet das Coisas (*Internet of Things*), *Big Data* e virtualização fazem com que os equipamentos se tornem mais “inteligentes” fornecendo e recebendo informações dos sistemas de controle administrativo ERP (*Enterprise Resource Planning*) e BI (*Business Intelligence*) para se modelar as necessidades do cliente e ao mesmo tempo providenciando uma produção mais enxuta. (MOREIRA, 2017)

Esta revolução está a provocar alterações profundas, não só na indústria, mas também na sociedade, na economia, nos valores, na forma como nos relacionamos, como escolhemos os produtos e serviços, compra ou aluguel, economia partilhada, inovação colaborativa, manufatura aditiva, as redes sociais, as plataformas digitais, entre outras. O mundo anda a velocidades diferentes, aumentando cada vez mais o fosso entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento, entre indústria de vanguarda e as outras, é preciso entender as oportunidades e os riscos de forma a criar vantagem competitiva. (COELHO *et al.*, 2016)

Portanto, esta pesquisa tem como objetivo analisar os desafios, impactos e oportunidades que a Indústria 4.0 traz para a Gestão da Qualidade na indústria brasileira.

MATERIAIS E MÉTODOS

Fundamentação teórica

O que caracteriza uma revolução industrial são mudanças radicais e repentinas, incitadas pela incorporação de tecnologias, tendo impacto nos setores econômico, político e social (RAPOSO, 2018).

As transformações associadas ao conceito da Indústria 4.0 apresentam potencial para aumentar a flexibilidade, a velocidade, a produtividade e a qualidade dos processos de produção (BCG, 2015). Seus impactos, contudo, irão muito além: afetarão a economia, as empresas, os governos, as pessoas e o trabalho. Assim, não é por acaso que o conjunto dessas transformações venha sendo retratado como uma Quarta Revolução Industrial (SCHAWAB, 2016), apesar de, diferentemente das revoluções industriais antecedentes, terem sido assim batizadas somente após sua efetiva incorporação ao tecido industrial.

A revolução que se presencia agora teve início em 2011 quando o governo alemão apresentou na Feira de Hannover uma série de estratégias voltadas à tecnologia capazes de transformar a organização das cadeias de valor globais por meio do surgimento de “fábricas inteligentes” (BUHR, 2017; DRATH, e HORCH, 2014; SCHWAB, 2016).

Apesar da origem alemã, o modelo tem se espalhado pelo mundo com a adoção de medidas semelhantes em diversos países. Os EUA, por exemplo, anunciaram em 2011 a AMP (*Advanced Manufacturing Partnership*), que consiste na união entre universidades, indústrias e o governo federal para promover investimentos em tecnologias em ascensão no país e, em 2014, sua sucessora, a AMP 2.0 (*Accelerating US Advanced Manufacturing*), trazendo uma série de ações adicionais que deveriam ser adotadas para alavancar a capacidade de manufatura avançada do país. Também se destacam ações em andamento na China, que apresentou em 2015 o *Made in China 2025*, um programa estratégico para atualizar a indústria no país com diversas metas estabelecidas para 2020 e 2025 e na Coreia do Sul, onde foi criado o KAMS (*Korea Advanced Manufacturing System*), projeto que tem como objetivo desenvolver novos processos e tecnologias para o gerenciamento e a integração dos sistemas de produção (CNI, 2016; FIRJAN, 2016).

A Indústria 4.0 é o produto de uma profusão de tecnologias aplicadas ao ambiente de produção, o que Schwab (2016) nomeia de “megatendências”. Entre elas, avultam-se os CPS (*Cyber-Physical Systems*), a IoT (*Internet of Things*), a IoS (*Internet of Services*), veículos autônomos, impressoras 3D, robôs avançados, inteligência artificial, *Big Data*, nanomateriais e nanosensores (SCHWAB, 2016; CNI, 2016).

Os conceitos e as práticas da Gestão da Qualidade evoluíram de tal modo que a Gestão da Qualidade pode ser entendida como uma estratégia competitiva para conquistar mercado e reduzir desperdícios (CAPINETTI e GEROLAMO, 2016).

