

**A evolução da qualidade na indústria 4.0**

**The evolution of quality in industry 4.0**

**La evolución de la calidad en la industria 4.0**

Recebido: 20/09/2020 | Revisado: 22/09/2020 | Aceito: 29/09/2020 | Publicado: 01/10/2020

**Marcos de Oliveira Morais**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5981-4725>

Universidade Paulista, Brasil

E-mail: [marcostecnologia@ig.com.br](mailto:marcostecnologia@ig.com.br)

**Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6987-2996>

Universidade Paulista, Brasil

E-mail: [pedroluiz@ploen.com](mailto:pedroluiz@ploen.com)

**Osmildo Sobral dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3797-5971>

Faculdade de Tecnologia de Mauá, Brasil

E-mail: [osmildosobral@yahoo.com.br](mailto:osmildosobral@yahoo.com.br)

**Ataíde Pereira Cardoso Jr (*in memória*)**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7754-0513>

Universidade Paulista, Brasil

E-mail: [ataide.jr@docente.unip.br](mailto:ataide.jr@docente.unip.br)

**José Benedito Sacomano**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4877-3139>

Universidade Paulista, Brasil

E-mail: [jbsacomano@gmail.com](mailto:jbsacomano@gmail.com)

**Resumo**

A evolução dos novos sistemas de gestão nas organizações e sua introdução nos processos de produção está transformando a indústria tradicional, elevando-a para um novo patamar de desenvolvimento organizacional. A Quarta Revolução Industrial e o advento da Indústria 4.0 caracterizado por tecnologias de conectividade, digitalização e alta produtividade, embutem uma mudança de paradigma no qual a gestão da qualidade poderá sofrer mudanças irreversíveis e possivelmente precisará adequar-se para atender as novas expectativas e demandas do

mercado cada vez mais integrado e competitivo, no qual gerenciar grandes volumes com alta complexidade se tornará uma atividade corriqueira. Preocupado com esta gestão, o presente estudo aborda um dos aspectos da adequação da gestão da qualidade à nova realidade, mediante uma pesquisa quali-quantitativa entre representante do meio acadêmico e profissionais de indústrias, sobre a utilização e a importância de ferramentas da qualidade na indústria 4.0. Foram avaliadas as ferramentas que seriam mais utilizadas na indústria 4.0 e se há diferenças de opiniões a respeito entre especialista da área da qualidade e público em geral (acadêmicos e profissionais da indústria). Conclui-se que ainda há muito o que se discutir e aprimorar sobre a aplicação das ferramentas da qualidade no vasto mundo 4.0 na busca pela maior eficiência e eficácia dos processos produtivos.

**Palavras-chave:** Administração da produção; Gestão da qualidade; Ferramentas da qualidade; Qualidade 4.0.

### **Abstract**

The evolution of new management systems in organizations and their introduction in the production processes is transforming the traditional industry, taking it to a new level of organizational development. The Fourth Industrial Revolution and the advent of Industry 4.0, characterized by connectivity, digitalization and high productivity technologies, embody a paradigm shift in which quality management may undergo irreversible changes and possibly need to adapt to meet the new expectations and demands of the an increasingly integrated and competitive market, in which managing large volumes with high complexity will become a common activity. Concerned with this management, the present study addresses one of the aspects of the adequacy of quality management to the new reality, through a qualitative and quantitative research among representatives of the academic environment and industry professionals, on the use and importance of quality tools in the industry. 4.0. The tools that would be most used in industry 4.0 were evaluated, and if there are differences of opinion regarding quality specialists and the general public (academics and industry professionals). It is concluded that there is still much to discuss and improve on the application of quality tools in the vast world 4.0 in the search for greater efficiency and effectiveness of production processes.

**Keywords:** Production administration; Quality management; Quality tools; Quality 4.0.

## Resumen

La evolución de los nuevos sistemas de gestión en las organizaciones y su introducción en los procesos productivos está transformando la industria tradicional, llevándola a un nuevo nivel de desarrollo organizacional. La Cuarta Revolución Industrial y el advenimiento de la Industria 4.0, caracterizada por la conectividad, la digitalización y las tecnologías de alta productividad, encarnan un cambio de paradigma en el que la gestión de la calidad puede sufrir cambios irreversibles y posiblemente necesitar adaptarse para cumplir con las nuevas expectativas y demandas del sector. un mercado cada vez más integrado y competitivo, en el que gestionar grandes volúmenes de alta complejidad se convertirá en una actividad común. Preocupado por esta gestión, el presente estudio aborda uno de los aspectos de la adecuación de la gestión de la calidad a la nueva realidad, a través de una investigación cualitativa y cuantitativa entre representantes del entorno académico y profesionales de la industria, sobre el uso e importancia de las herramientas de calidad en la industria. 4.0. Se evaluaron las herramientas que serían más utilizadas en la industria 4.0, y si existen diferencias de opinión sobre los especialistas en calidad y el público en general (académicos y profesionales de la industria). Se concluye que aún queda mucho por discutir y mejorar en la aplicación de herramientas de calidad en el vasto mundo 4.0 en la búsqueda de una mayor eficiencia y efectividad de los procesos productivos.

**Palabras clave:** Administración de la producción; Gestión de la calidad; Herramientas de calidad; Calidad 4.0.

## 1. Introdução

A evolução tecnológica tem proporcionado mudanças de extrema relevância, contribuindo para a quebra de paradigmas dentro das organizações, fomentando novos processos e potencializando o capital humano envolvido (Lasi et al., 2014).

A quarta revolução industrial está afetando os diversos segmentos nas empresas relacionados aos processos existentes, dentre os quais deve-se destacar a qualidade envolvida, seja nos produtos, processos e/ou serviços, bem como as suas ferramentas de trabalho. Trata-se de um fenômeno denominado pela sigla 4.0, que está gerando transformações e que vem sendo cada vez mais difundido nas organizações e no meio acadêmico (Hermann, Pentek & Otto, 2016).

O aperfeiçoamento produtivo das organizações, atrelado a fatores advindos do conhecimento humano, favorece a automatização de processos, permitindo a redução de custos e de recursos físicos e humanos nos mais variados setores. O foco principal da indústria 4.0 é

criar empresas com processos inteligentes com características de adaptabilidade e maior eficiência dos recursos da produção (Jasiulewicz-Kaczmarek, Saniuk & Nowicki, 2017).

O conjunto de mudanças advindo da indústria 4.0 pode ser caracterizado pela inserção de sistemas inteligentes e novas tecnologias na indústria de manufatura, modos diversificados de gestão de processos produtivos (Lalanda, Morand & Chollet, 2017) e criação de novas tarefas para o trabalho. Isso implica em desafios para as indústrias interessadas (Tjahjono et al., 2017) nos aspectos infraestrutura, tecnológico e de recursos humanos, financeiro e de gestão. Em particular, o problema dos recursos humanos que são disponibilizados com o advento da indústria 4.0 envolvem uma questão social que merece uma especial atenção dos empresários e autoridades do governo, (Firjan, 2016).

Ampliar a discussão sobre o que vem a ser a qualidade na indústria 4.0, ou simplesmente qualidade 4.0, passa a ser relevante, uma vez que as organizações estão produzindo muito mais produtos, ampliando a quantidade de processos e personalizando os serviços oferecidos. Estudar a realidade 4.0 em seus diversos formatos possibilita que haja uma interação entre os sistemas envolvidos (Lasi et al, 2014).

Embora o tema qualidade faça parte dos processos produtivos, pouco ainda se aventa sobre sua utilização na indústria 4.0, tornando este assunto fonte de oportuna discussão, permitindo assim agregar valor ao tema. O presente artigo tem como objetivo expor e contribuir com esta temática.

