



QUALIDADE 4.0: AS EVOLUÇÕES NA GESTÃO DA QUALIDADE DIANTE DAS MUDANÇAS APRESENTADAS NA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

QUALITY 4.0: THE EVOLUTIONS IN QUALITY MANAGEMENT IN FACE OF THE CHANGES PRESENTED BY THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION

Brenda Cristina Caceres de Souza
brendacaceres1996@hotmail.com

Mariana Bastos Siqueira Pinto
mariana.bastos1310@gmail.com

João Carlos Soalheiro Gonzalez
joao.gonzalez@usf.edu.br

Universidade São Francisco, Campinas.

RESUMO: O presente trabalho visa descrever detalhadamente como a Indústria 4.0 está refletindo na gestão da qualidade, mostrando suas possíveis evoluções e benefícios. O estudo foi conduzido através de um levantamento bibliográfico, que pretende trazer através de uma linha do tempo características das revoluções industriais e quais eram os controles de qualidade de cada época. O trabalho tem destaque na quarta revolução industrial, e como a gestão da qualidade irá mudar para se adaptar a essa nova indústria 4.0, destacando assim o conceito e as características da Qualidade 4.0. Para tanto, foi realizado o levantamento de artigos a respeito dessa nova gestão da qualidade e as otimizações que ela traz ao processo fabril com o uso de novas tecnologias. Como resultado deste trabalho, se espera esclarecer essas mudanças de uma maneira clara, para que assim seja explicitado os motivos e objetivos de suas aplicações.

Palavras-chave: Indústria 4.0, gestão da qualidade, qualidade 4.0.

ABSTRACT: This paper aims to describe in detail how Industry 4.0 is reflecting on quality management, showing its possible developments and benefits. The study was conducted through a bibliographical survey, which intends to bring via a timeline characteristics of the industrial revolutions and what were the quality controls of each era. The work highlights the fourth industrial revolution, and how quality management will change to adapt to this new industry 4.0, therefore highlighting the concept and characteristics of Quality 4.0. To this end, a survey of articles was conducted regarding this new quality management and the optimizations that it brings to the manufacturing process with the use of new technologies. As a result of this work, it is expected to clarify these changes in a comprehensible manner, in order to demonstrate the reasons and goals of its applications.

Keywords: Industry 4.0, quality management, quality 4.0.

1. INTRODUÇÃO

Três revoluções industriais moldaram ao longo do tempo o padrão de vida e consumo da população, construindo a existência como conhecemos hoje. Trazendo mais tecnologia ao

ambiente fabril, tais revoluções, cada uma com suas características distintas, permitiram que a produtividade aumentasse em grandes proporções gerando maior acesso da população a bens de consumo e em um movimento cíclico, aumentando também a demanda por mais produtos e mais tecnologia (TEIXEIRA, 2014).

A mais recente fase das mudanças em relação aos modos de produção, é conhecida hoje como a Quarta Revolução Industrial. O termo Indústria 4.0, surgiu em Hannover na Alemanha em 2011 em uma feira de tecnologia e se refere às mudanças que estão em curso hoje em indústrias altamente desenvolvidas (SACOMANO *et al*, 2018).

Tais indústrias evidenciam como suas principais características a virtualização da produção, agora mais controladas por equipamentos autônomos do que por indivíduos (PALMA, 2020), e pela grande quantidade de dados gerados em consequência disso. E essas novidades, entre outras que marcam a Indústria 4.0, podem mudar a forma como é feito o gerenciamento da qualidade.

A gestão da qualidade teve sua história traçada desde o antigo Egito, porém só na década de 1980 passou a ter mais visibilidade acadêmica e ser alvo de estudos que buscavam evidenciar padrões presentes em uma boa gestão. Em 1987, ocorreu então pela primeira vez uma padronização internacional da gestão da qualidade através da ISO 9000, disponibilizando diretrizes do que uma boa administração desse setor deveria conter (HELLMAN; LIU, 2013).

Agora com a nova revolução, é possível que a gestão da qualidade também passe por mudanças de modo a acompanhar as transformações fabris, uma vez que manter a pauta da qualidade em constante evolução torna os negócios mais competitivos. A essa nova etapa da gestão da qualidade, se dá o nome de Qualidade 4.0 e devido a sua aparição ser muito recente, ainda se faz necessário um estudo de suas principais características, seus benefícios e as dificuldades que podem surgir nessa nova era.

Assim, levando em conta que a gestão da qualidade de uma indústria é um requisito indispensável para o seu sucesso, que ocorrerão mudanças no setor industrial e no momento histórico com as tecnologias apresentadas pela Indústria 4.0, e que há uma evolução da qualidade em relação ao tempo, esse trabalho tem por objetivo apresentar detalhadamente as inovações que destacam a qualidade 4.0 e seus principais benefícios para a indústria, e se justifica pela necessidade da compilação de dados sobre o assunto abordado. Tal compilação será feita através de um estudo bibliográfico de publicações científicas acerca do tema citado acima.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Qualidade na primeira revolução industrial

A primeira revolução industrial começou aproximadamente em 1784, e a Inglaterra foi o país pioneiro. Seu maior símbolo é a utilização da energia a vapor, extraída do carvão vegetal, como fonte energética básica, em substituição às formas tradicionais da época de energia movida a tração animal e energia hidráulica. Além da transição para a energia a vapor, outro grande marco foi a introdução de máquinas, transformando processos manuais em processos mecânicos, gerando melhores resultados da manufatura. E outra grande característica da primeira revolução tecnológica, foi a disseminação da divisão do trabalho (MACHADO, 2016).

Nesta fase, ainda não era se falado no termo “qualidade”, mas já existia uma inspeção da mercadoria a qual era controlada pelos artesãos, que acompanhavam desde a produção do produto até a sua venda, incluindo as atividades de detecção e correção de erros. Nesta época, a qualidade era associada ao conhecimento individual de cada artesão, facilitada por sua relação com o cliente e com a produção, e sempre com o foco no controle de qualidade do produto, sem foco nos processos produtivos (SCHUCHTER, 2004).

2.2 Qualidade na segunda revolução industrial

A segunda revolução industrial se propagou por volta de 1870, e foi simbolizada pela substituição da energia a vapor pelo petróleo e pela eletricidade como fontes energéticas básicas e pelo advento da linha de montagem, que favoreceu a produção em massa (MACHADO, 2016). Essas novas fontes energéticas propiciaram às empresas à medida que iam se adaptando, um potencial muito superior ao proporcionado pela energia a vapor, expandindo consideravelmente a capacidade produtiva.