Para Radziwill (2018), alguns recursos devem ser tratados na Qualidade 4.0 a fim de atingir importantes mudanças como:

- Produção e disponibilidade de informações: atualmente com o gigantesco fluxo de informações e dispositivos e tecnologias capacitadas, como sensores e atuadores, estão catalisando a inovação nessas áreas.
- Novos modos de produção: Modos de produção como a impressão 3D, nanotecnologia e edição de genes estão prontos para mudar a natureza e os meios de produção em diversos setores. As tecnologias que visam aumentar ou melhorar o desempenho humano também abrirão novos mecanismos de inovação na produção e distribuição.
- Novos modos de interação: a maneira com a qual integramos e adquirimos informação também está evoluindo com o decorrer do tempo, dando uma ênfase as novas interfaces, que expandem as possibilidades de treinamento e navegação em um ambiente físico-digital híbrido com grande facilidade.
- Conectividade: As informações geradas a todo momento por dispositivos serão instantaneamente acessíveis pela internet, além do que a infraestrutura de rede aprimorada está expandindo a extensão da conectividade, tornando-a mais amplamente disponível e robusta.
- Processamento inteligente: os recursos de computação acessíveis, assim como seu poder de processamento, estão a todo momento gerando, analisando e interpretando as informações para serem incorporadas da melhor maneira nas tomadas de decisões.

A nova tecnologia sempre deve ser introduzida com uma articulação clara dos benefícios desejados. Uma proposição de valor é uma declaração que explica quais benefícios um produto ou atividade proporcionará e, às vezes, como isso vai acontecer.

Revisão da literatura

Esta pesquisa foi desenvolvida através da revisão bibliográfica de artigos sobre a Indústria 4.0 envolvendo Gestão da Qualidade. Após uma verificação sistemática diante do escopo das pesquisas realizadas, algumas destas foram selecionadas. Sendo possível então verificar trabalhos relacionando as contribuições da Indústria 4.0 para a Gestão da Qualidade.

Morais *et al.* (2020) realizaram sua pesquisa abordando um dos aspectos da adequação da Gestão da Qualidade à nova realidade, mediante uma pesquisa quali-quantitativa entre representantes do meio acadêmico e profissionais de indústrias, sobre a utilização e a importância de ferramentas da qualidade na Indústria 4.0.

Machado, Poletti e Cornelius (2018) aborda a qualidade sob os aspectos conceituais e suas perspectivas dentro da nova ótica industrial. Este enfoque se torna extremamente relevante uma vez a nova revolução industrial desenhada sob a denominação de Indústria 4.0 direciona os aspectos da qualidade para um mundo cada vez mais virtual e estatístico.

Moço (2020) elaborou uma pesquisa com o intuito de realizar uma abordagem das áreas de Gestão da Qualidade e a gestão do

conhecimento dentro do cenário evolutivo da Indústria 4.0., e apresentar perspectivas de possíveis contribuições favoráveis da implementação de alguns dos principais pilares tecnológicos desenvolvidos na Indústria 4.0, dentro dessas áreas de gerenciamento em questão.

Pasquini (2018) apresentou uma proposta de ferramenta de relação entre os princípios da Gestão da Qualidade que mais poderão ser influenciados pelos pilares da Indústria 4.0. Através de um embasamento teórico acerca dos temas visando colaborar com pesquisas que buscam relacionar benefícios das tecnologias da Indústria 4.0 para a Gestão da Qualidade. A partir da análise realizada, foi possível verificar a existência de uma relação benéfica entre os pilares da Indústria 4.0 com os princípios da Gestão da Qualidade.

Barbosa, Hernández, Yamanari e Santos (2020) realizaram um desenvolvimento de um modelo de referência inédito que visa a redução da variabilidade dos recursos restritivos, diminuição de perdas, ineficiências e desperdícios, otimização do *trade-off* custo-qualidade dos produtos e processos, além da consolidação do conceito de Indústria 4.0.

Belém e Gasparotto (2019) desenvolveram uma pesquisa a fim de demonstrar, que o cenário tecnológico está se tornando cada vez mais um cenário promissor, em diversos aspectos, tais como a computação na nuvem, o *Big Data*, o aprendizado de máquina (ML), a realidade virtual (*virtual reality* – VR), realidade aumentada (*augmented reality* – AR), a inteligência artificial (IA), o *blockchain*, a manufatura aditiva, o mundo ciber-físico, os sistemas e a Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT). A interação entre homem e máquina está acontecendo de forma nunca vista anteriormente, surgindo, assim, novas tecnologias e obrigando o profissional a se modelar para que não fique obsoleto perante o mercado. Com o auxílio dessas novas tecnologias temos uma constante melhora na qualidade de serviços e produtos, como também no desempenho de toda a organização. E essa quarta revolução nos sugere que necessitamos de mudanças em todo o nosso meio corporativo, assim como uma nova perspectiva de qualidade para nos adaptarmos a ela.

Augusto (2020), em sua pesquisa diz que a era da Indústria 4.0 é caracterizada pelo uso das tecnologias e troca de dados com o objetivo de otimizar e aumentar a eficácia dos sistemas de produção assim como das atividades periféricas, tal como a atividade de monitoramento ambiental. Conseqüentemente, a aplicação do conceito industrial mais recente para sistema de monitoramento ambiental de água subterrânea implicará na redução dos custos dessa atividade bem como na agilidade e acurácia da execução dos programas dessa natureza. O *software* AQUATEC foi desenvolvido dentro desse conceito moderno de Indústria 4.0 e possui associado a essa ferramenta uma plataforma de assessoria técnica para a elaboração do diagnóstico e encaminhamento de pontos de atenção, ou problemas comuns de ocorrerem em campanhas de monitoramento ambiental.