## **2. Referencial Teórico**

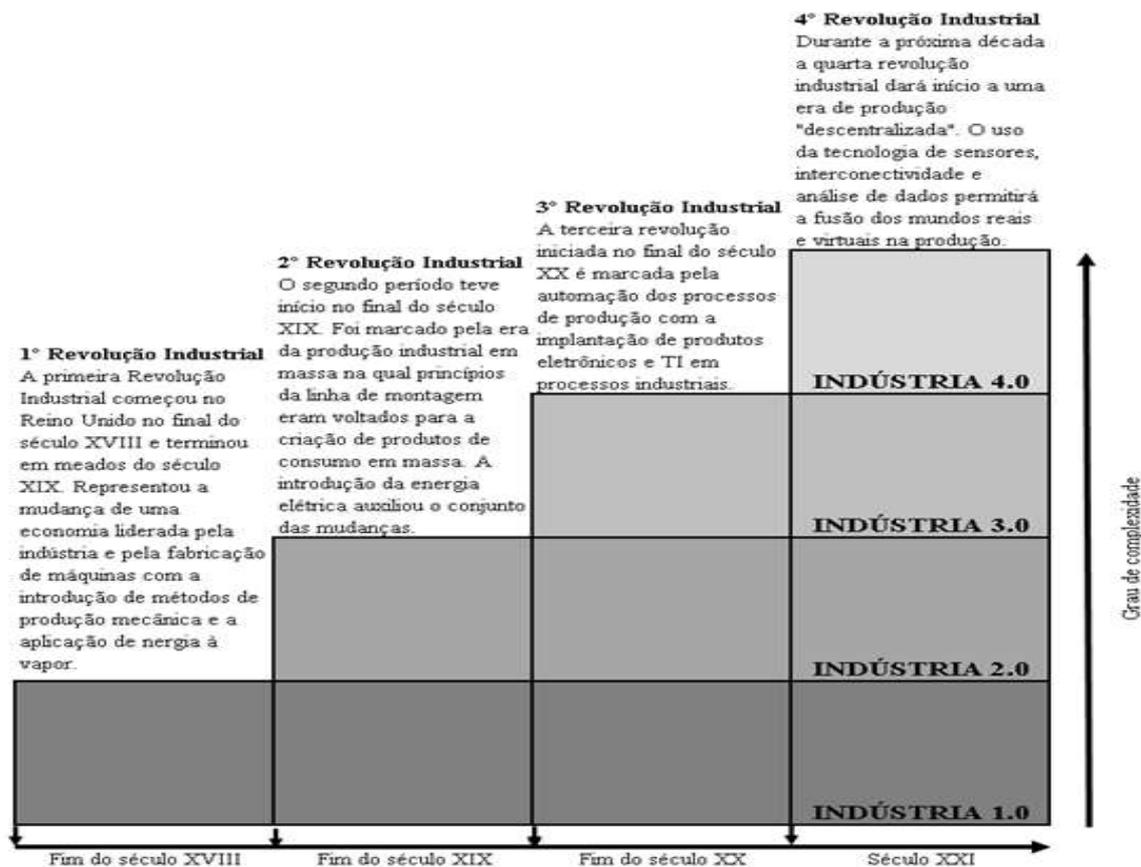
### **2.1 Indústria 4.0**

Com a criação e o desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas no cotidiano das organizações, tornou-se possível a revolução industrial iniciada a partir do século XVIII e dividida até o momento em quatro fases. A 1ª revolução industrial iniciou-se com a invenção da máquina a vapor. Posteriormente a 2ª revolução industrial deu-se com a produção em massa no final do século XIX. A 3ª revolução industrial iniciou-se no final do século XX com a introdução dos controladores lógicos programáveis (CLP's), e com o auxílio tecnológico nas empresas. No século XXI deu-se início a chamada 4ª revolução industrial, ou indústria 4.0, no qual máquinas interagem entre máquinas sem a intervenção do ser humano (Rodrigues, Jesus & Schutzer, 2016).

Um dos principais fatores da indústria 4.0 está na tecnologia embarcada, seja em processos, produtos e/ou serviços. Elementos de sistemas físico cibernéticos tornaram-se de extrema relevância para potencializar o desempenho desta 4ª revolução. A comunicação avançada entre máquinas se assemelha ao diálogo com seres humanos, o que demonstra a possibilidade de uma produção totalmente automatizada e autônoma (Rodrigues, Jesus & Schutzer, 2016).

A indústria está atravessando mais uma nova revolução que pode alterar sensivelmente os sistemas de produção. A chamada indústria 4.0 se traduz na existência de fontes inteligentes, uso extensivo de robótica, sistemas confiáveis de processamento e armazenamento de dados, além de monitoramento e controle das operações em tempo real. Tudo isso é integrado visando utilizar adequadamente recursos e procedimentos que permitam aumentar a produtividade e garantir a qualidade das tarefas executadas (Mazzaferro, 2018). A Figura 1 apresenta as fases da revolução industrial detalhando as características envolvidas em cada uma das etapas.

**Figura 1.** Cronologia das revoluções industriais.



Fonte: Adaptado de Firjan (2016).

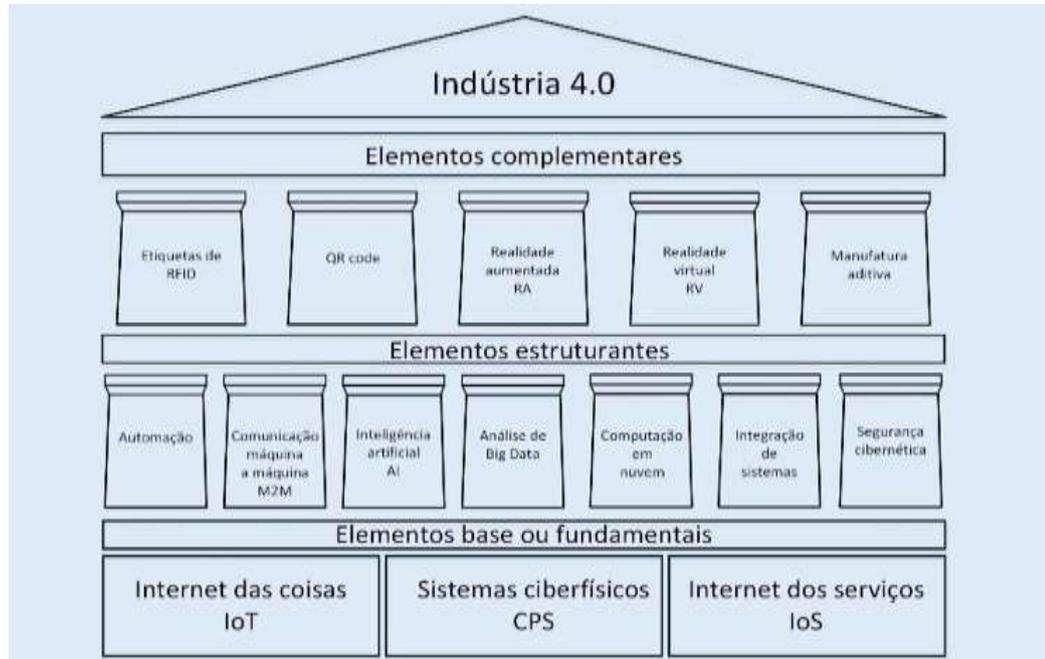
Segundo Rüßmann et al. (2015), a indústria 4.0 é sustentada por 9 pilares tecnológicos:

- **Big data e análise de dados:** grandes quantidades de dados sobre a manufatura obtidos de diversas fontes, como equipamentos de produção, sistemas de gestão de empresas e clientes, podem ser analisados e, assim, utilizados para a tomada de decisão em tempo real.
- **Robôs autônomos:** robôs já são utilizados na indústria, porém eles tendem a ser mais autônomos, podendo trabalhar ao lado dos humanos de forma segura, custando menos e tendo maiores capacidades.
- **Simulação:** a tomada de decisão poderá ser auxiliada pelas simulações, que utilizarão informações obtidas em tempo real. A otimização de parâmetros poderá ser feita a partir de testes de otimização, feitos com modelos virtuais.
- **Integração de sistemas horizontal e verticalmente:** sistemas estarão mais integrados, até mesmo em redes de intercompanhias, o que possibilitará maior automação.
- **A Internet das Coisas Industrial:** proporciona a interação entre os mais diversos equipamentos, conectando equipamentos com processamento embarcado, auxiliando a obtenção de respostas em tempo real.
- **Segurança cibernética:** a maior conectividade demandará maiores proteções contra ataques cibernéticos, e, assim, impulsionará a construção de novas tecnologias para este fim.
- **Nuvem:** o uso da computação em nuvem, que já vem sendo utilizada em aplicações empresariais e análise de dados, aumentará com a indústria 4.0, contribuindo para ganhos em performance das tecnologias envolvidas, auxiliando questões entre companhias.
- **Fabricação de aditivos:** a indústria 4.0 possibilitará a construção de produtos customizados de forma descentralizada, reduzindo despesas com estoque, a partir do uso de tecnologias como as impressoras 3D.
- **Realidade aumentada:** a tomada de decisão e o desenvolvimento de procedimentos serão auxiliados pela realidade aumentada, que suporta uma grande variedade de sistemas.

