



ConBRepro

XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



EVENTO
ON-LINE

01 a 03
de dezembro 2021

A Evolução da Indústria e a Qualidade 4.0

Fabricio Pacheco Lima

Engenharia de Produção - UFPR

Robson Seleme

Engenharia de Produção - UFPR

Resumo: A indústria está enfrentando a sua quarta revolução industrial, que se refere a integração de sistemas e a conectividade para a análise e coleta de dados dentro das organizações. Advindo disso a qualidade evoluiu em ferramentas e técnicas de aplicação se tornando mais integrada e conectada aos sistemas organizacionais, chegando ao que é chamado hoje de qualidade 4.0. Esse artigo busca apresentar como evoluiu a qualidade nesse período, junto com a indústria, dando ênfase as definições baseadas na literatura ao que se refere a qualidade 4.0.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Evolução da Qualidade, Qualidade 4.0.

The Evolution of Industry and Quality 4.0

Abstract: The industry is facing its fourth industrial revolution, which refers to systems integration and connectivity for the analysis and collection of data within organizations. As a result, quality evolved in application tools and techniques, becoming more integrated and connected to organizational systems, reaching what is called today quality 4.0. This article seeks to present how quality evolved during this period, together with the industry, emphasizing definitions based on the literature regarding quality 4.0.

Keywords: Industry 4.0, Quality Evolution, Quality 4.0.

1. Introdução

Durante a primeira revolução industrial (final dos anos 1700 e início dos anos 1800), as inovações em energia a vapor e água possibilitaram que as instalações de produção aumentassem e expandissem os locais de produção em potencial. Antes disso, as instalações de manufatura tinham que ser construídas ao longo dos rios para que as rodas pudessem ser usadas para gerar energia (ASQ, 2018).

No final dos anos 1800, a descoberta da eletricidade e o desenvolvimento da infraestrutura permitiram que os engenheiros construíssem máquinas para produção em massa. A produção de minério de ferro aumentou, permitindo que as próprias máquinas fossem produzidas em massa. Nos Estados Unidos, a expansão das ferrovias facilitou a obtenção de suprimentos e a entrega de produtos acabados (KAGERMANN, 2011).

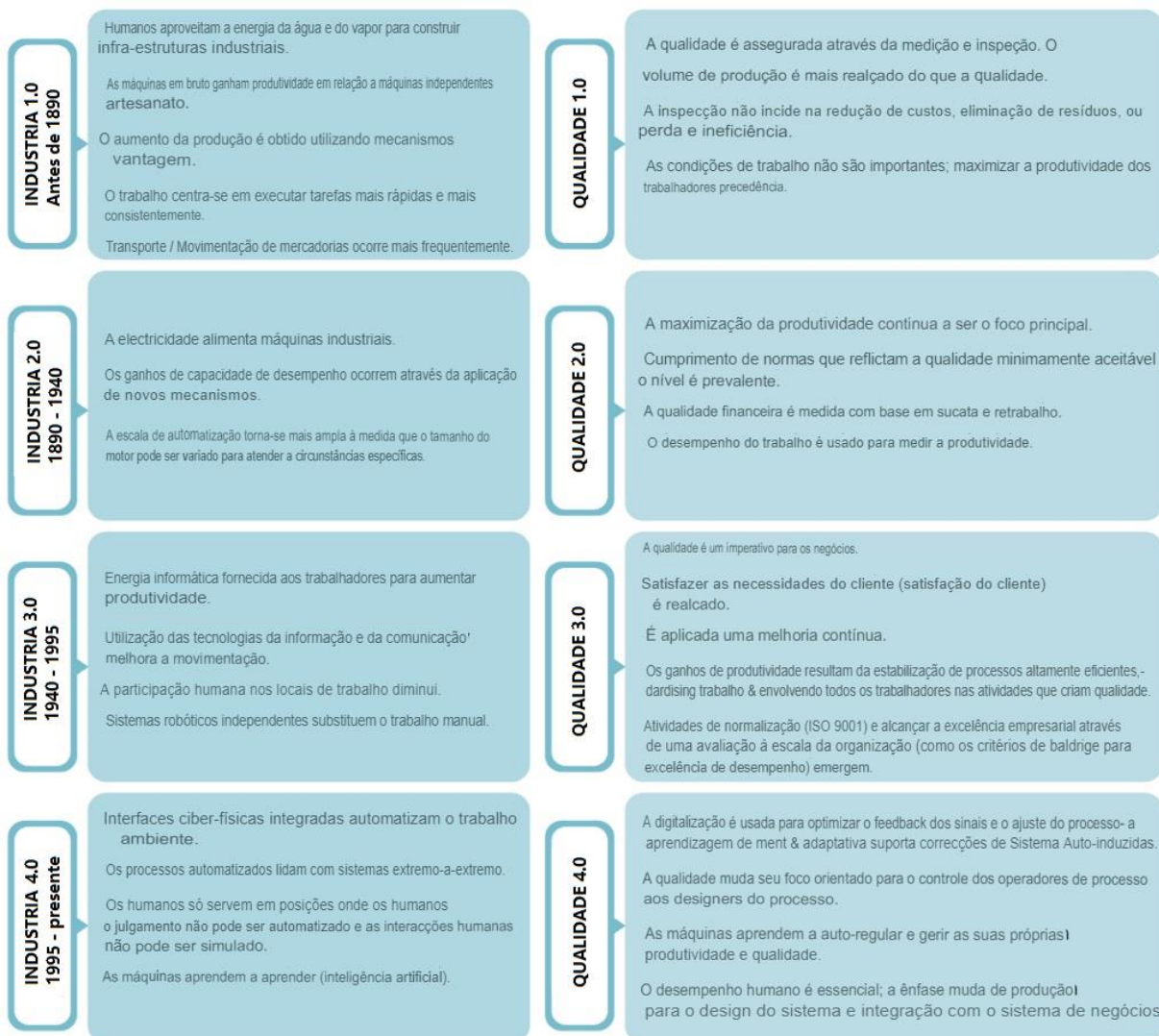
A ampla disponibilidade de energia confiável gerou um renascimento na computação. Perto do final da Segunda Guerra Mundial, a computação digital começou a emergir de suas