Metodologia de pesquisa

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho foi a revisão bibliográfica do tema proposto, neste caso a contribuição da indústria 4.0 para a Gestão da Qualidade, sendo a principal palavra-chave pesquisada na base de dados de artigos científicos CAPES. Está revisão tem como interesse analisar o cenário da Indústria 4.0 e a Gestão da Qualidade. É interessante verificar o volume de artigos publicados na área também.

Na Figura 1 a seguir, pode ser observado o volume de artigos publicados na base CAPES com o termo *Industry* 4.0 nos últimos 10 anos, ressaltando que no ano de 2020, o mês de dezembro não foi finalizado durante o levantamento realizado.

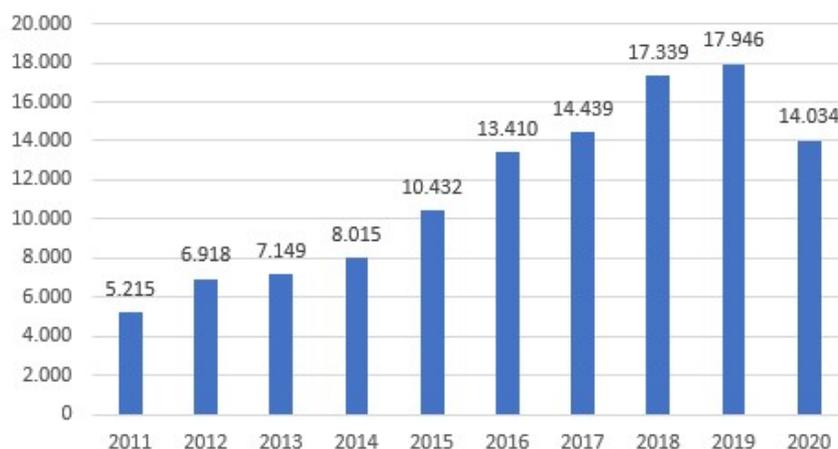


Figura 1 – Resultado da pesquisa da palavra-chave do tema na base CAPES (Autores, 2020)

Na Figura 2 a seguir, é apresentado o volume de artigos publicados na base CAPES com o termo Indústria 4.0 nos últimos 10 anos, ressaltando que no ano de 2020, o mês de dezembro não foi finalizado durante o levantamento realizado.

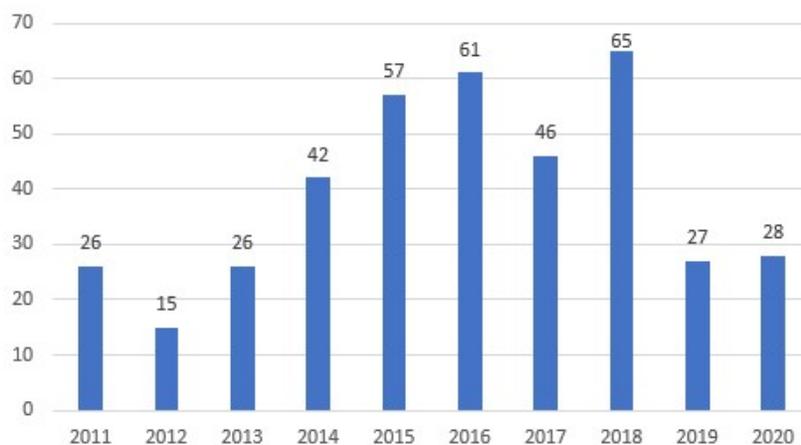


Figura 2 – Resultado da pesquisa da palavra-chave do tema na base CAPES (Autores, 2020)

Pode ser identificada a relevância do assunto com o grande número de publicações referente ao tema abordado nesta pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo Hoyos (2019), alguns tipos de tecnologias podem trazer impactos positivos como:

- Tecnologias implantáveis – reduz o número de crianças desaparecidas, aumenta resultados positivos na saúde, aumenta autossuficiência, melhora na tomada de decisões;
- Presença digital – aumento da transparência com maior e mais rápida interconexão entre grupos e indivíduos, aumento da liberdade de expressão, troca de informações mais rápidas;
- Visão com nova interface – disponibiliza informações imediatas para tomadas de decisões, melhora na capacidade de executar tarefas ou produzir bens e serviços, capacita pessoas com deficiências;
- Tecnologias vestíveis – produz resultados positivos para saúde, levando a ter uma vida mais longa com maior autossuficiência, administra a saúde do indivíduo, melhora na tomada de decisão e diminui o desaparecimento de crianças;
- Computação ubíqua – dispõe maior participação econômica das populações desfavorecidas, localizadas em regiões remotas ou subdesenvolvidas; dispõe também de acesso a serviços de educação, saúde e governo, permite acesso ao