Estabelecer os elementos de um conceito ainda em formação é tarefa bastante complexa. Sacomano et al (2018) apresenta uma proposta para classificar os elementos que são a base

formadora da indústria 4.0. Entende-se que não é uma formação definitiva, mas tem um caráter didático e concreto, conforme Figura 2.

**Figura 2.** A “Casa da Indústria 4.0”.



Fonte: Sacomano et.al (2018).

Segundo Schwab (2016), uma das referências mundiais no assunto para a quarta revolução industrial, no futuro o talento das forças de trabalho se sobressairá ao capital, representando fator crítico de produção, e a gestão do conhecimento cada vez mais será um dos fatores relevantes para o entendimento das novas tecnologias dentro e fora das organizações permitindo assim potencializar o capital humano. Está é uma visão talvez demasiado otimista que necessita verificação na realidade fabril.

## 2.2 Eras da Qualidade

Segundo Garvin (1992), a partir do surgimento da atividade de inspeção formal dos produtos e/ou processos decorrente dos sistemas de produção em massa, a evolução dos conceitos e abordagens para o controle e a gestão da qualidade se deu, ao longo de quatro grandes eras: inspeção, controle estatístico de processo, garantia da qualidade e gestão estratégica da qualidade.

Segundo o citado autor, quase todas as modernas abordagens da qualidade foram surgindo aos poucos, através de uma evolução regular, e não por meio de inovações marcantes.

São produto de uma série de descobertas que remontam a um século atrás, conforme mostrado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Estágios evolutivos da qualidade.

Características	Etapas do Movimento da Qualidade			
	Inspeção	Controle Estatístico da Qualidade	Garantia da Qualidade	Gerenciamento Estratégico da Qualidade
	Fim do século XVIII e início do século XX	Início da década de 1930 ao fim dos anos 1940	Início da década de 1950 ao fim da década de 1970	Início da década de 1980 até os dias atuais
<b>Preocupação básica</b>	Verificação	Controle	Coordenação	Impactos estratégicos
<b>Visão da qualidade</b>	Um problema a ser resolvido	Um problema a ser resolvido	Um problema a ser resolvido, mas que seja enfrentado proativamente	Uma oportunidade de concorrência
<b>Ênfase</b>	Uniformidade do produto	Uniformidade do produto com menos inspeção	Toda cadeia de produção, desde o projeto até o mercado, e a contribuição de todos os grupos funcionais, para impedir falhas de qualidade	As necessidades de mercado e do consumidor
<b>Métodos</b>	Instrumento de medição	Instrumentos e técnicas estatísticas	Programas e sistemas	Planejamento estratégico, estabelecimento de objetivos e a mobilização da organização
<b>Papel dos profissionais da qualidade</b>	Inspeção, classificação, contagem e avaliação	Solução de problemas e a aplicação de métodos estatísticos	Mensuração da qualidade, planejamento da qualidade e projetos de programas	Estabelecimento de objetivos, educação e treinamento, trabalho consultivo com outros departamentos e delinear programas
<b>Quem é o responsável pela qualidade</b>	O departamento de inspeção	Os departamentos de produção e engenharia	Todos os departamentos, embora a alta gerência se envolva periféricamente com o projeto, o planejamento e a execução das políticas de qualidade	Todos na empresa, com a alta direção exercendo forte liderança
<b>Orientações e abordagens</b>	"inspeciona" a qualidade	"controla" a qualidade	"constroi" a qualidade	"gerencia" a qualidade

Fonte: Adaptado de Garvin (1992).

As etapas do movimento da qualidade foram se desenvolvendo a partir das necessidades do mercado e da implementação de novas ferramentas e filosofias no setor da produção, destacando-se também, o atendimento das expectativas dos clientes. Essas mudanças foram contribuindo para melhor desempenho interno, com processos estruturados, capacitação de funcionários e maior envolvimento da liderança.

O questionamento que se coloca como motivação para o presente trabalho é quanto à necessidade de se ausentar uma grande etapa àqueles elementos na Tabela1, referente ao surgimento da automação industrial e da realidade 4.0.

Garvin (1984) também contribui para o entendimento da conceituação da qualidade ao formalizar as cinco abordagens para a qualidade: transcendental, baseada no produto, baseada no usuário, baseada no processo e baseada no valor, além de propor oito dimensões da qualidade

de produtos: desempenho, complementos, conformidade, confiabilidade, durabilidade, assistência técnica, estética, e qualidade percebida.

Segundo Marshall et al. (2012), embora a disseminação da qualidade tenha sido realizada a partir da década de 1950, somente no final do século passado os princípios que servem de norteadores para a gestão da qualidade e dos processos envolvidos tornaram-se relevantes e estratégicos na maioria das organizações, em especial as do segmento automotivo. Com isso, a qualidade passou a ser valorizada e implementada em diversos setores produtivos, tornando-se uma ferramenta relevante potencializadora de competitividade nas organizações num ambiente de competição cada vez mais dinâmicos e acirrados.

Uma das principais diferenças entre a abordagem realizada no século XX e a atual relaciona-se às necessidades e anseios dos clientes, independentemente do porte da organização, proporcionando maior eficiência e eficácia em seu processo de gerenciamento (Marshall et al., 2012).

Evidentemente, a gestão da qualidade não se restringe ao controle visando a obtenção de produtos, serviços e processos adequados que atendem os objetivos de verificação e a satisfação de seus clientes, mais ter uma visão estratégica que garanta a competitividade da empresa mediante a eficiência da sua verificação. Nesse contexto a utilização dos princípios e fundamentos da qualidade tem um papel relevante, embora não suficiente para o resultado global.

### **2.3 Qualidade 4.0**

Na indústria 4.0, a qualidade também se faz relevante, uma vez que a precisão, a produtividade e os custos são elementos cada vez mais presentes neste cenário onde os sensores, os *softwares* e a flexibilidade tornaram-se sinônimos de eficiência e eficácia. Portanto, a gestão da qualidade é um pré-requisito essencial e fundamental para o sucesso econômico e sustentável nas empresas (FOIDL e Felderer, 2016).

Embora a gestão da qualidade e as suas ferramentas sejam utilizadas no dia-a-dia das organizações, estas devem estar sempre preparadas para possíveis adequações conforme as necessidades advindas do mercado de um modo geral. O futuro das organizações demanda uma adequação e desenvolvimento de novas competências que serão requisitos para a criação de habilidades que nem sequer são ainda conhecidas (Magaldi, Neto, 2018).

O Quadro 1, elaborado por Firjan (2016) com base em Garvin (1992), estabelece um comparativo entre as revoluções industriais e as eras da qualidade, permitindo relacionar cada

uma das épocas, identificando uma defasagem da qualidade em todas as épocas, inclusive em relação a 4ª revolução industrial ou a chamada indústria 4.0.

**Quadro 1.** comparativo das revoluções industriais e eras da qualidade.

Comparativo entre as Revoluções Industriais e as Eras da Qualidade			
Revoluções Industriais			
1ª Revolução Industrial	2ª Revolução Industrial	3ª Revolução Industrial	4ª Revolução Industrial
1780 / 1860	1870 / 1960	1970 / 2000	2010 / Atual
Eras da Qualidade			
Inspeção	Controle Estatístico da Qualidade	Garantia da Qualidade	Gerenciamento Estratégico da Qualidade
1890 / 1920	1930 / 1940	1950 / 1970	1980 / Atual

Fonte: baseado em Garvin (1992) e Firjan (2016).

Vê-se nessa abordagem que a era da qualidade 4.0 foi englobada sem mais naquele de gerenciamento estratégico, o que na visão dos autores do presente trabalho ainda deva ser melhor investigado.

De fato, julga-se que ainda não está claro, em face das peculiaridades da indústria 4.0, como o conceito da qualidade se aplica nesta nova realidade e quais das ferramentas e metodologias da qualidade são valorizadas neste novo contexto.

Torna-se necessário repensar os modelos e ferramentas de gestão utilizados na atualidade, refletindo as limitações impostas pelos novos processos, buscando aperfeiçoar esses elementos de extrema valia para a melhoria dos processos produtivos e gerenciais. A velocidade exponencial das transformações é o resultado de uma ebulição irreversível que deve ser encarada e analisada, assim como qualquer fato resultante de uma grande mudança organizacional (Magaldi, Neto, 2018).

Integrar a qualidade nos sistemas 4.0 permite ampliar um leque de novas possibilidades nos sistemas produtivos, potencializando também o capital humano existente nas organizações. Os benefícios da implementação da indústria 4.0 consistem no aumento da flexibilidade, seguido pela melhoria da produtividade, custo, tempo de entrega reduzidos, melhorando a qualidade do que se oferece (Gaziero & Ceconello, 2019).