Os fabricantes adotaram a produção em massa e as linhas de montagem, gerando uma maior produtividade, mas tornaram a inspeção menos eficiente. Os artesãos individuais não conseguiam acompanhar esse nível de produção, e devido à alta produtividade por meio do trabalho em série, os artesãos foram sendo substituídos por mão-de-obra não especializada, o que provocou uma queda da qualidade dos produtos. Como resultado, o gerenciamento da qualidade mudou seu foco para o controle e padrões de qualidade (MADILYNN, 2021).

Uma das pessoas que marcou essa revolução foi Henry Ford. Ele foi o criador da linha de montagem em série, de forma a produzir em massa automóveis em um período de tempo menor, com menor custo e qualidade superior à que se conseguia na montagem manual, com cada carro produzido individualmente. Suas ideias mudaram todo o pensamento da época. Por meio delas, desenvolveu-se a mecanização do trabalho, a padronização do maquinário, dos equipamentos e dos produtos. Outra figura importante na segunda revolução, foi o Walter

Andrew Shewhart, conhecido como o “Pai do Controle Estatístico do Processo”. Ele foi o criador do Ciclo PDCA de Controle e do Controle Estatístico de Processo, que ainda hoje é a base da gestão empresarial. Shewhart é autor do livro "Controle Econômico de Qualidade de Produtos Acabados", que é considerado o início da era da qualidade (SOARES, 2019).

Essa revolução industrial, provocou grandes mudanças em termos de abordagem da qualidade. O aumento da escalada da produção introduziu o chamado controle da qualidade. Inicialmente com foco na inspeção do produto final, o controle da qualidade observou uma série de aperfeiçoamentos, como a inspeção em diferentes etapas do processo produtivo, o controle estatístico da qualidade, as cartas de controle, dentre outros que se destacaram. De qualquer forma, o controle da qualidade tinha ênfase na detecção de defeitos (LOBO, 2002).

2.3 Qualidade na terceira revolução industrial

A terceira revolução industrial começou aproximadamente em 1969. Consiste em tecnologias destinadas a pesquisa, busca, processamento de informações, e está relacionada ao fenômeno da globalização. Muitas vezes é chamada de revolução digital ou do computador, porque foi impulsionada pelo desenvolvimento dos semicondutores, da computação e da internet (MACHADO, 2016).

Utiliza o avanço da tecnologia microeletrônica e da tecnologia da informática aos processos de produção para garantir que seus produtos sejam de maior qualidade e mais competitivos no mercado. Modifica também as rígidas formas Taylorista e Fordista de organizar o trabalho nas empresas, reduzindo os níveis hierárquicos, buscando mais iniciativa, responsabilidade e participação do trabalhador nos processos.

Uma das referências em processos de qualidade dessa revolução foi o Deming, que acreditava que a qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente. Ou seja, a qualidade está de acordo com a percepção do cliente sobre aquele produto ou serviço (DEMING, 1968 *apud* SILVA *et al.* 2002). Outra referência foi o Juran, que acreditava que a qualidade é ausência de deficiências, e que a qualidade é adequada ao uso. Para ele, a gestão da qualidade deve ser dividida em três pilares, que são também conhecidos como a Trilogia da Qualidade: Planejamento da Qualidade, Controle da Qualidade e Melhoria da Qualidade (JURAN, 1974 *apud* SILVA *et al.*, 2002). E a última grande referência da época foi o Crosby, que defendia que o foco da organização deveria ser na prevenção, objetivando fazer certo na primeira vez, através do conceito do Zero Defeito (CROSBY, 1990 *apud* SILVA *et al.*, 2002).

Durante essa revolução, uma série de ferramentas e metodologias para a melhoria da qualidade foram desenvolvidas, as organizações juntaram os seus esforços de qualidade em

torno do valor da cultura e do envolvimento ativo na gestão da qualidade, da qualidade total (TQM), lean e Six Sigma. Através dessas ferramentas temos a qualidade como empoderamento, que defende uma abordagem global da qualidade, tornando a responsabilidade de todos e capacitando os indivíduos a contribuir para a melhoria contínua.

Nas últimas décadas, o conceito de qualidade total levou ao surgimento de programas de gestão da qualidade, cujo objetivo era determinar e gerenciar as atividades necessárias para maximizar a competitividade, processos e recursos humanos da empresa, reduzindo custos. A gestão da qualidade total é baseada nos seguintes princípios: satisfação total do cliente, compromisso da alta administração com a qualidade e continuidade das metas, desenvolvimento de recursos humanos, educação, treinamento, alocação de responsabilidades, participação e gestão de processos, bem como garantia de qualidade e melhoria contínua dos produtos e processos, o uso de métodos científicos e a disseminação e padronização da informação (SACOMANO; CARPINETTI, 2006).

Com o objetivo de padronizar a sistemática de Gestão da Qualidade, surgiu o modelo normativo da ISO (International Organization for Standardization) para gestão da qualidade, que se expandiu rapidamente e é um requisito em muitas cadeias produtivas. A ISO 9001, apresenta os requisitos necessários para se ter um sistema de gestão de qualidade de sucesso e sua aplicação é genérica. Ou seja, é aplicável a diversos tipos de organização, independentemente do seu porte e do produto ou serviço fornecido. Dentro desse novo contexto, a qualidade deixou de ser vista como uma função separada do processo de produção. Ao contrário, a qualidade passou a ser entendida como uma parte de cada função que diretamente ou indiretamente interfere em cada uma das fases do ciclo de vida do produto (SACOMANO; CARPINETTI, 2006).

2.4 Qualidade na quarta revolução industrial

A quarta revolução industrial começou em 2011 na Alemanha, e atualmente o processo produtivo se prepara para utilizar a Internet para se comunicar entre humanos e máquinas em um sistema denominado sistema ciber físico. Esse novo paradigma é baseado na fábrica digital, conceito de fábrica que pode combinar a tecnologia da Internet com máquinas e produtos inteligentes (BRETTEL *et al.*, 2014).