- conhecimento, maior número de empregos, mudanças no tipo de trabalho e mais informações diante da população cívica;
- Armazenamento para todos – oferece sistemas jurídicos, históricos acadêmicos, eficiência nas atividades comerciais, extensão da memória de pessoal;
 - Internet das coisas e para as coisas – aumenta a eficiência na utilização dos recursos, aumenta produtividade, melhora na qualidade de vida, produz efeito positivo sobre o meio ambiente, maior transparência em torno do uso e estado nos recursos, segurança, mudança no mercado de trabalho e competências, adição de serviços digitais para produtos;
 - Casa conectada – acarreta eficiência de recursos (menor uso e custo de energia), conforto, segurança/proteção e detecção de intrusos, controle de acesso, compartilhamento da casa, capacidade de viver de forma independente, reduz custo de sistema de saúde, monitora e grava vídeos;
 - Cidades inteligentes – aumenta a eficiência dos recursos, aumenta produtividade, melhora na qualidade de vida, causa efeito positivo sobre o meio ambiente, permite maior acesso da população em geral, menor custo de prestação de serviços, diminui a criminalidade, aumenta a mobilidade, aumenta o acesso à educação, geração e consumo descentralizado de energias alternativas;
 - *Big Data* e decisões - decisões melhores e mais rápidas, mais tomada de decisões em tempo real, dados abertos para a inovação, empregos para advogados, redução da complexidade e mais eficiência para os cidadãos, redução de custos, novas categorias de trabalho;
 - Carro sem motorista - maior segurança, mais tempo para se concentrar no trabalho e /ou consumir conteúdo das mídias, efeito sobre meio ambiente, menos estresse e agressividade, mobilidade aprimorada para os mais velhos e deficientes, adoção de veículos elétricos;

Ainda segundo Hoyos (2019), alguns tipos de tecnologias podem trazer impactos negativos como:

- Tecnologias implantáveis – privacidade/potencial vigilância, diminuição da segurança de dados, escapismo e vício, aumento das distrações (transtorno do déficit de atenção);
- Presença digital – privacidade/potencial vigilância, mais roubos de identidade, assédio moral/perseguição on-line, divulgação de informações imprecisas;
- Visão com nova interface – distração mental, trauma originado de experiências imersivas negativas, aumento da dependência e escapismo;
- Tecnologias vestíveis – privacidade/potencial vigilância, escapismo e vício, seguranças de dados;
- Computação ubíqua – aumento da manipulação e câmaras de eco, fragmentação política, jardins murados;
- Armazenamento para todos – vigilância da privacidade;
- Internet das coisas e para as coisas – privacidade, perda de emprego para o trabalho não qualificado, *hacking*, ameaça à segurança, maior complexidade e perda de controle;
- Casa conectada – privacidade, vigilância, ciberataques, crime, vulnerabilidade;
- Cidades inteligentes – privacidade, vigilância, risco de colapso caso sistema de energia elétrica falhe, maior vulnerabilidade a ataques cibernéticos;
- *Big Data* e decisões – perda de trabalho, preocupações com a privacidade, prestação de contas (quem é o dono do algoritmo?), confiança (como confiar nos dados?), brigas por algoritmos;
- Carro sem motorista – perda de trabalho, mudança drástica em relação a seguro e a assistência ao motorista, diminuição da receita de infrações de trânsito, menos proprietários de carros, estruturas legais para poder dirigir, *lobby* contra a automação, ciberataques.

Algumas ferramentas ou pilares tecnológicos da Indústria 4.0:

- IoT – Internet das coisas: enquanto na internet convencional os agentes emissor e receptor da comunicação são seres humanos, na IOT emissor e/ou receptor são objetos que utilizam a internet como um canal de comunicação (SACOMANO *et al.*, 2018).

Sacomano *et al.* (2018) cita alguns exemplos de aplicação do IOT:

1. Um sensor de temperatura que capta a temperatura de determinado ponto de inspeção em um forno industrial, e transmite este valor de temperatura pela internet para uma central, pode ser considerado uma aplicação de IOT. Chamamos objetos inteligentes, ou *smart products*, quando a coisa, ou objeto, passa a ter capacidade de processamento juntamente com a capacidade de conexão com a internet.
2. Geladeiras inteligentes poderão elaborar a lista dos itens faltantes, consultar mercados que tragam melhores relações custo-benefício, enviar a lista de compras já com os preços e condições de pagamento para a sua autorização, e uma vez autorizado, fechar o pedido de compras, para entregar no dia e horário da sua maior conveniência pessoal, pois já se interligou à sua agenda eletrônica, e sabe que naquele dia e horário você não tem compromisso agendado.