A construção de um novo modelo de gestão está em curso, uma nova mentalidade emerge dessa realidade com fundamentos mais alinhados com a dinâmica atual e, portanto, mais sólidos que os atuais (Magaldi, Neto, 2018).

A Figura 3 ilustra a interação entre a indústria 4.0, as ferramentas da qualidade e a qualidade 4.0 como elemento integrador nesse processo.

**Figura 3.** Qualidade 4.0



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A Figura 3 ilustra que a indústria 4.0 faz parte de um sistema integrado, no qual as ferramentas da qualidade corroboram no monitoramento da eficiência e eficácia dos pilares que envolvem a indústria 4.0, gerando maior interação com o sistema de gestão da qualidade, permitindo assim a criação nas organizações de uma qualidade também denominada de 4.0.

A inclusão de novas tecnologias como estratégia para o desenvolvimento organizacional será primordial para garantir a competitividade e maior produtividade das empresas, independentemente do mercado em que atuam. Como essas novas tecnologias se relacionam com a qualidade 4.0 é questão que se encontra ainda em aberto.

### **3. Procedimentos Metodológicos**

Para a condução deste trabalho, foram buscados materiais tanto em bibliografia predominantemente acadêmica, como livros, periódicos e anais de eventos, bem como em publicações de organizações vinculadas com a indústria.

Segundo Martins & Theóphilo (2009), a pesquisa quantitativa é aquela em que os dados e as evidências coletadas podem ser quantificados e mensurados. Os dados são filtrados, organizados e tabulados para que sejam submetidos a procedimentos estatísticos que permitam sua interpretação. Como a natureza das variáveis pesquisadas é qualitativa, a proposta pode ser considerada como quali-quantitativa.

Utilizou-se a escala Likert para mensurar as opiniões dos respondentes para a obtenção da importância das ferramentas da qualidade nas organizações 4.0, bem como a importância de outros tópicos relacionados ao tema 4.0.

Para Cunha (2007), uma escala tipo Likert é composta por um conjunto de itens e, em relação a cada item, o entrevistado manifesta o seu grau de concordância.

Os dados foram coletados entre maio e junho de 2019, por meio de questionário enviado via e-mail a duas categorias de respondentes: profissionais de empresas e acadêmicos, aqui descritos por “público geral” e especialistas da área da qualidade, aqui descritos por “especialistas”. Optou-se por não divulgar o nome das empresas por serem algumas concorrentes de mesmo segmento e produtos. O Quadro 2 identifica a classificação da escala de Likert.

**Quadro 2.** Classificação da escala de Likert

1	2	3	4	5
Nunca	Muito pouco	Com certa frequência	Frequentemente	Muito

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os envolvidos na pesquisa responderam à questão “A empresa utiliza as ferramentas da qualidade para aplicação na indústria 4.0?” referente as seguintes questões, sobre ferramentas da qualidade.

Questão 1: Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action); Questão 2: Seis Sigma;

Questão 3: FMEA(Failure Mode and Effect Analysis); Questão 4: Diagrama de Pareto;

Questão 5: Diagrama de Ishikawa; Questão 6: Histograma; Questão 7: Carta de controle;

e, Questão 8: Diagrama de dispersão.

A relação de tópicos selecionados para a pesquisa foi escolhida pelos autores buscando contemplar ferramentas frequentemente utilizadas nas indústrias tradicionais.

Sobre este tópico são feitas as considerações que seguem 4.1 Ciclo PDCA.

Foram analisados 42 questionários, sendo 32 respondentes (76,2%) do grupo “público” e 10 deles (23,8%) do grupo formado por “especialistas”.

#### **4. Análise e Discussão dos Dados**

A importância da busca contínua pela qualidade tem assumido novas proporções nas últimas décadas, devido à concorrência crescente na indústria como um todo. Existe ainda uma

constante preocupação com a diminuição de custos e prazos de entrega exigindo uma concepção integrada e dinâmica dos processos produtivos.

Nesta seção são apresentados os resultados da pesquisa de campo junto aos profissionais do setor automotivo entrevistados quanto a cada uma das dimensões considerados.

Como a literatura da Engenharia de Produção voltada para a Indústria 4.0 ainda está na fase de consolidação, este artigo espera contribuir positivamente no âmbito conceitual e reflexivo referente a uso de métodos e técnicas da administração da produção dentro das organizações na busca pela melhoria contínua por meio da utilização das ferramentas da qualidade.

#### 4.1 Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA é um método de gerenciamento de processos ou de sistemas. É o caminho para se atingirem as metas atribuídas aos produtos dos sistemas empresariais (Campos, 2001). Portanto é necessário se determinar uma meta para a utilização dessa importante ferramenta.

De acordo com Andrade (2003), o ciclo PDCA é projetado para ser usado como um modelo dinâmico em que a conclusão de um ciclo irá fluir no começo do próximo ciclo, e assim sucessivamente. Além disso, o citado autor afirma que o processo sempre pode ter uma nova análise, o que implica em novo processo de mudança para melhor. Pode-se, Gráfico 1 visualizar tais questões.

**Gráfico 1.** Ciclo PDCA.



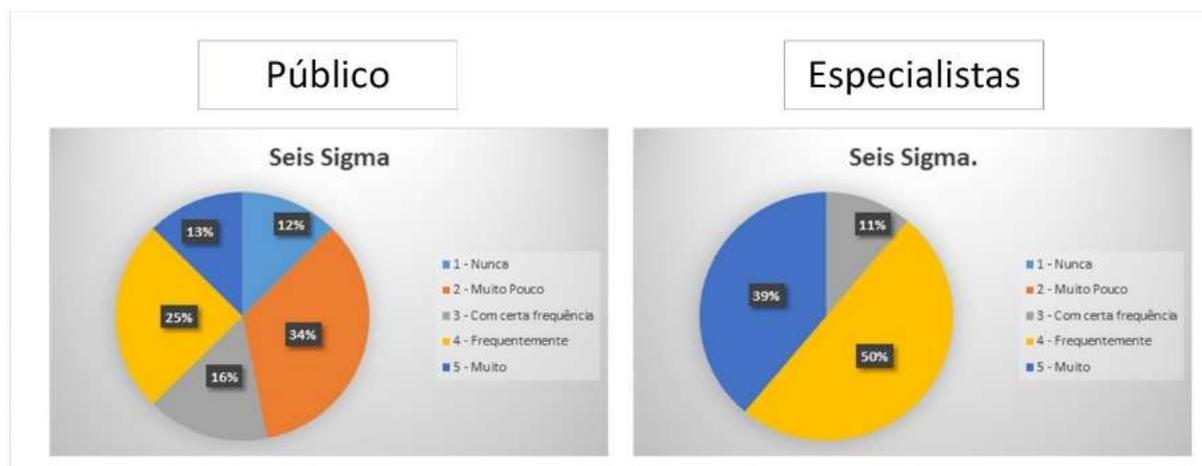
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

No Gráfico 1 nota-se que a ferramenta PDCA para 47,0% dos entrevistados (público), é apontada como de uso frequente ou muito utilizada nas empresas, porém 50,0% registraram que utilizam muito pouco ou com certa frequência as diretrizes relacionadas ao ciclo PDCA, e 3,0% nunca utilizam esta ferramenta. Já para os entrevistados considerados (especialistas), o uso desta ferramenta passa a ser de 78,0% de uso frequente ou muito utilizada nas organizações, e 22% apontam que utilizam com certa frequência.

#### 4.2 Seis Sigma

Segundo Werkema (2012), a metodologia Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada, quantitativa, que tem como propósito elevar a lucratividade das organizações, através da melhoria da qualidade de produtos e processos, e aumentar, assim, a satisfação dos clientes e consumidores. Ainda de acordo com Mani e Pádua (2008), esta metodologia é baseada em criar um processo com, no máximo, 3,4 defeitos por milhão, o que representa 99,99966% de conformidade. A utilização dessa metodologia pode ser observada no Gráfico 2.