A indústria 4.0 permite que você colete e analise dados entre máquinas para criar processos mais rápidos, mais flexíveis e mais eficientes para produzir produtos de maior qualidade a custos mais baixos. Essa realidade só pode ser concretizada com o progresso tecnológico contínuo nas áreas de tecnologia da informação e engenharia de produção. O

termo indústria 4.0 representa a quarta revolução industrial e se refere a todo o ciclo de vida do produto na cadeia de valor. Ele representa as grandes mudanças no processo produtivo e no modelo de negócio que deverão contribuir para o desenvolvimento da organização nessa era (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

De acordo com Bahrin, os produtos atuais são inteligentes, possuem identificação por chip de radiofrequência para exibir sua localização, status, rota e histórico. Isso garante que as etapas de fabricação de cada produto sejam conhecidas e especifica as tarefas necessárias para chegar ao consumidor final. Este processo é facilitado por todos os dispositivos conectados à Internet e facilita a troca de informações em tempo real. Esses dados também podem ser avaliados a partir de múltiplas fontes e clientes, fornecem ótimo suporte para a tomada de decisões da organização, melhoram significativamente o desempenho de todo o sistema e permitem o acesso por meio de celulares ou tablets a qualquer hora e em qualquer lugar (BAHRIN *et al.*, 2016).

Segundo Machado, podemos firmar os avanços gerados pelas melhorias propostas dentro da gestão da qualidade são extremamente satisfatórios, porém como estamos trabalhando a indústria 4.0 que encontra-se em desenvolvimento, este estudo não poderá estabelecer um conceito permanente visto que a gestão da qualidade é muito ampla perante um empreendimento, podendo-se abordar desde um processo simples de separação de resíduos, quanto a um processo mais complexo como desenvolver um produto inovador no mercado (MACHADO *et al.*, 2017).

2.4.1 Qualidade 4.0

A Qualidade 4.0 é o conceito que busca integrar as ferramentas de Gestão da Qualidade conhecidas hoje às recentes tecnologias e processos advindos da nova revolução industrial. A qualidade 4.0 não virá ao mercado como uma substituição da qualidade já conhecida anteriormente, mas virá como uma evolução dos métodos tradicionais (ALBERS *et al.*, 2016). Isso significa que, nessa nova era da gestão da qualidade, o pensar da qualidade apresentado pela terceira revolução industrial, como a gestão da qualidade total, e melhoria contínua, ainda serão a base dessa área. Porém, à essas ferramentas serão adicionadas tecnologias de digitalização típicas da Indústria 4.0, que podem aprimorar o modo como essa gestão é feita (FORERO; SISODIA, 2020).

Tal integração trará à área de qualidade, apesar de manter a mesma base, duas mudanças importantes: uma mudança nas fronteiras da qualidade, devido à disponibilidade e

transparência das informações, tanto internamente entre as áreas da empresa, quanto entre diferentes organizações, haverá um novo modo de se compartilhar informações sobre o processo produtivo, uma capacidade de monitorar e responder a qualquer elemento em tempo real. Haverá uma consciência da cadeia de suprimento em mercados participativos, em que os clientes participam do projeto e desenvolvimento dos produtos que desejam (RADZIWILL, 2018).

Dessa forma, todas as partes interessadas podem de certa maneira acompanhar as atividades do início ao fim por meio da centralização de dados e ajudar a melhorar toda a cadeia de suprimentos, aumentar a produção, reduzir custos e melhorar a qualidade da tomada de decisões (FORERO; SISODIA, 2020).

A segunda mudança deve ser relacionada ao profissional da área de qualidade, na ênfase dessa profissão, uma vez que o grande número de dados gerados serão uma consequência inevitável dessa nova fase da indústria. Profissionais dessa área normalmente já têm habilidades importantes para a gestão da qualidade 4.0, capacidades como liderar a transformação digital, tomar decisões considerando os dados, melhoria contínua e pensar de forma sistêmica continuarão sendo essenciais. Porém os líderes da qualidade precisarão também se capacitar para analisar dados e entender como utilizá-los para aprimorar os processos (RADZIWILL, 2018).

Exemplos:

Uma vez que a Qualidade 4.0 se trata da integração da visão e das ferramentas da qualidade que temos hoje, com as novas tecnologias e digitalização apresentadas pela indústria 4.0, é importante identificar quais as mudanças mais significativas que ocorreram nessa área. Há uma gama enorme de tais ferramentas que podem ser citadas, porém, as escolhas de quais tecnologias devem ser integradas a determinada fábrica, depende de suas metas e de qual o nível de qualidade já presente nessas companhias (ISAACSON, 2020). Alguns autores pesquisados durante o desenvolvimento deste trabalho, apresentaram quais acreditam ser as principais características da qualidade 4.0 e 15 delas serão descritas a seguir:

O Sistema de gestão (1) como um todo, é um dos pontos mais importantes para colher plenamente os benefícios da Qualidade 4.0. As organizações devem buscar automatizar processos por meio de software. O aumento da autonomia desses softwares reduzirá o tempo gasto na execução de tarefas por funcionários e permitirá que eles mudem seu foco para a melhoria e inovação (JACOB, 2017). Um exemplo disso é a digitalização do Procedimento Operacional Padrão (SOP), que é um conjunto de instruções para descrever como realizar

uma atividade de rotina. Além de fornecer instruções para tarefas, também funciona como um guia para garantir a segurança ao executar um trabalho. Na qualidade 4.0 o SOP será auxiliado por um software, garantindo instruções claras das atividades a serem feitas e facilitando o reporte do cumprimento dessas atividades. Possivelmente, tal procedimento ocorre através de aplicativos a serem instalados em aparelhos de celular. Isso pode facilitar o processo de repetir as mesmas tarefas das mesmas maneiras antes de iniciar uma operação, garantindo assim operações consistentes. Facilitará também, a gestão dos procedimentos, a verificação de sua eficácia e sua modificação se necessário além do controle de acessos. Algumas ordens de serviços e procedimentos de manutenção também poderão ser substituídas por uma lista de tarefas dentro do SOP (NURMIMAKI, 2020).

E não é só no quesito SOP que o desenvolvimento de aplicativos será aplicado na qualidade 4.0. No ambiente da indústria 4.0, aplicativos (2) serão utilizados para simulação, realidade virtual, realidade aumentada, entre outros. Esse tipo de aplicação permitirá por exemplo, que um funcionário veja qual a manutenção necessária em uma máquina, o que pode ser uma grande otimização em termos de gestão de qualidade (JACOB, 2017).