A IoT abre oportunidades para criar-se novos tipos de serviços, e até aplicações de mercado em massa, como as cidades inteligentes nas quais diversos elementos urbanos são interligados por sistemas, visando eliminar congestionamentos, reduzir filas, melhorar o transporte, gerenciar melhor a geração e distribuição de energia, atendimentos à saúde, policiamento e outras coisas mais (SACOMANO *et al.*, 2018).

- RA – Realidade Aumentada: A tecnologia de Realidade Aumentada surgiu para revolucionar a maneira como os seres humanos interage com as máquinas (e as máquinas com os seres humanos). Azuma (1997) define Realidade Aumentada (RA) como uma variação de ambientes virtuais (ou realidade virtual como é comumente conhecido). Enquanto as tecnologias de Realidade Virtual fazem uma imersão total do usuário dentro de um ambiente sintético impedindo o usuário de ver o mundo real ao seu redor enquanto imerso, a RA já permite ao usuário ver o mundo real, com objetos virtuais sobrepostos ou compostos com o mundo real.

Com a adequação das indústrias na realidade de Indústria 4.0, cada vez mais tarefas e procedimentos em postos de trabalhos manuais são aumentados por algum tipo de componente digital e o uso da realidade aumentada ajuda a criar uma interface entre os colaboradores e os produtos digitais, criando assim postos de trabalho interativos. Dessa forma, a RA pode ser empregada para aumentar a produtividade em quase todas as atividades do setor fabril, desde atividades básicas no chão de fábrica até suporte para processos de manutenção e treinamento.

- Robôs Autônomos: segundo Bekey (2005), robôs são máquinas que sentem, pensam e agem e autonomia refere-se a sistemas capazes de operar no ambiente do mundo real sem qualquer tipo de controle externo por longos períodos de tempo. Com esses conceitos, o autor define robôs autônomos como máquinas inteligentes capazes de executar tarefas no mundo por si só, sem controle humano explícito.

A indústria 4.0, que tem como uma de suas premissas fazer a conexão entre a fábrica da vida real com a realidade virtual, vem desempenhando um papel cada vez mais importante na indústria global. Cobots fáceis de usar e acessíveis estão reduzindo a barreira de automação de modo extremamente significativo, permitindo a automação em áreas anteriormente consideradas muito complexas ou inacessíveis.

- Simulação: Simulação é uma metodologia para resolução de problemas indispensável para a solução de muitos problemas da vida real. Banks (1998) a define como a imitação da operação de um processo ou sistema da vida real ao longo do tempo envolvendo a geração de uma história artificial do sistema onde, a partir da observação dessa história, possa extrair inferências sobre as características operacionais do sistema real que está sendo representado. Dessa forma, o uso de simulação computacional é essencial para garantir a qualidade e eficiência no desenvolvimento de produtos, pois permite que dados em tempo real sejam utilizados para espelhar o mundo físico em um modelo virtual, que pode incluir máquinas, produtos e humanos.
- Manufatura Aditiva: Gibson, Rosen e Stucker (2010) definem Manufatura Aditiva como uma técnica automatizada para a conversão direta de dados CAD 3D em objetos físicos usando uma variedade de abordagens. As indústrias utilizam essa tecnologia para reduzir os tempos de ciclo de desenvolvimento de seus produtos e obtê-los no mercado de forma mais rápida, com maior custo efetivo e maior valor agregado devido à incorporação de recursos personalizáveis. Percebendo o potencial das aplicações da manufatura aditiva, diversos processos foram desenvolvidos permitindo o uso de vários materiais que vão desde plásticos até metais para desenvolvimento dos produtos.