**Gráfico 2.** Seis Sigma.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Ainda no Gráfico 2, observa-se que para 38% dos entrevistados (público), estes utilizam muito ou frequentemente o Seis Sigma nas organizações e 50,0% aplicam esta ferramenta com certa frequência ou muito pouco, sendo este a maioria dos entrevistados, já 12,5% nunca utilizam o Seis Sigma em suas organizações. Os entrevistados considerados (especialistas), 89,0% afirmam utilizarem a metodologia Seis sigmas muito ou frequentemente e 11,0%

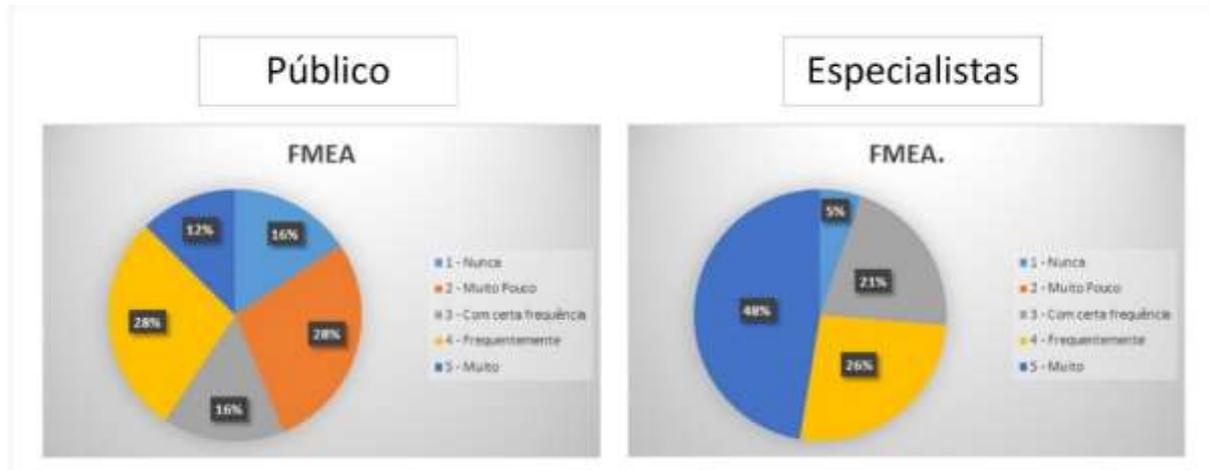
apontaram que utilizam com certa frequência esta metodologia dentro das organizações em que trabalham.

### 4.3 FMEA

No Gráfico 3 observa-se o FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) o qual é uma análise da engenharia feita por um time multifuncional de especialistas que analisam o design e/ou o processo produtivo de fabricação, assim como no desenvolvimento do produto, que visa encontrar e corrigir as possíveis falhas do produto antes de este chegar ao cliente, visando sua maior satisfação e, sobretudo, segurança.

O princípio e objetivo básico do FMEA é melhorar o desempenho do processo no qual ele está sendo aplicado, porém o mesmo também é usado com os sub objetivos de prevenir riscos, melhorar os processos, desenvolver planos de manutenção preventiva, entre outros (Carlson, 2012). No Gráfico 3 tenta-se buscar, nos pesquisados, se há utilização desta ferramenta.

**Gráfico 3. FMEA.**



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

No Gráfico 3 observa-se outra ferramenta avaliada pelo (público), trata-se do FMEA que para 40,0% das pessoas entrevistadas utilizam muito ou frequentemente, já para 44,0% esta utilização está sendo com certa frequência ou muito pouca e para 16,0% avaliaram que nunca fazem uso desta ferramenta em seus projetos. Para 74,0% dos (especialistas) estes utilizam muito ou frequentemente a ferramenta FMEA, 21,0% indicaram que usam com certa frequência

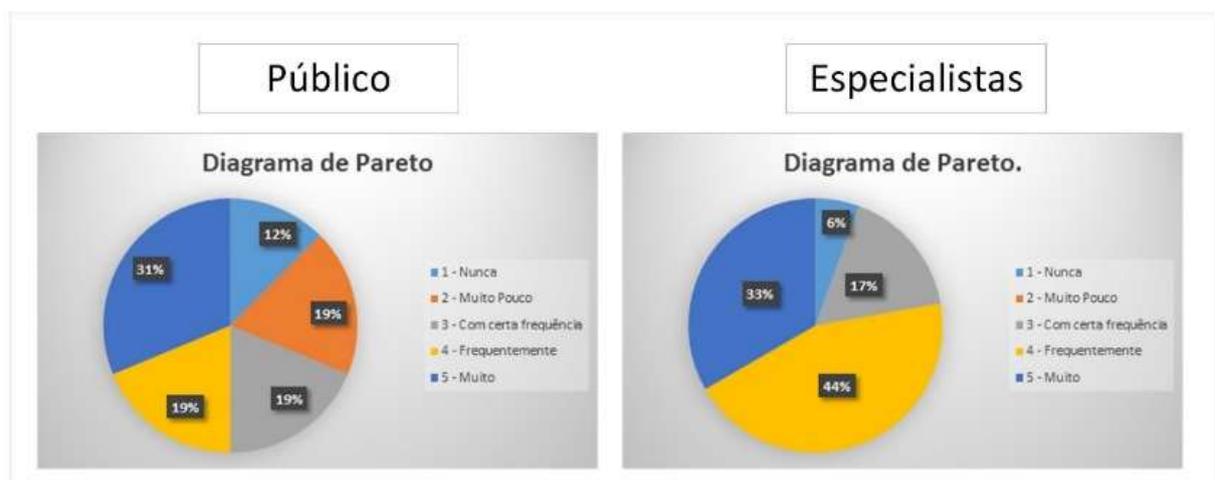
e apenas 5,0% dos entrevistados nunca utilizam estas ferramentas para a análise de problemas nas organizações.

#### 4.4 Diagrama de Pareto

Do ponto de vista de Paladini (2009), a ferramenta diagrama de Pareto, desenvolvido primeiramente pelo economista Italiano Vilfredo Pareto no final do século XIX, foi migrada da área econômica para a Gestão da Qualidade.

A ferramenta permite classificar em ordem decrescente, todos os elementos de um processo conforme a importância de sua contribuição para todo o processo, no qual os elementos podem ser organizados, em categorias, classes ou grupos. “As restrições do uso dessa estratégia estão mais ligadas a uma suposta falta de atenção às atividades menos relevantes, mas que contribuem para o processo ou os produtos” (Paladini, 2009). O Gráfico 4, possibilita verificar se os pesquisados utilizam esses elementos.

**Gráfico 4.** Diagrama de Pareto.



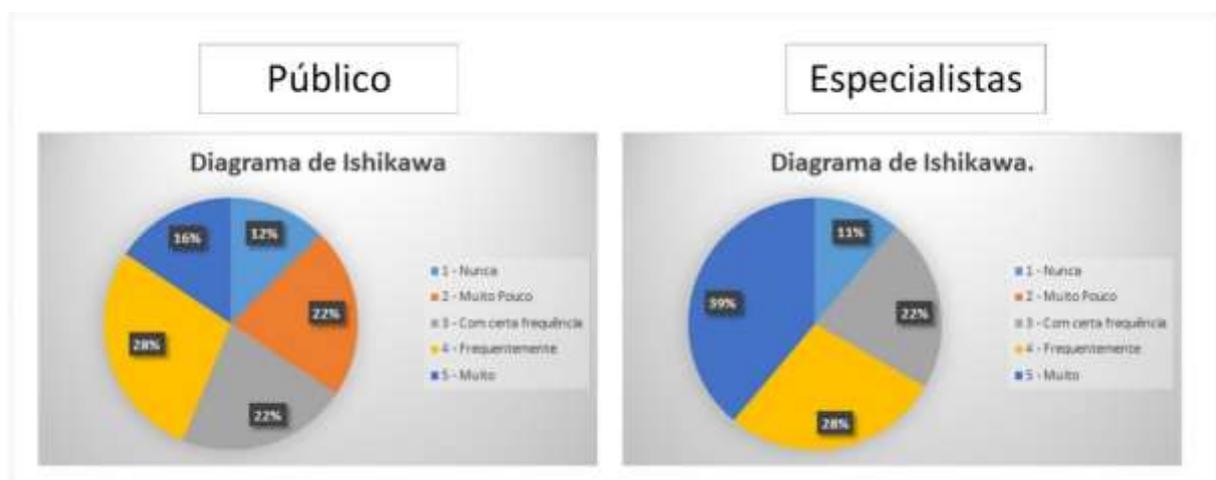
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

No Gráfico 4 nota-se que o Diagrama de Pareto tem a sua utilização como muito ou frequentemente por 50,0% da população entrevistada, 38,0% utilizam com certa frequência ou muito pouco esta ferramenta, já 12,0% desta população nunca utiliza o Diagrama de Pareto em suas organizações. Os dados da pesquisa também apresentam que 77,0% dos (especialistas) fazem uso como muito ou frequentemente desta ferramenta, 17,0% relatam que utilizam com certa frequência e apenas 6,0% nunca utilizam esta ferramenta.