Um outro fator muito importante, para a Qualidade 4.0, além do Sistema de Gestão digitalizado e dos Aplicativos, são os dados (3) e a análise de dados. É clara a importância de se basear em dados e evidências na hora da tomada de decisões (JACOB, 2017). E na indústria 4.0, com as novas ferramentas de digitalização, será gerada uma quantidade expressiva de dados que darão suporte à área de qualidade.

Para entender o que são dados e sua complexidade, é importante entender que existem alguns fatores principais que devem ser levados em consideração, como o volume, a variedade, a velocidade, a transparência e a veracidade das informações. E quando se fala no fator variedade dos dados, deve-se considerar três variações, sendo elas: Estruturados, semi estruturados e desestruturados (JACOB, 2017). Dados estruturados podem ser exemplificados como uma planilha de Excel, o template a ser seguido pode ser decidido pelo criador da base de dados, as informações podem ser agrupadas e relacionadas entre si. Os dados desestruturados são a maioria dos dados apresentados hoje, eles não têm um modelo base estruturado, não são organizados em linhas e colunas por exemplo, por isso são mais difíceis de serem analisados. E por último, os dados semi estruturados, que são uma mistura dos dois tipos anteriores, e um bom exemplo são os e-mails. O e-mail possui estruturas organizadas como endereço de e-mail, data e hora, mas também o corpo do e-mail que pode conter qualquer tipo de informação. A complexidade da variação de dados faz com que para a maioria das organizações, ainda existam atrasos no processo de coleta, análise e tomada de decisão (MARR, 2019).

E para gerenciar e analisar a grande quantidade de dados, é necessária uma estrutura chamada de Big Data (4). Os dados se apresentam normalmente muito rápido, com diferente qualidade e formatos, talvez com restrição de usos e vindo de diferentes partes interessadas, por isso é necessário saber como gerenciá-los. Eles precisam ser agregados e classificados para gerar conhecimento de base que auxilie nas decisões, para isso, é necessário que se encontre padrões, se identifique relações causais e não causais para que se possa fazer previsões (RADZIWILL, 2018 *apud* FORERO; SISODIA, 2020). E a avaliação de métricas de qualidade identificadas através da análise de dados (5) é essencial para uma boa gestão, tais métricas devem ser descritivas, e indicar se há um erro, qual é, e o que o causou (JACOB, 2017).

E considerando que análise de dados é um fator importante da Qualidade 4.0, outra ferramenta que demandará atenção da área na indústria 4.0 é a escalabilidade. A definição de Escalabilidade (6) é a capacidade de uma empresa crescer sem que precise aumentar seus custos. Um bom exemplo para entender-se o que isso significa, de acordo com a Start Up Biti9 da área de produtividade administrativa, são empresas do ramo de serviço, como Uber ou Ifood. Tais empresas não possuem fábricas a serem expandidas caso o número de usuários de seus serviços aumente. Na indústria 4.0, para garantia da qualidade e para que dados não se percam, é importante que bancos de dados possuam escalabilidade para acompanhar a necessidade de armazenamento de dados da empresa enquanto ela expande. Cerca de 37% das empresas apontam a fragmentação do armazenamento de dados como um problema de qualidade. Uma das principais soluções utilizadas na Qualidade 4.0 são as nuvens de dados como software (JACOB, 2017).

A principal importância da análise correta de dados, é que permite ao profissional da qualidade fazer o que se chama de uma análise preditiva (7). A análise preditiva é uma ferramenta que permite prever a qualidade de um produto e todos os seus materiais e componentes. Para isso, é necessário organizar de maneira estratégica todos os dados coletados ao longo do processo de produção e fazer correlações entre eles. Assim, é possível detectar anomalias e fazer previsões de futuros resultados e intervir antes que o problema ocorra, o que leva a uma melhora da qualidade (NURMIMAKI, 2020).

Essa geração de dados se dá através de alguns dispositivos ligados à conectividade (8). Conectividade associa Tecnologia operacional (OT), que seriam fatores físicos ligados a fabricação, como o ambiente e as máquinas e dispositivos, à Tecnologia da Informação (TI), que seriam bancos de dados onde as informações relevantes à qualidade seriam armazenadas e processadas permitindo a tomada de decisões automatizadas ou por funcionários (JACOB, 2017). Sensores e visão de máquina são exemplos de dispositivos (9)

de conectividade que devem ser altamente utilizados na indústria 4.0, gerando dados a serem utilizados pela qualidade.

A tomada de decisão automatizada citada acima, é diretamente ligada à inteligência artificial (10). A inteligência artificial, assim como a inteligência humana, deverá ser utilizada na Qualidade 4.0 para determinar padrões de dados e auxiliar na tomada de decisões. O Machine Learning (Aprendizado de máquina) (11), por exemplo, é uma ferramenta em que máquinas são “treinadas” através de algoritmos e modelagens a analisarem dados para derivar conhecimento. E o Deep Learning (12) (Aprendizado Profundo), é um subconjunto do Machine Learning em que essas redes de conhecimentos das máquinas possuem camadas, o que permite analisar o conhecimento adquirido. Tais tecnologias podem ser utilizadas para identificar informações úteis, e determinar padrões que acarretam problemas de qualidade no futuro. (ALASKAR; SABA, 2021; RADZIWILL, 2018 *apud* FORERO; SISODIA, 2020)

Um outro ponto importante, que pode ser trazido como uma vantagem advinda da conectividade é a Monitoração em tempo real (13). A coleta de dados através de sensores e dispositivos, e a análise de dados por inteligência artificial podem ser feitas a todo instante em tempo integral, facilitando assim uma tomada rápida de ações que contribuam com a qualidade (KÜPPER *et al.*, 2019; RADZIWILL, 2018 *apud* FORERO; SISODIA, 2020).