- *Big Data*: Tamás e Illés (2016) descreveram a essência de *Big Data* como a "determinação de probabilidades com métodos e procedimentos matemáticos" baseada em enormes quantidades de dados, o que permitirá que as decisões sejam tomadas sem conhecer os efeitos de causa.
- A Nuvem: Segundo Zeng *et al.* (2009), o armazenamento em nuvem provê recursos e serviços de armazenamento baseados em servidores remotos que utilizam os princípios da computação em nuvem.
As principais características básicas dessa tecnologia possibilitam alcançar dois requisitos: alta escalabilidade e alta usabilidade (Deng *et al.*, 2010). Além disso, a nuvem permite também aumentar a disponibilidade e precisão dos dados (Rübmann *et al.*, 2015). Com essas características, o armazenamento em nuvem facilita um maior compartilhamento de dados em diferentes localidades e em sistemas que vão além do servidor da empresa, fornecendo uma grande redução de custos e uma maior flexibilidade de reação a mudanças esperadas e inesperadas, de modo que se poderá atingir tempos de reação de apenas alguns milissegundos (Rübmann *et al.*, 2015).
- CPS – Sistemas *Cyberfísicos* – consiste na combinação de um componente *software* com partes mecânicas ou eletrônicas. O controle, o monitoramento, a transferência de dados e o intercâmbio de dados são geralmente executados via internet em tempo real.
Os *Cyber Physical Systems* ou CPS são a integração do mundo virtual com o físico, através da computação, da internet, de redes e processos físicos. Os CPS são sistemas que possibilitam a troca de informações entre operações reais através de computadores embarcados e redes, gerando um controle dos processos físicos, comunicação automatizada e respostas instantâneas (FIRJAN, 2016).
Possibilitam a obtenção de informações e mudança nos processos em todo o lugar e em tempo real, a ampla difusão e facilidade do acesso à rede de internet nas indústrias torna o CPS ainda mais viável. (NUNEZ e BORSATO, 2015).
A interoperabilidade permite que os CPS de uma indústria, mesmo que de fornecedores diferentes, sejam capazes de interagir através da IoT (SOUZA e NUNES, 2018).

Para Grande (2019) é importante que as empresas da indústria brasileira procurem alternativas para melhorar o desenvolvimento de suas práticas de trabalho, nesse sentido, as tecnologias denominadas do cenário da Indústria 4.0, podem ser importantes aliadas ao longo deste processo. Entretanto, as indústrias brasileiras ainda estão em um processo inicial de adoção dessas tecnologias dentro das suas linhas de produção.

Para elencar a afirmação anterior, é importante destacar duas pesquisas recentes que buscaram analisar e atestar estes fatos: que a indústria brasileira quase em sua totalidade ainda não chegou a era da quarta Revolução Industrial de modo efetivo. No início de 2016, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) expôs uma pesquisa voltada ao entendimento sobre o atual contexto da Indústria 4.0 no país (CNI, 2016). Para isso, se considerou dez tecnologias digitais para se chegar a dados como: “adoção dessas tecnologias pelas empresas; objetivos da adoção das tecnologias; importância delas para a competitividade industrial; principais dificuldades para a sua aplicação” (CNI, 2016, p.2). Estas informações foram colhidas junto a 2.225 organizações do segmento industrial no Brasil, sendo destas, novecentas e dez empresas de pequeno porte, oitocentas e quinze consideradas médias e quinhentas empresas consideradas grandes (CNI, 2016).

As coletas de informações foram realizadas entre o período de janeiro até fevereiro do ano de dois mil e dezesseis. Um dos elementos constatados mais importante do levantamento trata-se do baixo entendimento das organizações a respeito da relevância das tecnologias digitais no sentido de promover maior força competitiva para a empresa dentro do seu segmento de mercado: “43% não identificaram quais tecnologias digitais, em uma lista com 10 opções, têm o maior potencial para impulsionar a competitividade da indústria. O desconhecimento é significativamente maior entre as pequenas empresas (57%)” (CNI, 2016, p. 11).

Entre organizações consideradas grandes, o volume de empresas que não mostraram entendimento a respeito de alguma das dez tecnologias digitais mostradas no estudo como relevantes para a competição dentro do segmento de mercado é menor, chegando ao percentual de 32% (CNI, 2016).

Estas informações denotam a distância da indústria no país em relação as tecnologias digitais. O estudo mostra ainda que as

organizações praticamente não fazem uso de tecnologias digitais, que são aquelas atreladas diretamente a Indústria 4.0: “52% das empresas entrevistadas manifestaram que não empregam nenhuma das tecnologias selecionadas” (CNI, 2016, p.4).

No âmbito industrial, estas tecnologias representam grande avanço, com aumento de produtividade e padronização, entretanto, ainda existem algumas barreiras a ser enfrentadas, como o impacto negativo na geração de empregos a partir do maior alcance destas tecnologias na indústria (GRANDE, 2019).

As tecnologias que representam a Indústria 4.0 se encontram presentes principalmente na Europa e Ásia, onde as indústrias são mais avançadas e tecnológicas, no Brasil, ainda existe um grande caminho a ser percorrido, onde as empresas precisam se adequar a este novo contexto, caso contrário, a médio e longo prazo dificilmente conseguirão competir em cenário internacional devido ao seu retrocesso tecnológico, contudo, as ações não devem partir exclusivamente dos empresários, mas também de políticas públicas voltadas ao incentivo e que permita maior abertura para a chegada destas tecnologias nas organizações brasileiras (GRANDE, 2019).