#### 4.5 Diagrama de Ishikawa

Esta ferramenta consiste em uma forma gráfica usada como metodologia de análise para representar fatores de influência (causas) sobre um determinado problema (efeito). Também é comumente chamada Diagrama Espinha de Peixe, devido à sua forma (Miguel, 2006). Basicamente, o resultado do diagrama é fruto de um brainstorming, ou seja, pensamentos e ideias que cada membro de um grupo de discussão expõe sem restrições e democraticamente. A utilização dessa ferramenta pelos entrevistados pode ser observada no Gráfico 5.

**Gráfico 5.** Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

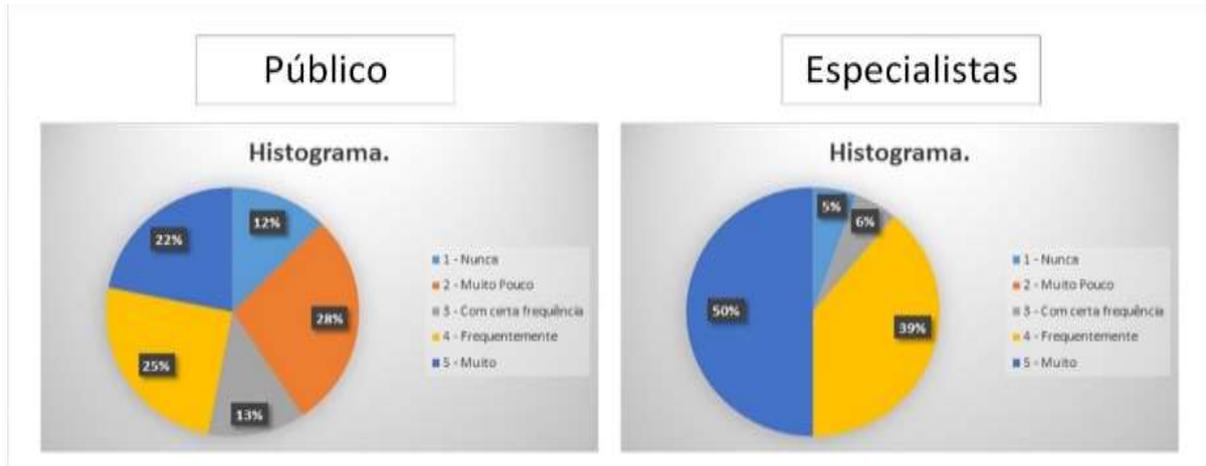
No Gráfico 5 verifica-se o Diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe o qual tem a sua utilização apontada para 44,0% dos entrevistados como sendo muito ou frequentemente aplicados, em contra partida 22,0% declararam que usam com certa frequência e 34,0% nunca utilizam ou utilizam muito pouco este modelo para tomada de decisão. Já para o time de (especialistas) 67,0% registraram que utilizam muito ou frequentemente, 22,0% apontaram que aplicam esta ferramenta com certa frequência e 11,0% nunca aplicam esta metodologia.

#### 4.6 Histograma

O histograma, uma das sete ferramentas da qualidade, era já utilização pelos Gregos na Grécia em Atenas. É um gráfico que mostra a distribuição frequência dos acontecimentos registrados em todo o aspecto. Sua importância é fundamental na estatística descritiva e no efeito do registro visual de como um conjunto de dados quantitativos se distribuirão em

determinada amplitude (Costa Neto & Canuto, 2010). A utilização dessa ferramenta pelos entrevistados pode ser observada no Gráfico 6.

**Gráfico 6.** Histograma.



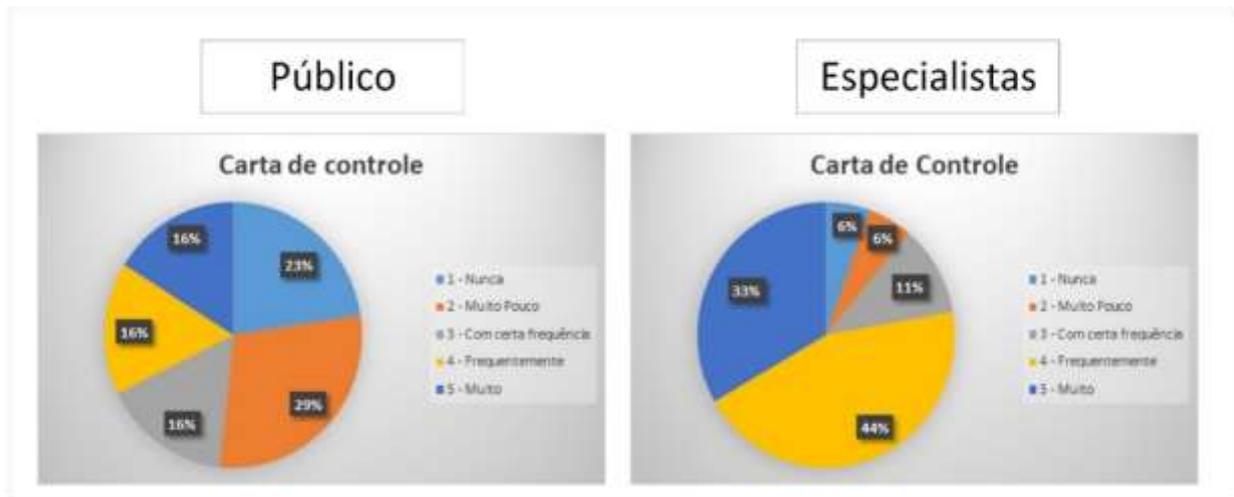
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

No Gráfico 6 observa-se que a ferramenta Histograma é apontada pelo (publico) por 47,0% como de muito ou frequente utilização, 41,0% descrevem que utilizam com certa frequência ou tem sua aplicação como muito pouco, já 12,0% nunca aplicam o Histograma como ferramenta de apoio no seu dia-a-dia. Esta ferramenta é apontada pelos (especialistas), como umas das mais relevantes tendo sua utilização por 89,0% como de muito ou frequente utilização, 6,0% com certa frequência.

#### 4.7 Carta de Controle

É um método desenvolvido por Walter Andrew Shewhart na década de 1920 utilizando o controle estatístico de processos medindo a amplitude das amostras relevantes predominantemente de grande praticidade. O objetivo é detectar os efeitos negativos potenciais sobre os resultados e identificar sua fonte em potencial. Embora os gráficos de controle possam assumir uma variedade de formas, basicamente são uma representação gráfica em que os valores da característica de qualidade sob investigação estão representados sequencialmente (Soriano et al. 2016). O Gráfico 7 demonstra a utilização e controle desse método pelos entrevistados.

**Gráfico 7.** Carta de Controle.



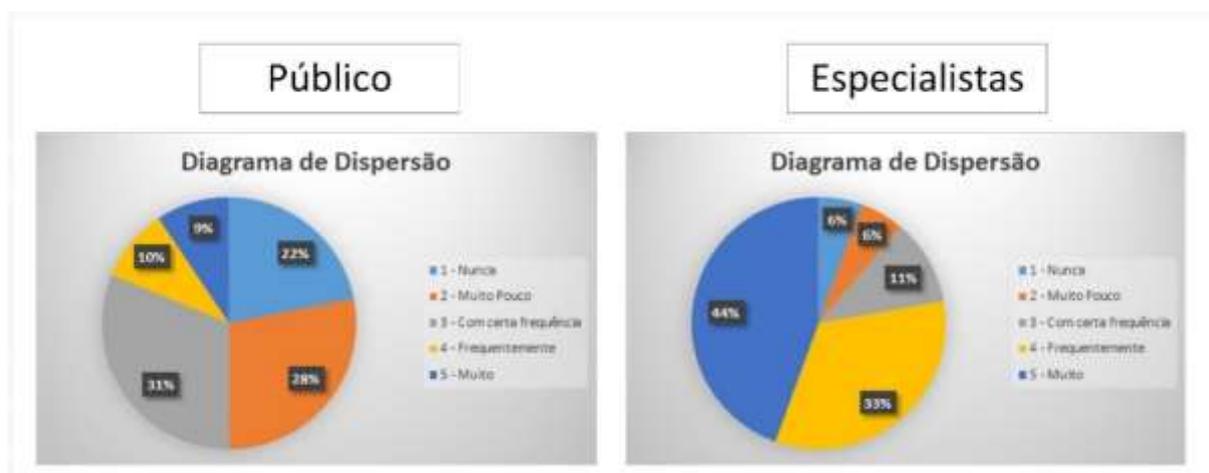
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

No Gráfico 7 nota-se que a Carta de controle é apontada pelo (público) como uma das ferramentas menos utilizadas no cotidiano das organizações pelos entrevistados, onde 52,0% utilizam muito pouco ou nunca utilizam, 16,0% declaram utilizar esta ferramenta com certa frequência e 32,0% utilizam muito ou frequentemente no cotidiano das organizações. Já para os (especialistas) a visão é contrária onde 77,0% aplicam muito ou frequentemente esta ferramenta, 11,0% com certa frequência e 12,0% aplicam muito pouco ou nunca está ferramenta nas empresas.