raízes analógicas, primeiro com mainframes, depois computação cliente-servidor e PCs, seguido pelo advento da Internet e primeiros sites de comércio eletrônico. A terceira revolução industrial veio no final da década de 1960 com a invenção do controlador lógico programável. Isso possibilitou automatizar processos, como encher e recarregar tanques, ligar e desligar motores e controlar sequências de eventos com base no estado do processo e nas mudanças das condições ambientais (KAGERMANN, 2011).

Dispositivos móveis e computação em nuvem levaram a uma convergência de serviços, à medida que vários pontos de contato com o cliente (telefone, fax, web e tablets) gradualmente se mesclaram na visão única do cliente que a maioria das organizações agora tem. Há apenas 20 anos, as organizações mal conseguiam vincular suas ligações ao atendimento ao cliente, e-mails e consultas em formulários da web. Agora, é um dado adquirido (ASQ, 2018).

Qualidade 4.0 é um conceito relacionado à Indústria 4.0. Refere-se à digitalização da qualidade e como as ferramentas digitais podem impactar tecnologia, processos e pessoas (LSN Research, 2017). As mudanças que vêm com a digitalização devem ser consideradas como questões organizacionais onde o trabalho de qualidade estará relacionado a encontrar novas fontes de dados que podem ser analisadas para fornecer insights para pessoas, fornecedores e clientes para fazerem melhor seu trabalho. Com isso é possível se relacionar a evolução da indústria com a qualidade, conforme figura 1.

Figura 1 – Avanços Industriais e a Evolução da Qualidade 4.0



Fonte: RADZIWILL (2018)

2. Metodologia

O método utilizado foi o dedutivo, que segundo Gil (1999), tem os princípios reconhecidos como verdadeiros e indiscutíveis, possibilitando chegar a conclusões de maneira puramente formal, em virtude de sua lógica.

A pesquisa é qualificada como quantitativa, que de acordo com Goldemberg (1997), não enfatiza a representação numérica, mas com a maior compreensão de um grupo social ou de um assunto, etc. A abordagem qualitativa vai contra o desígnio que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências, pois as ciências sociais tem sua especificidade, o que implica numa metodologia própria. Dessa forma, a pesquisa qualitativa rejeita o modelo positivista utilizado no estudo da vida social, sendo que o pesquisador deve se abster de fazer julgamentos e de consentir que suas crenças corrompam a pesquisa.