Por último, uma vez que os dados têm um papel central na nova gestão da qualidade, a rastreabilidade e a transparência desses dados acabam sendo um fator de preocupação da área da qualidade. É importante o modo de colaboração (14), uma vez que o fluxo de informações trocadas entre os colaboradores, feito até hoje na maioria das empresas por meio de e-mail, deve ser mais rastreável, seguro e auditável. E como tais fluxos de informações devem também exceder os limites do ambiente interno da empresa e trazer informações de consumidores e fornecedores, serviços de empresas como a Blockchain, de criptografia da informação, passarão a ser mais requisitados. Nessa lógica, o Compliance (15) também aparece como um fator importante. Compliance se refere a cumprir com os regulamentos internos do cliente e do fornecedor, além da própria empresa. Muitas vezes o time de qualidade tem papel fundamental para que esses regulamentos sejam cumpridos. Com a automação e inteligência artificial presente na indústria 4.0, faz-se possível uso da tecnologia para aumentar o controle da auditoria interna, de forma a garantir que os processos estão dentro de tais regulamentos (JACOB, 2017).

2.4.2 Objetivos e Benefícios

Os maiores objetivos das ferramentas da qualidade 4.0, especificamente na área da manufatura, será dar suporte a inteligência humana, e não a substituir. O intuito é monitorar e gerir as operações de forma mais inteligente, e talvez até remota, visando aumentar a

produtividade dos operadores. E no âmbito geral da empresa, dar suporte para que se encontre a causa raiz de problemas de maneira mais eficaz, e se possa tomar decisões de forma mais rápida e assertiva. A Qualidade 4.0 virá ao mercado mirando desenvolver processos livres de defeitos, adicionando tecnologia nos pontos do processo em que a subjetividade da inspeção feita pelo ser humano pode acarretar falhas (RADZIWILL, 2018).

Com isso, de acordo com os autores pesquisados no desenvolver deste trabalho, as maiores vantagens da qualidade 4.0 devem ser: a automatização e instantaneidade.

Na era da qualidade 4.0, se dará a automatização de processos operacionais manuais tradicionalmente demorados (ISAACSON, 2020). Essa coleta de dados automática fará a supervisão da qualidade mais eficiente (LYLE, 2017 *apud* FORERO; SISODIA, 2020).

E essa coleta de dados automatizada poderá ser feita em tempo real, de forma contínua e em toda a cadeia de suprimentos, o que torna as reações mais rápidas quando identificadas tendências fora da especificação e variações, podendo ser decidido os responsáveis por tomar medidas corretivas com ferramentas de controle estatístico de processos (RADZIWILL, 2018). Isso trará uma economia de custos e vantagem competitiva devido a maior satisfação do cliente e eficiência operacional (KÜPPER *et al.*, 2019).

2.4.3 Profissionais da qualidade

Como os princípios básicos da qualidade se manterão os mesmos na era da Qualidade 4.0, algumas das habilidades que já se espera hoje de profissionais da qualidade, também serão esperadas no futuro. A tomada de decisão baseada em dados, com previsão de efeitos positivos e negativos, processos de melhoria contínua e resolução de problemas de forma estruturada ainda serão competência essenciais nesse departamento (RADZIWILL, 2018).

E devido a ter essas habilidades e a ter uma visão total dos processos da empresa, como visão do produto, dos riscos durante seu desenvolvimento, da excelência no seu processo de manufatura, se atende as expectativas do cliente e se tudo foi feito com transparência e rastreabilidade, pode-se até dizer, que a área de qualidade terá um papel essencial nas tarefas ligadas a digitalização na indústria 4.0 (FORERO; SISODIA, 2020).

Porém, é importante ressaltar que para isso acontecer, os profissionais da qualidade devem ser capacitados com habilidades análogas às de cientistas de dados, como análise de dados, gerenciamento de big data e análises preditivas, assim como os cientistas de dados (FORERO; SISODIA, 2020).

2.4.4 Desafios

De acordo com uma pesquisa realizada pelo grupo BCG (Boston Consulting Group), a tecnologia e a falta de habilidades pessoais são os maiores desafios para a implementação da qualidade 4.0 nas empresas. As habilidades citadas como obstáculos pelos participantes da pesquisa, foram gerenciamento de mudanças, comunicação e formação de equipes, ainda mais que habilidades de análise de Big Data (KÜPPER *et al.*, 2019). Além disso, seria necessária uma mudança de infraestrutura e estratégia digital. Para que isso aconteça, é importante buscar implementar sistemas que sejam de treinamento simples, tenham uma interface com o cliente facilmente entendível e permitam uma cultura de qualidade contínua (ISAACSON, 2020).

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi um estudo exploratório sobre a evolução da qualidade ao longo das revoluções industriais, com foco na quarta revolução, considerando quais são as suas características e como algumas ferramentas de gestão da qualidade devem ser afetadas por essas evoluções.

O trabalho foi realizado através da leitura e organização das ideias de diferentes trabalhos publicados sobre as revoluções industriais e qualidade, trazendo a relação entre esses elementos em tais momentos históricos. E apresentou a Indústria 4.0 e quais os princípios da gestão da qualidade hoje, para que fosse esclarecido quais são as características esperadas para a Qualidade 4.0.

A pesquisa foi feita em âmbito nacional e internacional sobre o tema. As bases de dados consideradas para a pesquisa foram: ScienceDirect, Google, Google acadêmico e Web of Science. Para a realização das buscas bibliográficas nas bases científicas selecionadas foram utilizadas as palavras chaves “Indústria 4.0”, “Gestão da qualidade”, e “Qualidade 4.0”.