#### 4.8 Diagrama de Dispersão

Esta ferramenta torna-se adequada à análise do comportamento conjunto de duas variáveis quantitativas consideradas simultaneamente para avaliar a sua correlação, que pode ser negativa, positiva ou mesmo não haver qualquer tipo de relação entre os elementos analisados (Costa Neto & Canuto, 2010). O Gráfico 8, possibilita verificar se os pesquisados utilizam esses elementos.

**Gráfico 8.** Diagrama de Dispersão.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

O Diagrama de dispersão, Gráfico 8, apresentou-se para o (público) como uma ferramenta pouco utilizada onde 22,0% dos entrevistados dizem nunca a utilizam 59,0% tem como sua utilização com certa frequência ou muito pouca e apenas 19,0% aplicam esta ferramenta com muito ou frequente utilização nas organizações.

Os (especialista) apontaram que 77,0% utilizam o diagrama nas organizações, 11,0% aplicam com certa frequência e 12,0% aplicam muito pouco ou nunca está ferramenta nas organizações em que trabalham.

### **Pontos a observar:**

#### **Entrevistados (público)**

- Após a estratificação das respostas verificou-se que a ferramenta mais utilizada por estes respondentes é o Diagrama de Pareto, tendo sido apontado com 50,0% de aplicação nas organizações.
- A ferramenta com menor índice de utilização descrita foi a Carta de Controle, apontada por 23,0% dos respondentes.

#### **Entrevistados (especialistas)**

- As ferramentas com maior índice de atualização por parte dos especialistas são o Seis Sigma e o Histograma, ambos 89,0% de muito ou frequentemente utilizado nas organizações em que os entrevistados trabalham.

- A ferramenta com menor índice de utilização descrita foi o Diagrama de Ishikawa, apontada por 11,0% dos respondentes.

#### 4.9 Análise estatística

No presente artigo busca se identificar se existe diferenças significativas da utilização entre o Público Geral e os Especialistas quanto ao uso das ferramentas pesquisadas na indústria 4.0.

O tratamento de dados qualitativos em tabelas de contingência é usualmente feito pelo teste de independência baseado no  $\chi^2$  (qui-quadrado), o que, no entanto, exige amostras minimamente grandes para satisfazer as condições de realizar o teste com razoável precisão.

A hipótese testada é a de que com duas classificações existentes são estatisticamente independentes, ou seja, as respectivas obtidas não dependem dos fatores considerados no experimento.

Com o tamanho das amostras disponíveis no presente caso não é suficiente para a realização dos testes pelo  $\chi$  optou-se pela utilização do teste exato de Fischer, que independe dessa condição. O teste em questão se aplica a tabela de contingência 2 x 2, conforme ilustrado no Quadro 3 sendo as probabilidades de ocorrência dos resultados calculadas mediante a aplicação da distribuição hipergeométrica. Ilustra-se a seguir como é realizado este teste onde a, b, c, d são as frequências observadas no experimento.

**Quadro 3.** Tabela de contingência 2 x 2

Resposta \ Fator	A	B	Todos
I	a	b	a + b
II	c	d	c + d
Todos	a + c	b + d	n

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Em função dos totais marginais e gerar, a probabilidade referente ao resultado experimental obtido é dada por:

$$P = \frac{\binom{a+b}{a} \binom{c+d}{c}}{\binom{n}{a+c}} = \frac{(a+b)! (c+d)! (a+c)! (b+d)!}{a! b! c! d! n!} \quad [1]$$

Para efeitos de aplicação do teste exato de Fischer no presente caso, adotou-se o seguinte procedimento.

1. Considerar como fatores do experimento as entradas “público geral” e “especialistas” e como respostas os resultados “muito e frequentemente” e “muito pouco e nunca”. Os resultados “com certa frequência” não foram utilizados por serem considerados neutros em relação à intensidade das respostas existentes.
2. Nessas condições, realizar o teste exato de Fischer para cada um dos oitos quesitos pesquisados.

Ilustra-se a seguir a aplicação do teste nas condições expostas, para o quesito PDCA. Neste caso a tabela de contingência verificada é apresentada na Tabela 2, na qual: A = muito ou frequentemente; e, B = muito pouco ou nunca.

**Tabela 2.** Resultados referente ao PDCA.

	A	B	Todos
Público geral	15	8	23
Especialistas	7	1	8
Todos	22	9	31

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

$$P = \frac{23! 8! 22! 9!}{15! 8! 7! 1! 31!} = 0,1945682$$

A aplicação desse procedimento a todos os quesitos observados na presente pesquisa levou aos resultados apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Resultados do teste de Fisher.

<b>Quesito</b>	<b>n</b>	<b>P</b>
PDCA	31	0,1945682
Seis Sigma	36	0,2547664
FMEA	35	0,0086458*
Diagrama de Pareto	34	0,148529
Ishikawa	33	0,1005
Histograma	37	0,0121917*
Carta de Controle	36	0,0517197
Diagrama de Dispersão	33	0,0255283*

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

As probabilidades apresentadas na Tabela 3 não representam exatamente as significâncias oferecidas pelos resultados experimentais para a rejeição da hipótese de independência, pois outros resultados mais extremos deveriam ser considerados, mas dão uma razoável indicação de quais os quesitos da pesquisa que mais se afastam dessa hipótese.

Mesmo assim, é perfeitamente possível se considerar que os casos assinalados com (\*) permitiram rejeitar a hipótese de independência no usual nível de significância de 5%.

A título de ilustração de como chegar ao valor de significância do resultado obtido em cada um dos casos analisados, voltemos àquele do quesito PDCA. Observando-se a Tabela 4, fica claro que, para as totais marginais fixados, só existe um caso mais extremo em relação à hipótese de independência, o qual é mostrado na Tabela 4, na qual: A = muito ou frequentemente; e, B = muito pouco ou nunca.

**Tabela 4.** PDCA, caso extremo.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Todos</b>
<b>Público geral</b>	14	9	23
<b>Especialistas</b>	8	0	8
<b>Todos</b>	22	9	31

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Pela expressão (1) aplicada a estes dados obtendo-se  $P = 0,0405350$ . Logo a significância efetiva do resultado obtido para o quesito PDCA é:

$$P_s = 0,1945682 + 0,0405350 = 0,2351032$$

Aplicando esse procedimento aos três resultados assinalados com (\*) na Tabela 3, tem-se na Tabela 5 os valores, em ordem crescente, das respectivas significâncias.

**Tabela 5.** Valores de significância.

<b>Quesito</b>	<b><math>P_s</math></b>
FMEA	0,0086458
Histograma	0,0121917
Diagrama de dispersão	0,0286613

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Nos dois primeiros casos, os valores são os mesmos da Tabela 2, pois os resultados obtidos, devido à presença da frequência 0, já eram os extremos. No caso do FMEA, houve diferença significativa entre os dois grupos de entrevistados ao nível de 1% de significância, nos outros ao nível de 5%.

#### **4.9.1 – Análise quantitativa**

Inicialmente, no Gráfico 1 (ou Gráficos 1 a 8), sob a forma de diagramas de pizza, as frequências observadas nos questionamentos para cada questão investigada, referente ao total de respostas, ao público geral e aos especialistas.

Na Tabela 6, é estabelecido uma distribuição entre as respostas muito, frequente e com certa frequência (A) e muito pouco e nunca (B).