A metodologia adotada para esse artigo foi o de revisão bibliográfica, que segundo Lakatos (2007), busca recursos em toda a bibliografia já publicada que diz respeito ao tema estudado, abrangendo livros, revistas, jornais, monografias, etc. Tem como finalidade manter o contato entre o pesquisador e o material já escrito ou dito sobre o assunto.

3. Qualidade 4.0

Os conceitos que compõem o termo Qualidade 4.0 (Q4.0) foram previstos por Watson (1998) há mais de 20 anos, devido à crescente disponibilidade de tecnologia de telecomunicações, Internet, computação pessoal, redes e máquinas de pensamento que fariam funções de qualidade e análise de alguma forma automatizada. 20 anos depois, a qualidade passou a ter um papel maior do que seu significado tradicional, em um contexto em constante mudança em que os profissionais da qualidade devem se adaptar ao ambiente de alta tecnologia e inovação (Elshennawy, 2004). Profissionais de qualidade devem então mudar o foco para antecipar mudanças e integrar novos conceitos em modelos de negócios.

Qualidade 4.0 é parte integrante da Indústria 4.0 e pode ser definida como a digitalização do TQM (Total Quality Management) e seu impacto na tecnologia de qualidade, processos e pessoas (LSN Research, 2017). Também pode ser definida como a aplicação da quarta revolução industrial tecnológica, como digitalização e inteligência artificial, voltadas à qualidade (Bowers e Pickerel, 2019). Devido às mudanças de uma perspectiva centrada no cliente para a co-criação com clientes e outras partes interessadas, Lee (2015) argumenta que o TQM se torna uma parte importante da inovação organizacional, onde inovações disruptivas e radicais abrem o caminho para grandes mudanças no conceito de qualidade. No contexto do I4.0 (Indústria 4.0), a qualidade deve ser considerada como a descoberta de fontes de dados, causas raízes e insights sobre produtos e organizações, aumentando e melhorando a inteligência humana (Radziwill, 2018).

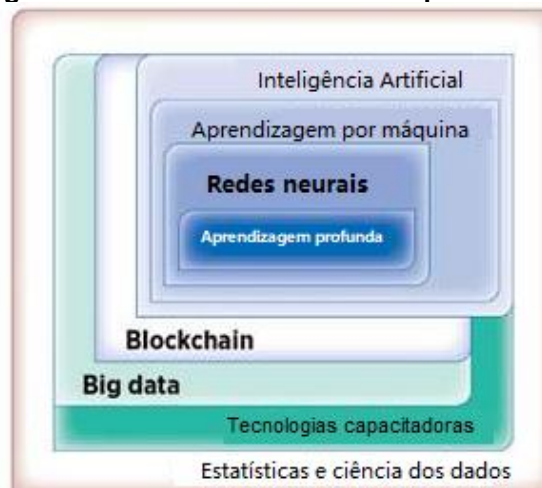
As mudanças que vêm com a digitalização, automação, big data e ciber segurança não são importantes apenas do ponto de vista da TI (Tecnologia da Informação), mas devem ser consideradas como questões organizacionais. Os profissionais da qualidade devem, então, ter as habilidades para determinar como e por que os dados devem ser usados, uma vez que é o processo que deve ditar o uso da informação e não o contrário (ASQ, 2018). Radziwill (2018) argumenta que a quarta revolução industrial forneceu sete ferramentas e tecnologias que podem ser usadas para melhorar a qualidade:

- Ciência de dados e estatísticas: agrega valor por meio de previsões, encontrando padrões e gerando modelos e soluções viáveis. Identifica relacionamentos causais e não causais por meio de agregação de dados, classificação de dados, pipelines em tempo real e modelagem dinâmica que gera conhecimento relacionado à solução de problemas.

- Tecnologias capacitadoras: Sempre relacionadas aos mais recentes desenvolvimentos em conectividade como sensores, dispositivos móveis, redes, Internet das Coisas (IoT), Internet das Coisas Industrial (IIoT), sistemas integrados, Realidade Virtual e computação em nuvem. Também estão relacionadas a como gerenciar a documentação.
- Big data: Relacionada à infraestrutura de gerenciamento e análise de grandes conjuntos de dados que chegam muito rápido, em diferentes formatos, com grande variação na qualidade dos dados, de diferentes stakeholders, podem ser facilmente modificados e quando podem haver restrições para seu uso.
- Blockchain: Monitoramento permanente para permitir que as transações ocorram apenas se os objetivos de qualidade forem atendidos. Contribui para garantir a qualidade dos dados, confiança e para desenvolver uma cultura de qualidade.
- Inteligência Artificial (IA): Para tomar decisões complexas como visão computacional, chatbots e robótica.
- Aprendizado de Máquina (ML): Auxilia na utilização de heurísticas para tomada de decisão e também para previsão, filtragem de informações e sistemas de recomendação. Ajuda uma empresa a fazer melhor o trabalho, encontrando alavancas nos processos que podem garantir consistência e alinhamento em toda a organização. A descoberta de relacionamentos ajuda a construir uma cultura de segurança e qualidade.
- Redes Neurais e Aprendizado Profundo: Usado para previsão e reconhecimento de padrões complexos. Ele incorpora camadas com funções especiais.