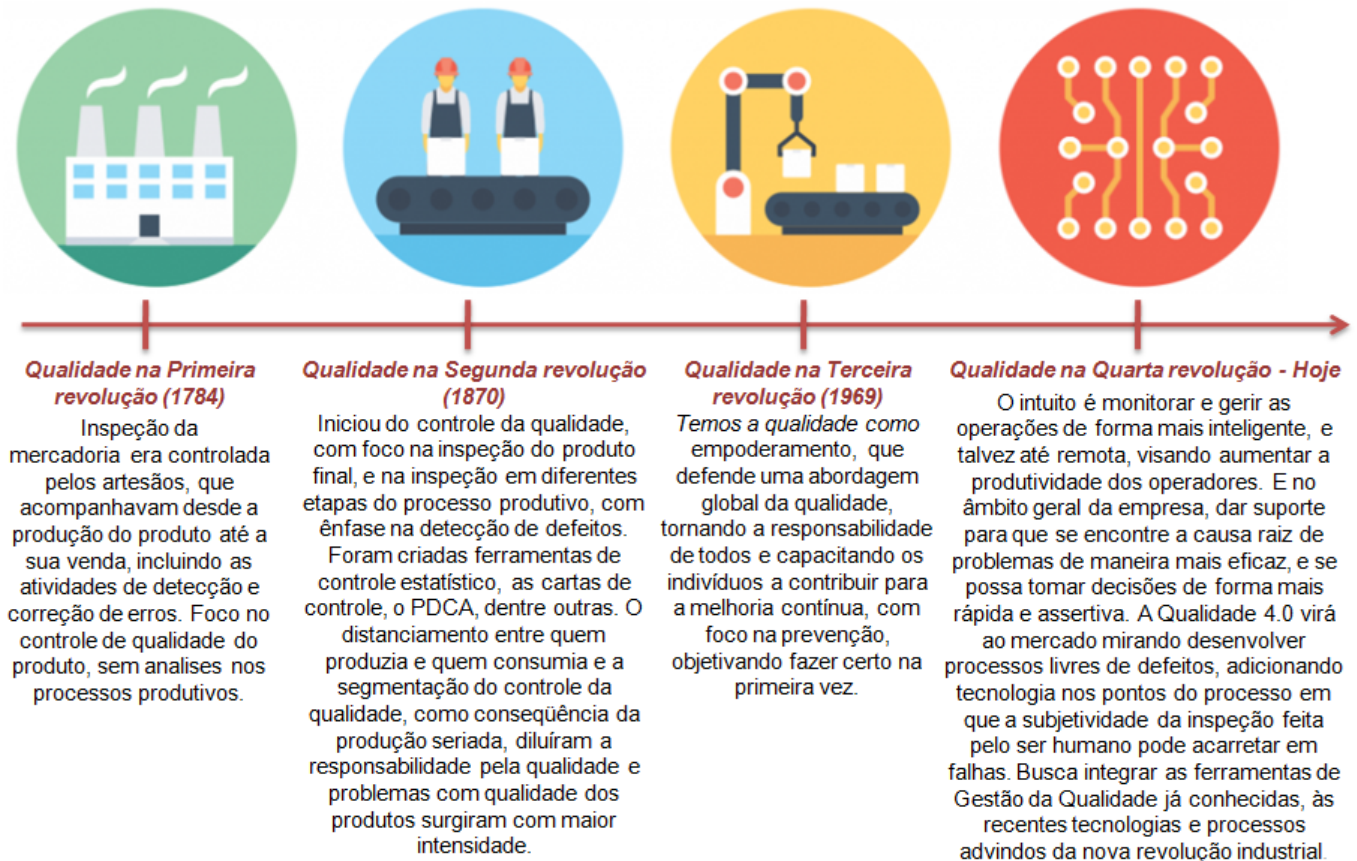
Após concluída a pesquisa que deu base para entendimento da evolução da qualidade ao longo do tempo e as características da quarta revolução industrial, foi abordado quais são os desafios de inserir a qualidade 4.0 no mercado brasileiro, quais são os objetivos, os benefícios, o que se espera dos profissionais da qualidade e quais as dificuldades para sua implantação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa realizada ao longo deste artigo apresenta a evolução da qualidade de acordo com as revoluções industriais, com foco na quarta revolução que está em processo de implementação nessa nova era. Foi realizada uma linha do tempo das revoluções industriais,

com os impactos que cada uma gerou na qualidade, e quais foram as principais características na gestão da qualidade.

Figura 01: Linha do tempo das revoluções industriais



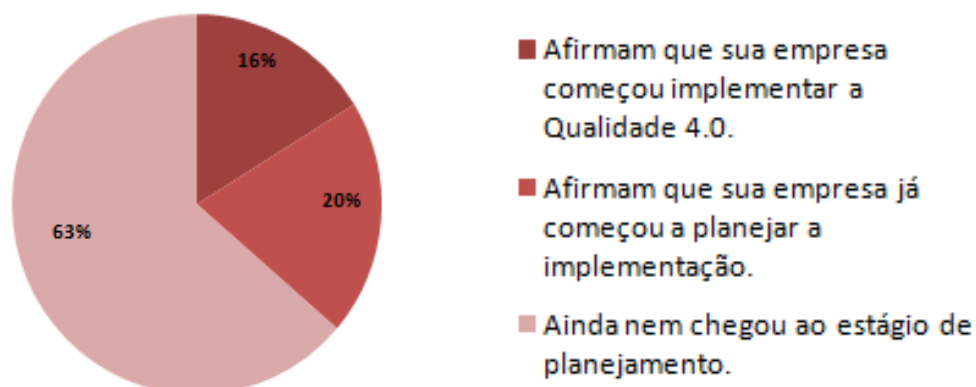
Fonte: Produção própria

A Quarta Revolução Industrial está em andamento e o setor produtivo moderno está em transição para a Indústria 4.0. Com a implantação dessas novas tecnologias detalhadas no decorrer do artigo, a produção e o transporte de bens de consumo serão mais competitivos do que os atuais, com menor custo, mais qualidade, eficiência, rapidez e flexibilidade.

Em fevereiro e março de 2019, o BCG colaborou com a ASQ e DGQ para conduzir uma pesquisa online para avaliar o status atual e o impacto futuro da qualidade 4.0. Os participantes da pesquisa incluíram executivos e gerentes de qualidade de 221 empresas, representando 18 indústrias de manufatura em setores-chave: produtos de consumo, produtos industriais, produtos farmacêuticos e tecnologia médica. A maioria dos participantes mora na Alemanha ou nos Estados Unidos e os outros estão localizados em um dos 14 outros países europeus, China ou Japão. A pesquisa visa avaliar as percepções dos participantes sobre a Qualidade 4.0 para entender os casos de uso mais importantes e identificar os

principais desafios e habilidades necessárias para implementar a transformação. A equipe de pesquisa também entrevistou vários especialistas para obter insights sobre benchmarks do setor, o impacto dos casos de uso e as melhores práticas. Através dessa pesquisa, foi obtido os seguintes resultados (KÜPPER, 2019):