**Tabela 6.** Ferramentas da Qualidade.

Ferramentas da Qualidade	Público		Especialistas	
	A	B	A	B
PDCA	24	8	9	1
Seis Sigma	17	15	6	4
FMEA	18	14	10	0
Pareto	22	10	9	1
Ishikawa	21	11	9	1
Histograma	19	13	10	0
Diagrama Dispersão	16	16	8	2
Carta de Controle	16	16	8	2

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Nesta análise, com teor esperado, as classificações Público guardam forte concentração, por ser essa sub-amostras consideravelmente maior que a dos Especialistas.

Algumas observações podem ser relevantes:

- O Público indica como mais usadas as ferramentas PDCA, com forte destaque, seguido dos Diagramas de Pareto e Ishikawa e, em sequência Histograma e FMEA.

- Já para os Especialistas, o grande destaque foi para FMEA e Histograma e, em seguida PDCA, Diagrama de Pareto e Ishikawa.

- Seis Sigma, Carta de Controle e Diagrama de Dispersão foram as ferramentas menos indicadas como utilizadas, não havendo praticamente discordância entre Público Geral e Especialistas.

#### **4.10. Discussão**

O quesito FMEA foi aquele que apresentou uma diferença significativa quanto a sua utilização entre o público geral e os especialistas, estes com 0% de indicações negativas. Há duas razões que podem ser invocadas para explicar este resultado: o fato de ser uma ferramenta mais sofisticada e complexa que as demais e por ter importância para prevenir falhas mais graves no âmbito da indústria 4.0.

Entretanto o histograma, de certo a mais simples e generalizada dentre as ferramentas analisadas, vem a seguir em termos de diferença significativa. A configuração de sua tabela de contingência foi muito similar àquela do FMEA, e não parece existir evidência na explicação para esse resultado que não haja uma flutuação algébrica possível devido ao pequeno tamanho das amostras.

O terceiro quesito com diferença considerada mais significativa foi o diagrama de dispersão, caso em que se notou uma relação inversa em seu conhecimento e utilização entre os dois grupos pesquisados, sendo menos considerado entre os respondentes do público geral, enquanto sua importância foi mais evidente para os especialistas ligados à indústria 4.0, pela evidente importância de se analisarem conjuntamente variáveis de interesse.

## 5. Conclusão

O estudo objetivou entender as relações existentes entre as ferramentas da qualidade e a sua aplicação na indústria 4.0, bem como sua utilização nas empresas do ramo metalúrgico. Verificou-se que as organizações aplicam as ferramentas da qualidade em seus processos, em um percentual talvez aceitável para a realidade brasileira, porém abaixo do desejável pelos autores. De fato, a partir dos dados da Tabela 2, é possível estimar que os casos de utilização “muito, frequentemente e com certa frequência” indicaram percentuais médios de 66,1% para o total de entrevistados, 59,8% para o público geral e 86,3% para os especialistas. Como estas são em princípios mais afetadas à problemática da indústria 4.0, pode-se considerar como perto do adequado o resultado dessa utilização.

Entretanto os dados da pesquisa identificam que deve-se ainda aprimorar a utilização do uso das ferramentas da qualidade na indústria 4.0, pois é inegável a sua relevância, cabendo aos gestores e às organizações incentivar o uso destas metodologias de controle e aprimoramento, não somente para a estabilidade de processos, mas também para a redução de possíveis desperdícios, permitindo uma maior redução de custos e um melhor atendimento às expectativas de seus clientes.

É de se destacar o fato de que a pesquisa, cunhada sobre a forma de fundo da indústria 4.0, com razoável clareza permite classificar as ferramentas da qualidade em dois grupos, mesmo havendo certas diferenças de opiniões entre o público geral e os especialistas, a das consideradas mais utilizadas (PDCA, Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa, Histograma e FMEA) e das consideradas menos utilizadas (Seis Sigma, Carta de Controle e Diagrama de Dispersão).

Por sua vez, a análise estatística possível efetuada nas amostras colhidas mostrou serem os quesitos FMEA, histograma e diagrama de dispersão aqueles que mais significativamente diferem nas duas categorias de respondentes considerados.

Uma réplica do experimento com amostras maiores, sendo as comparações realizadas mediante o teste pelo  $\chi^2$ , poderia esclarecer melhor certos pontos não esclarecidos no trabalho.

Os autores sugerem a comparação entre outros setores econômicos como por exemplo o de serviços, uma vez que esta pesquisa foi realizada com profissionais da indústria automobilística.

Outro ponto a ser analisado pode ser a realização do comparativo de outras ferramentas da qualidade, permitindo assim uma maior abrangência do estudo.

## Referências

Andrade, F. F. D. (2003) *O método de melhorias PDCA*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - São Paulo: Escola Politécnica – EP.

Campos, V. F. (2001) *Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia*. 1. ed. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial.

Carlson, C. S. (2012) *Lessons Learned for Effective FMEAs*. John Wiley & Sons.

Costa Neto, P. L. D. O., & Canuto, S. A. (2010). *Administração com qualidade: conhecimentos necessários para a gestão moderna*. São Paulo: Blucher.

Cunha, M. P., et al. (2007) *Manual de comportamento organizacional e gestão*. Lisboa: Editora RH.

Firjan. (2016) *Cadernos Senai de inovação*. Indústria 4.0. Disponível em: [www.firjan.com.br](http://www.firjan.com.br).

Foidl, H., & Felderer, M. (2018). Integrating software quality models into risk-based testing. *Software Quality Journal*, 26(2), 809-847.

Garvin, D. A. (1984) What Does ‘Product Quality’ Really Mean. *MIT Sloan Management Review*, 26(1), 1-13.

Garvin, D. A. (1992) *Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva*, Rio de Janeiro: Qualitymark.

Gaziero, C., & Ceconello, I. (2019). Simulação Computacional do Fluxo de Valor: uma proposta de Integração da Indústria 4.0 e Lean Production. *Scientia cum Industria*, 7(2), 52-67.

Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). *Design principles for Industrie 4.0 scenarios: A literature review*. Technische Universitat Dortmund. *Working paper*.

Jasiulewicz-Kaczmarek, M., Saniuk, A. & Nowicki, T. (2017) *The Maintenance Management in the Macro-Ergonomics Context*. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 487(1), 35-46.

Lalanda, P., Morand, D. & Chollet, S. (2017) Autonomic Mediation Middleware for Smart Manufacturing. *IEEE Internet Computing*, 21(1), 32-39.

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & information systems engineering*, 6(4), 239-242.

Magaldi, S. & Neto, J. S. (2018) *Gestão do Amanhã: Tudo o que você precisa saber sobre gestão, inovação e liderança para vencer na 4a Revolução Industrial*. São Paulo: Editora Gente.

Mani, G. M. & Padua, F. S. M. (2008) Lean Seis Sigma. Interface Tecnológica. *Revista Interface Tecnológica*, 5(1), 115-126.

Marshall Junior, I., Rocha, A. V., Mota, E. B., & Quintella, O. M. (2012). *Gestão da qualidade e processos*. Rio de Janeiro: FGV.

Martins, G. A., & Theóphilo, C. R. (2009) *Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas*. (2a ed.), São Paulo: Atlas.

Mazzaferro, J. A. E. (2018) Indústria 4.0 e a Qualidade da Informação. *Soldagem & Inspeção*. 23(1), 1-2.

Miguel, P.A.C. (2006) *Qualidade: enfoques e ferramentas*. São Paulo: Artliber.

Paladini, E. (2009) *Gestão da qualidade: teoria e prática*. (2a ed.), São Paulo: Atlas.

Rodrigues, L. F., de Jesus, R. A., & Schützer, K. (2016). Industrie 4.0: Uma revisão da literatura. *Revista de Ciência & Tecnologia*, 19(38), 33-45.

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Indústria 4.0: O futuro da produtividade e crescimento nas indústrias de manufatura. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.

Sacomano, J. B., Bonilla, S. H. Gonçalves, R. F., et al. (2018). *Indústria 4.0: conceitos e fundamentos*. São Paulo: Blucher.

Schwab, K. (2016) *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro.

Soriano, F. R., Oprime, P. C., & Lizarelli, F. L. (2017) Impact analysis of critical success factors on the benefits from statistical process control implementation. *Revista Produção*. 27(2), 1-13.

Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E., & Pelaez, G. (2017) What does Industry 4.0 mean to Supply Chain. *Procedia Manufacturing*, 13(2), 1175-1182.

Werkema, C. *Criando a Cultura Seis Sigma*. (2012) Rio de Janeiro: Elsevier.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Marcos de Oliveira Morais – 25%

Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto – 25%

Ataíde Pereira Cardoso Jr (*in memória*) – 20%

Osmildo Sobral dos Santos – 20%

José Benedito Sacomano – 20%