Também é importante considerar como essas ferramentas se relacionam entre si, dependendo do valor esperado a ser gerado se inteligência e automação forem introduzidas em um processo, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – As sete ferramentas da qualidade 4.0



Fonte: RADZIWILL (2018)

Lyle (2017) considera que a coleta de dados de qualidade totalmente automatizada ou semiautomática dá às organizações a capacidade de aumentar a eficiência da supervisão da qualidade. A análise automatizada em tempo real pode fornecer uma reação rápida quando tendências, valores fora das especificações e variações são identificados e manipulados adequadamente com ferramentas de controle estatístico do processo. Isso também pode representar economia de tempo e custos de papel. Além disso, a visibilidade obtida pela centralização dos dados abre a possibilidade de todos os stakeholders estarem cientes das atividades do início ao fim e podem contribuir para a melhoria de toda a cadeia de abastecimento, aumentando a produção e diminuindo custos. Neste contexto, Radziwill (2018) dá uma definição simplificada de Q4.0 relacionada às informações como a

conectividade (conexão aos dados), inteligência (entender e responder aos dados) e automação (trazer os dados quando necessário e com menos esforço) para melhorar o desempenho, apoiado nas proposições de valor apresentadas na Quadro 1.

Quadro 1 – Propostas de valor para qualidade 4.0

VALORES PARA A QUALIDADE 4.0
Aumentar ou melhorar a inteligência humana
Aumentar a velocidade e melhorar a qualidade da tomada de decisões
Antecipar mudanças, revelar preconceitos e se adaptar a novas circunstâncias
Aprender como aprender. Cultivar a autoconsciência e a consciência do outro
Revelar oportunidades de melhoria contínua
Melhorar a transparência, rastreabilidade e auditabilidade

Fonte: RADZIWILL (2018)

Radziwill et al. (2008) argumenta que as proposições de valor devem ser coerentes com o aumento da qualidade e satisfação ao mesmo tempo em que diminuem os custos para que isso aconteça. Os objetivos de um sistema TQM no contexto da digitalização permanecem os mesmos e fornecem uma base sólida para construir o Q4.0. No entanto, Fundin et al. (2018) argumenta que ainda são necessárias pesquisas sobre como o TQM pode aprimorar o aprendizado e a inovação organizacional. Projeto de sistemas, ajuste de processo, aprendizagem adaptativa, integração de sistemas e desempenho humano contribuem para o surgimento de cientistas de dados que gerenciam big data para análise preditiva (Watson, 2019) que são valiosos para profissionais de qualidade. No entanto, como no caso de I4.0, a transição para Q4.0 ainda é um grande desafio para muitas empresas devido à falta de conhecimento sobre seu contexto, impacto e como adaptar seu Sistema de Gestão da Qualidade (Jacob, 2019).

I4.0 traz muitas oportunidades e desafios para as organizações e o papel do profissional da qualidade é buscar a diversidade digital com foco na antecipação de mudanças, na integração da tecnologia na esfera humana, na integração de novos conceitos em modelos de negócios e na criação de experiências de clientes que ajudem pessoas em busca de uma vida de sucesso e de qualidade de vida (Watson et al., 2018). Radziwill (2018) argumenta que os profissionais de qualidade já possuem as habilidades necessárias para liderar a transformação digital nas organizações, como pensamento sistêmico, tomada de decisão baseada em dados, liderança para aprendizagem organizacional, processos de melhoria contínua e capacidade de entender as consequências das decisões tomadas em relação à sociedade, ao meio ambiente e à ética. Pode-se argumentar então que é qualidade, não TI, a área mais competente para se responsabilizar pela digitalização dentro

de uma empresa. Lim (2019) argumenta que com Q4.0 os profissionais de qualidade serão mais capazes de responder a perguntas sobre robustez do produto, excelência do processo, satisfação do cliente, riscos no desenvolvimento de novos produtos, rastreabilidade e transparência.