Gráfico 01: Implementação da indústria 4.0



Fonte: Produção própria

No Brasil, no entanto, a Indústria 4.0 ainda é uma realidade distante. Dados apresentados pela CNI (Confederação Nacional da Indústria), em parceria com o Instituto Euvaldo Lodi (IEL), e com as universidades Estadual de Campinas (Unicamp) e Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em um estudo conduzido em 2017, afirmam que das 759 empresas de grande e médio porte pesquisadas na época, apenas 1,6% aderiram à indústria 4.0. E apenas 21,8% delas projetavam aderir às ferramentas da nova revolução até 2027. O estudo afirmou também que no mesmo ano de 2017, mais de 70% das indústrias no Brasil, ainda atuavam nos moldes da Indústria 1.0 ou 2.0 (SAKKIS, 2017). Já de acordo com a FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo), em um estudo do ano seguinte sobre o tema, apresentou que apenas 5% das indústrias brasileiras se intitulam altamente preparadas para aderir às tecnologias da nova revolução (FIESP, 2018). De acordo com a Fundação CERTI, uma organização brasileira de pesquisa para a iniciativa privada, alguns dos obstáculos que contribuem para esse quadro de dificuldades no avanço tecnológico da área industrial são: fornecedores desatualizados, uma vez que a Indústria 4.0 se caracteriza pela troca eficiente de informações e isso implica na necessidade de atualização de toda a cadeia de fornecimento. Os investimentos altos necessários, uma vez que o cenário econômico brasileiro tem se apresentado incerto. A infraestrutura defasada quando se trata de velocidade de internet para a troca do grande número de informações necessárias e as mudanças culturais que as novas formas de produção trariam ao ambiente fabril (RODRIGUES, 2021).

Com isso, ainda não há dados claros sobre a implementação da qualidade 4.0 no Brasil, pois ela depende diretamente da implementação das tecnologias da indústria 4.0, que ainda são uma realidade distante para um grande número das indústrias brasileiras.

5. CONCLUSÕES

O tema Qualidade 4.0 é um termo atual e inovador, visto que as primeiras publicações sobre o assunto só surgiram em 2017, o que é evidenciado pelo baixo número de referências bibliográficas nas principais bases de pesquisa científica. A Qualidade 4.0 pode ser vista como um desenvolvimento das características da gestão da qualidade no ambiente da "Indústria 4.0".

Diante dos resultados obtidos através de uma pesquisa bibliográfica acerca do tema, pode-se concluir que a Qualidade 4.0 virá ao mercado com uma integração das ferramentas da indústria 4.0 a gestão da qualidade. Ou seja, não haverá uma disruptura nos conceitos de qualidade conhecidos hoje, mas sim um aprimoramento através da digitalização dos processos já utilizados atualmente. As ferramentas da indústria 4.0 desenvolvidas para a melhoria de diversas áreas como manufatura, comunicação, logística, entre outras, serão também integradas à gestão da qualidade total e a melhoria contínua, trazendo assim ao mercado o conceito Qualidade 4.0. Essa digitalização terá como consequência muitos dados e os dados poderão ser considerados uma parte central, que conecta todas as outras ferramentas apresentadas na nova indústria, e a análise desses dados é exatamente o que pode ajudar as organizações a compreender indicadores de qualidade.

As ferramentas ainda não foram aplicadas na maioria das empresas, porém há indícios de que essa tecnologia está fortemente considerada para novos projetos em diversas multinacionais. E o banco de dados aparece como a essência da quarta revolução industrial, mas se não houver técnicas de análises adequadas e profissionais qualificados no processamento da quantidade de informações, o fluxo cada vez maior de informações tem pouco valor.

Nessa nova indústria, a rastreabilidade de produtos ou serviços, permitido pela integração horizontal, possibilita a otimização de seu fluxo, a correlação de qualquer erro com sua causa raiz, e assim permite a melhoria contínua da gestão de diagnósticos e defeitos.

Assim, considerando os avanços nas áreas de automação, digitalização, virtualização e customização em massa, essa obra mostra a evolução do tema da qualidade, não substituindo métodos anteriores, mas sim ampliando novas funcionalidades.

Sendo assim, a importância da pesquisa foi identificar a evolução e os benefícios da gestão da qualidade com a chegada das novas tecnologias introduzidas na Indústria 4.0.

6. AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a todos que de alguma forma positiva marcaram nossa trajetória acadêmica e contribuíram para que pudéssemos adquirir ao longo dos anos os conhecimentos e habilidades necessários para a construção desse trabalho. Entre eles, aos nossos familiares por nos darem suporte nessa fase de estudo, à instituição de ensino Universidade São Francisco e aos nossos docentes por todos os conhecimentos que nos proporcionaram com dedicação e agradecer uma à outra pela dedicação, empenho e parceria no desenvolvimento do trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALASKAR, H.; SABA, T. **Machine Learning and Deep Learning: A Comparative Review**. Research Gate, 1 abr. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/351087376_Machine_Learning_and_Deep_Learning_A_Comparative_Review. Acesso em: 20 out. 2021.

ALBERS, A. *et al.* **Procedure for Defining the System of Objectives in the Initial Phase of an Industry 4.0: Project Focusing on Intelligent Quality Control Systems**. Procedia CIRP, v. 52, p. 262-267, 07 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116308666>. Acesso em: 21 abr. 2021.

BITI9 (Brasil, São Paulo). **Escalabilidade: o que é e por que é importante para a minha empresa?**. [S. l.], [201-?]. Disponível em: <https://www.bit9.com.br/escalabilidade-o-que-e-e-por-que-e-importante-para-a-minha-empresa/>. Acesso em: 26 maio 2021.

BAHRIN, M.; OTHMAN, F.; AZLI, N.; TALIB, M. **INDUSTRY 4.0: A REVIEW ON INDUSTRIAL AUTOMATION AND ROBOTIC**, Jurnal Teknologi, 2016. Disponível em: <https://journals.utm.my/jurnalteknologi/article/view/9285> Acesso em: 24 set. 2021.

BRETTEL, M.; FRIEDERICHSEN, N.; KELLER, M.; ROSENBERG, M. **Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective**. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering Vol:8, No:1, 2014.

CORNELIUS, R. A.; MACHADO, J. D.; POLLETI, L. H. **O futuro da gestão da qualidade para a indústria 4.0**. 13º Encitec: Criar, Inovar, Empreender, 2017.

Disponível em:

http://aprepro.org.br/combrepro/2019/anais/arquivos/09272019_150949_5d8e5a4505bbc.pdf

Acesso em: 20 mar. 2021.

FIESP (São Paulo). **Fiesp identifica desafios da Indústria 4.0 no Brasil e apresenta propostas**. [S. l.], 7 maio 2018. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/sicab/noticias/fiesp-identifica-desafios-da-industria-4-0-no-brasil-e-apresenta-propostas/>. Acesso em: 13 out. 2021.