Tem se tornado cada vez mais recorrente as discussões em variados âmbitos a respeito de estratégias que possam gerar resultados satisfatórios no que tange a difusão das tecnologias da Indústria 4.0 nas empresas brasileiras. Enquanto algumas empresas procuram meios para adotar tecnologias ao longo de suas práticas cotidianas de trabalho, e de forma gradual obter vantagens competitivas a partir destas tecnologias; em contrapartida, existem organizações que ainda buscam meios de estimular e requisitar que haja políticas públicas que facilitem a entrada destas tecnologias dentro das empresas brasileiras, e que consequentemente aumentem a capacidade de competição do setor industrial brasileiro (GRANDE, 2019).

Porém, embora existam iniciativas que busquem fomentar a entrada de tecnologias da Indústria 4.0 no país, as ações ainda são escassas e estão mais no âmbito teórico do que prático. Sendo assim, serão expostas na sequência do estudo proposições de políticas que tenham como objetivo promover a Indústria 4.0 nas empresas do Brasil (GRANDE, 2019).

Os benefícios da evolução industrial são notáveis ao longo dos tempos, desde as primeiras mudanças, como a invenção da máquina a vapor, proporcionando a substituição do trabalho artesanal pelo industrial o que possibilitou grandes melhorias, fazendo com que a produção seja aliada ao uso de alta tecnologia. Com o passar do tempo foram surgindo inovações, revolucionando os equipamentos, intensificando os processos de cadeia de produção e de valor, tornando cada vez mais ágil a comunicação entre os setores, e com isso o mercado se torna cada vez mais exigente e mais competitivo, em constante transposição buscado novas formas de produção (ROCHA *et al.*, 2019).

Contudo, pode se afirmar que a sustentabilidade na Indústria 4.0 surgiu como um desafio significativo, e que fará parte da competitividade da organização, indo não só em busca da matéria-prima, mas sim de todo o processo para se obter o produto final, e assim se tornar um modelo de gestão nas empresas (KAGERMANN *et al.*, 2016).

CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo apresentar o conceito da Indústria 4.0, bem como a influência das novas tecnologias implementadas no futuro da Gestão da Qualidade. O crescimento industrial tem evoluído cada dia mais de forma cada vez mais rápida, influenciando no mercado de trabalho, na área de negócios, no modelo de produção, no sistema empresarial, no crescimento das cidades, no crescimento da população, na área da saúde, nos modelos de comunicação, nas práticas rotineiras que de certa forma nos fazem depender da tecnologia, na forma de integração profissional e pessoal, na qualificação de mão de obra e no desenvolvimento mundial.

O processo de evolução da indústria irá proporcionar um modelo de indústria completamente inovador, com processo de produção amplo e otimizado e cada vez mais melhorias na produção e na Gestão da Qualidade.

Através da pesquisa bibliográfica realizada, foi possível apresentar os princípios os pontos positivos e negativos da Quarta Revolução Industrial, as principais ferramentas e os desafios da implementação que muitas vezes se inicia com um alto custo, porém o retorno tende a ser compensatório.

Com a metodologia utilizada pelos autores, foi possível identificar um grande número de trabalhos ligados ao tema proposto, relacionando Indústria 4.0 e Gestão da Qualidade nos últimos 10 anos.