Além disso, Radziwill (2018) destaca três pré-condições para mudar para a Qualidade 4.0:

- Alinhamento entre estratégia e objetivos.
- Governança e gerenciamento de dados.
- Segurança cibernética como um imperativo estratégico.

Para atingir esse estado, os sistemas de gerenciamento devem primeiro fortalecer o gerenciamento de dados e a escalabilidade como bases do próprio sistema e, em seguida, integrar processos e sistemas para melhorar o alinhamento e a agilidade. Albers et. al. (2016) começou a trabalhar em um sistema de controle de qualidade inteligente, analisando o estado atual do sistema, definindo suas metas e requisitos e as partes interessadas do projeto.

O estudo concluiu que uma compreensão abrangente das situações técnicas e organizacionais é necessária de antemão para definir limites, identificar restrições e interfaces entre parceiros que agregam valor para desenvolver um sistema de controle de qualidade adequado. Sörqvist (2019) argumenta que o objetivo do Q4.0 é integrar o desenvolvimento de negócios orientado para o cliente com o desenvolvimento de negócios orientado para a tecnologia. Para atingir este objetivo, a integração de diferentes modelos, programas e ferramentas como Six Sigma e Lean deve ser alcançada. O autor também sugere que esta integração de diferentes conceitos é mais comum nos EUA e que o investimento em treinamento de habilidades sociais como resolução de problemas, liderança de equipes de melhoria, desenvolvimento de uma cultura de qualidade, análise de dados e o uso de métodos estatísticos é o primeiro passo para a digitalização da qualidade. Quatro modelos existentes relacionados à qualidade no contexto de I4.0 foram identificados na literatura. O primeiro modelo é de um contexto de manufatura, onde Padhi e Illa (2019) propõem quatro aspectos do TQM que fazem a diferença entre uma fábrica tradicional e uma fábrica inteligente, mostrado na Quadro 2.

Quadro 2 – Organização inteligente vs. Tradicional

Aspecto da Gestão da Qualidade Total

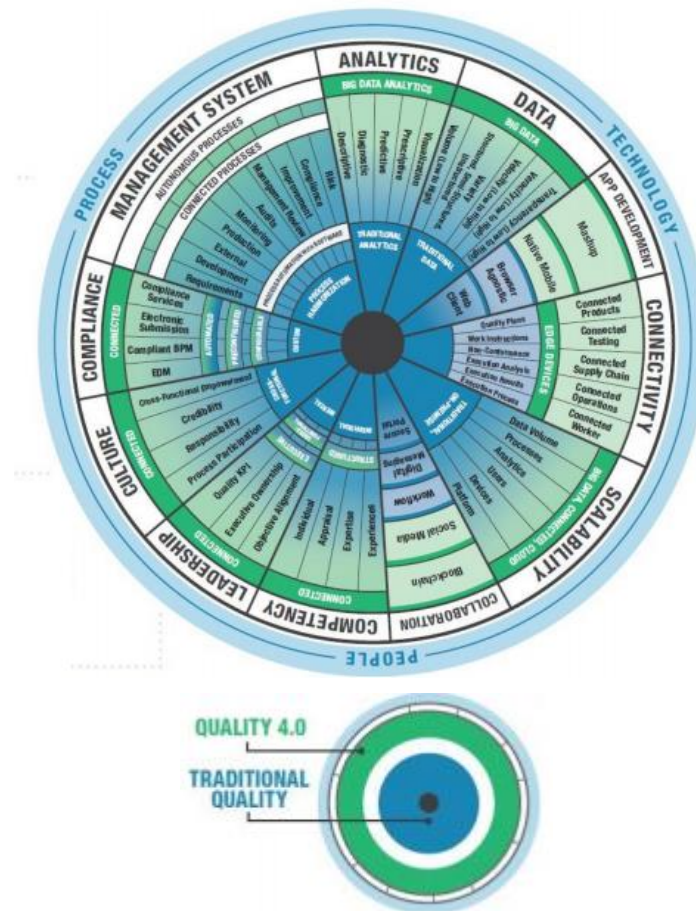
TIPOS DE ORGANIZAÇÃO	Perfeitamente integrado arquitetura do sistema	Dados automatizados em processamento	Nível aumentado de autonomia	Análise preditiva
INTELIGENTE	Este é o padrão	Automatizado em grande medida, dependendo das necessidades do usuário	Relacionados à qualidade processos autônomo para um grande extensão	Prevenir defeitos, Valores fora especificações ou sem controle e tomar corretivo medidas
TRADICIONAL	Os dados relacionados à qualidade podem estar em sistemas separados, não totalmente integrados entre si. O fluxo de informações pode ser difícil	A coleta de dados e a entrada de dados podem ser manuais	Operador intervenção pode ser requerido para realizar um plano de ação	Análise e ações são reativas e baseado em planos de ação