FORERO, D.; SISODIA, R. **Quality 4.0: How to Handle Quality in the Industry 4.0 Revolution**. Research Gate, 14 jan. 2020. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/338936455_Quality_40_-](https://www.researchgate.net/publication/338936455_Quality_40_-How_to_Handle_Quality_in_the_Industry_40_Revolution)

[How_to_Handle_Quality_in_the_Industry_40_Revolution](https://www.researchgate.net/publication/338936455_Quality_40_-How_to_Handle_Quality_in_the_Industry_40_Revolution) Acesso em: 10 out. 2021.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios**, HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES (HICSS), 2016.

Disponível em:

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7427673/references#references>

Acesso em: 25 abril. 2021.

HELLMAN, P.; LIU, Y. **Development of Quality Management Systems: How Have Disruptive Technological Innovations in Quality Management Affected Organizations?**, Research Gate, 2013. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/270682168_Development_of_Quality_Management_Systems_How_Have_Disruptive_Technological_Innovations_in_Quality_Management_Affected_Organizations

Acesso em: 25 mar. 2021.

ISAACSON, D.; Q&A. **Quality 4.0**. [S. l.], 4 fev. 2020. Disponível em:

<https://www.manufacturingtomorrow.com/article/2020/01/quality-40-takes-more-than-technology/14698/>. Acesso em: 28 out. 2021.

JACOB, D. **QUALITY 4.0 IMPACT AND STRATEGY HANDBOOK: Getting Digitally Connected to Transform Quality Management**. 2017. 28 slides.

KÜPPER, D. *et al.* **Quality 4.0: Takes More Than Technology**. [S. l.]: Boston Consulting Group, 20 ago. 2019. Disponível em: <https://www.bcg.com/de-de/publications/2019/quality-4.0-takes-more-than-technology>. Acesso em: 22 set. 2021.

LOBO, A. **Qualidade e produtividade**, Acervo Digital INMETRO, 2002. Disponível em: http://repositorios.inmetro.gov.br/bitstream/123456789/760/1/2003_ Acesso em: 18 jun. 2021.

Lyle, M. (2017) Revealing the Value of Data through Quality Intelligence. Quality Magazine, Oct, pp. 25-29.

MACHADO, L. A. **Revoluções industriais: do vapor à Internet das coisas**. COFECON, 2016. Disponível em: <https://www.cofecon.org.br/2016/10/13/revolucoes-industriais-do-vapor-a-internet-das-coisas/> Acesso em: 04 set. 2021.

MADILYNN, A. **How To Reduce Cost Of Quality With Industry 4.0**, TULUP, 2021. Disponível em: <https://tulip.co/blog/how-to-reduce-cost-of-quality-with-industry-4-0/> Acesso em: 06 outubro. 2021.

MARR, B. **What's The Difference Between Structured, Semi-Structured And Unstructured Data?**. Forbes, [S. l.], 18 out. 2019. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/10/18/whats-the-difference-between-structured-semi-structured-and-unstructured-data/?sh=7934619a2b4d>. Acesso em: 11 mai. 2021.

NURMIMAKI, M. **Quality 4.0: The 3 Most Important Technologies for Manufacturers**. [S. l.], 11 dez. 2020. Disponível em: <https://www.manufacturingtomorrow.com/article/2020/03/readers-choice-2020-quality-40-the-3-most-important-technologies-for-manufacturers/14914>. Acesso em: 12 out. 2021.

PALMA, C. W. **Indústria 4.0: origem, conceito, os 9 pilares, impactos na indústria e a influência no mundo dos equipamentos elétricos**, Tese Motores, 2020. Disponível em: <https://tesemotores.com.br/industria-4-0/>. Acesso em: 20 mar. 2021.

RADZIWILL, N. **Quality 4.0: Let's Get Digital - The many ways the fourth industrial revolution is reshaping the way we think about quality**. Research Gate, 17 out. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328380917_Quality_40_Let's_Get_Digital_-

_The_many_ways_the_fourth_industrial_revolution_is_reshaping_the_way_we_think_about_quality/citation/download. Acesso em: 16 set. 2021.

RODRIGUES, G. V. S. **O que falta para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil?**. Fundação Certi, 13 abr. 2021. Disponível em: <https://certi.org.br/blog/industria-4-0-no-brasil/>. Acesso em: 14 out. 2021.

SACOMANO, J. B. *et al.* **Indústria 4.0: Conceitos e Fundamentos**. Ed. Edgard Blücher Ltda., 2018.

SACOMANO, J.; CARPINETTI, L. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Ferramentas**, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2006. Disponível em: http://repositorio.eesc.usp.br/bitstream/handle/RIEESC/6212/Faesarellalvete_GestaoQualidade.pdf?sequence=1 Acesso em: 10 nov .2021.

SAKKIS, A. **Indústria 4.0 saltará de 1,6% para 21,8% das empresas em uma década, diz pesquisa da CNI**: Sondagem inédita da Confederação Nacional da Indústria projeta salto tecnológico da produção brasileira nos próximos dez anos e mapeia como a indústria está se preparando para os novos desafios. Portal da Indústria, 12 dez. 2017. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-2027/noticias/industria-40-saltara-de-16-para-218-das-empresas-em-uma-decada-diz-pesquisa-da-cni/>. Acesso em: 6 out. 2021.

SCHUCHTER, C. **As ferramentas de Comunicação Interna na gestão para a Qualidade**. Juiz de Fora:UFJF;Facom;2.sem.2004, - fl 73. Projeto Experimental do Curso de Comunicação Social. Disponível em: <https://www.ufjf.br/facom/files/2013/04/CSoares.pdf>. Acesso em: 10 Set. 2021.

SILVA, D.; SILVA, R.; GOMES, M. **O REFLEXO DA TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NA SOCIEDADE**, ENEGEP, 2002. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2002_tr82_0267.pdf. Acesso em: 15 ago. 2021.

SOARES, C. M. B. **A qualidade no mundo: As histórias de Ford e Shewhart**, União brasileira para a qualidade, 2019. Disponível em: <https://ubq.org.br/2019/11/06/a-qualidade-no-mundo-ford-e-shewhart/> Acesso em: 20 mar. 2021.

TEIXEIRA, F. M. P. **Revolução Industrial**. 12ª ed. Ed. Ática, 2014.