REFERÊNCIAS

- AZUMA, R. T. A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, vol. 6, no. 4, pp. 355-385, 1997.
- BANKS, J. (1998). Handbook of simulation. New York: Wiley, p.3.
- Barbosa, F. A., Hernández Vergara, W. R., Yamanari, J. S., & Santos, K. B. (2020). Proposição de um modelo para aprimoramento do sistema de gestão da qualidade. *Sistemas & Gestão*, 14(4), 435-447.
<https://doi.org/10.20985/1980-5160.2019.v14n4.1577>
- BEKEY, G. A. Autonomous Robots. Massachusetts Institute of Technology Press. 2005.
- Belém, J. E. B.; Gasparotto, A. M. S. O novo conceito de qualidade na evolução da indústria 4.0. SIMTEC - Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga, v. 6, n. 1, p. 187-197, 22 dez. 2019.
- BRETTEL, M. et al. How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, v. 8, n. 1, p. 37-44, Novembro 2014.
- Bowersox, D. J.; Closs, D. J.; Cooper, M. B. Logistical management: the integrated supply chain process. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1996.
- Buhr, D. Social innovation policy for Industry 4.0. Friedrich-Ebert-Stiftung, Division for Social and Economic Policies. 2015.
- Carpinetti, L. C. R.; Gerolamo, M. C. Gestão da Qualidade ISO 9001:2015: requisitos e Integração com a ISO 14001:2015. São Paulo: Atlas, 2016.
- CNI – Confederação Nacional da Indústria. Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil. 2016.
- CNI. Sondagem Especial Indústria 4.0. Indicadores CNI, ano 17, número 2, abril de 2016.
- CNI. Desafios para a indústria 4.0 no Brasil. Confederação Nacional da Indústria Desafios para a indústria 4.0 no Brasil / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília: CNI, 2016. 34 p.
- Coelho, M. T.; Coelho Junior, E. M.; Quintino, L. F.; Piazza, C. A. D.; Andrade, A. A. A evolução das tecnologias OPC como subsídio para as fábricas inteligentes. In: XIV CEEL. 2016.
- Darth, R.; Horch, A. Industrie 4.0: Hit or hype? *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 2014.
- DENG, J. et al. Research and Application of Cloud Storage. *Intelligent Systems and Applications (ISA)*. 2010.
- Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. Panorama da Inovação: Indústria 4.0. Rio de Janeiro: DIN/GIE, 2016.
- Grande, M. L. Indústria 4.0: Características e desafios de implantação nas empresas brasileiras, 2019.
- GIBSON, I., ROSEN, D. AND STUCKER, B. Additive Manufacturing Technologies. New York: Springer. 2010.
- KAGERMANN, H; WAHLSTER, W; HELBIG, J; HELLINGER, A; STUMPF, M; VERONIKA, T; LINDA, B; JOAQUÍN, G; HELEN, F. Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. *Acatech*, n. April, p. 13–78, 2016.
- Machado, J. D.; Poletti, L. H.; Cornelius, R. A. O futuro da gestão da qualidade para a indústria 4.0. Toledo: Centro Universitário FAG.
- Hoyos, A. A Quarta Revolução Industrial. Pontificia Universidade Católica de São Paulo, 2019.
- Machado, J. D. et al. O Futuro da Gestão da Qualidade para a Indústria 4.0. Centro Universitário FAG-Toledo, 2017.
- Moço, P., & Cunha, P. (2020). Análise da implementação da indústria 4.0 nas gestões de qualidade e de conhecimento. *Boletim do Gerenciamento*, 16(16), 40-48.
- Morais, M. de O., Costa Neto, P. L. de O., Santos, O. S. dos, Cardoso Jr, A. P., & Sacomano, J. B. (2020). The evolution of quality in industry 4.0. *Research, Society and Development*, 9(10), e3929108634. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8634>
- Moreira, L. D. Indústria 4.0: Estudo da Cadeia Produtiva da Madeira no Paraná. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.
- Nunez, D. L.; Borsato, M. Panorama atual dos sistemas Cyber-físicos no contexto da manufatura. 10 Congresso Brasileiro de Gestão da Inovação e Desenvolvimento de Produtos, Itajubá, 08 Novembro 2015.
- Pasquini, T. C. D. S. (2018). Proposta de ferramenta para relacionar os princípios da gestão da qualidade aos pilares da indústria

4.0: a influência da indústria 4.0 na área da qualidade.

Pimentel, L. C. S. Aplicação de ferramentas da qualidade para o controle e melhoria da taxa de paradas no processo de laminação. Universidade Federal de Ouro Preto, 2016.

Radziwill, Nicole M. (2018, October). Let's Get Digital: The many ways the fourth industrial revolution is reshaping the way we think about quality. Quality Progress, ASQ, p. 24-29.

Raposo, D. R. Indústria 4.0: Realidade, Mudanças e Oportunidades. Universidade Federal de Ouro Preto, 2018.

ROCHA, J. T.; OLIVEIRA, L. A. T.; SOUZA, F. L.; RAMOS, R. B.; NAZARÉ, T. B. Os Desafios da Indústria 4.0 no Brasil, FIC/UNIS, 2019.

Sacomano, J. B., Gonçalves, R. F., Bonilla, S. H., da Silva, M. T., & Sátyro, W. C. (2018). Indústria 4.0. São Paulo, SP: Editora Blucher.

Sakurai, R., & Zuchi, J. D. (2018). As revoluções industriais até a indústria 4.0. Revista Interface Tecnológica, 15(2), 480-491. <https://doi.org/10.31510/infa.v15i2.386>

Schwab, K. A quarta revolução industrial. Editora Edipro, 2016.

Souza, U. A. E Nunes, F. L. Indústria 4.0 e a Cadeia de Abastecimento em uma Empresa de Automação no Vale dos Sinos: Uma Proposta de Mapa Conceitual. Universidade Feevale, 2018.

TAMÁS, P. & ILLÉS, B.: Process Improvement Trends for Manufacturing Systems in Industry 4.0. Academic Journal of Manufacturing Engineering, 2016.

TIGRE, P. B. Gestão da Inovação: a economia da tecnologia no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1415-65552008000100014>

ZENG, W. et al. Research on cloud storage architecture and key technologies. International Conference on Interaction Sciences: Information Technology, Culture and Human. 2009.