Fonte: PADHI E ILLA (2019)

Este modelo oferece uma abordagem de qualidade na manufatura inteligente e tenta ilustrar a análise preditiva que pode ocorrer para detectar tendências em um processo. No entanto, ele se limita apenas à fabricação e apenas menciona aspectos básicos relacionados às diferenças entre fábricas inteligentes e fábricas tradicionais. Além disso, os aspectos de TQM propostos não cobrem os elementos tradicionais de trabalho de qualidade que fornecem a base para Q4.0.

Um segundo modelo para compreender o estado atual de uma empresa e identificar como passar para o estado futuro de Q4.0 foi desenvolvido pela LNS Research (LNS Research, 2017). Baseia-se nos métodos tradicionais de qualidade e considera o impacto da digitalização na tecnologia, nos processos e nas pessoas da qualidade, conforme mostrado na Figura 3. Essa estrutura pode ser usada para avaliar onde uma empresa está em cada eixo e saber como priorizar os investimentos. Depois de avaliar o nível em todos os eixos, uma empresa identifica as diferentes tecnologias que podem ajudar a melhorar o desempenho e desenvolver objetivos de qualidade alinhados a uma estratégia de digitalização. Algumas empresas que estão interessadas em mudar para o Q4.0 podem se encontrar em um nível baixo nesta estrutura, mas esta situação pode ser resolvida por investir em um sistema TQM como um primeiro passo. Esta estrutura propõe uma maneira de avaliar o estado atual de uma organização, mas não fornece orientação sobre como fazer a transição para o Q4.0. Além disso, considera que uma estratégia de digitalização ou I4.0 já está em vigor na organização.

Figura 3 – Eixos da qualidade 4.0



Fonte: LNS RESEARCH (2017)

Sader, Husti e Daróczy (2019) desenvolveram um terceiro modelo considerando I4.0 como um facilitador para a implementação de práticas de TQM, usando os sete princípios de Gestão da Qualidade da norma ISO 9001: 2015 (ISO, 2015) e adicionando garantia de

qualidade e controle de qualidade. Além disso, eles analisaram esses princípios no contexto dos recursos e ferramentas I4.0, conforme ilustrado na quadro 3. No entanto, é importante destacar que apenas os recursos I4.0 não são suficientes para o TQM, uma vez que existem conhecimentos, habilidades e barreiras organizacionais para a aplicação de novas tecnologias. Este modelo não considera a segurança cibernética e a proteção de dados, que também são uma dificuldade para a implementação de muitos recursos, e nem a falta de uma gestão de mudança adequada que considere o estado presente e futuro de todas as partes interessadas.

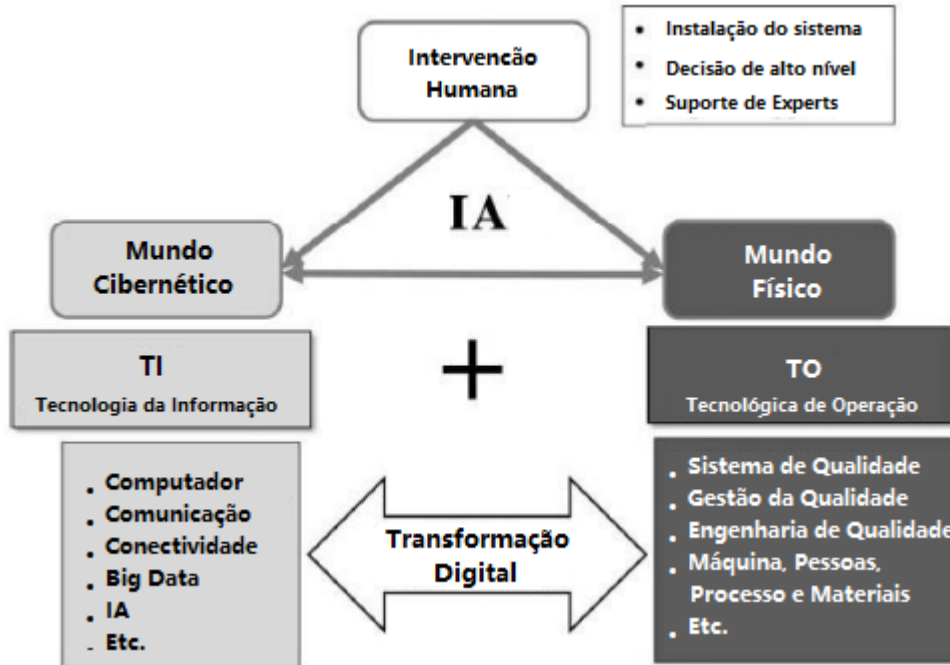
Quadro 3 – Práticas da gestão da qualidade total e indústria 4.0

Princípio TQM	Oportunidades I4.0
Foco no cliente	Maior capacidade de resposta, personalização, previsão inteligente
Liderança	Alocação inteligente de recursos, coordenação aprimorada, avaliação eficaz
Engajamento de pessoas	Comunicação e colaboração aprimoradas, facilitando a inovação e o compartilhamento de ideias
Processo de abordagem	Transparência, autoaprendizagem e previsão antecipada de erros, menos tempo de inatividade com previsão de manutenção antecipada
Melhoria	Interação dinâmica com as necessidades do mercado, reconfiguração instantânea dos processos de fabricação, motivando para mudança de ambiente
Tomada de decisão baseada em evidências	Ricas informações e análises, previsão de falha antecipada, tomada de decisão antecipada
Gestão de relacionamento	Identificação e comunicação antecipada, segmentação das partes interessadas, colaboração mais forte com parceiros
Garantia da Qualidade	Garantia de qualidade de pré-produção, detecção e previsão antecipada de falhas
Controle de qualidade	Sistema de controle de qualidade inteligente, inspeção de qualidade em tempo real

Fonte: SADER, HUSTI E DARÓCZI (2019)

O quarto modelo relacionado ao Q4.0 é proposto por Lim (2019), que argumenta que Q4.0 é uma combinação de TI e Tecnologia de Operações (OT), juntamente com a intervenção humana no centro do modelo como uma parte importante da transformação digital, conforme mostrado na Figura 4. Essa integração contribui para o gerenciamento de qualidade em tempo real e maior uso de big data para análise que pode representar avanços em direção à qualidade preditiva. No entanto, mesmo que este modelo proponha como integrar diferentes aspectos relacionados ao I4.0 sob uma perspectiva Q4.0, ele ainda é genérico e carece de uma definição de seus componentes e em que ordem proceder.

Figura 4 –Qualidade 4.0



Fonte: LIM (2019)

Ainda que os modelos apresentados tentem explicar a qualidade 4.0 o tema ainda apresenta uma falta de definição. Os autores Radziwill (2018) e Jacob (2017) identificaram alguns equívocos da Q4.0, como:

- Q4.0 é o mesmo que IoT e tem tudo a ver com tecnologia
- Q4.0 trata apenas de criatividade, trabalho em equipe e inovação
- Q4.0 é a implementação de um Enterprise Quality Management Software (EQMS)
- Q4.0 é a fábrica inteligente
- Q4.0 é diferente da qualidade tradicional
- Q4.0 é de responsabilidade apenas de TI

Falta ainda de forma clara um roteiro para que as organizações possam usar como base para fazer a transição para a Q4.0. Com isso Radziwill (2018), propõem a qualidade 4.0 como a próxima fase nesta evolução, conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Evolução da qualidade para qualidade 4.0

Estágios	Controle de qualidade (CQ)	Garantia de Qualidade (GQ)	Gestão da Qualidade Total (GQT)	QUALIDADE 4.0 (Q4.0)
Alcance	produtos	CQ, processos	GQ, organização, pessoas	GQT, sistemas, partes interessadas
Significado de qualidade	Inspeção	Projeto	Fortalecimento	Inovação

Características	Produtos especificações, estatístico controle do processo e variação. Correção	Processo integrado qualidade. Processar desempenho e Métricas. Prevenção	Objetivos organizacionais vinculado a métricas. Qualidade como um imperativo estratégico. Melhoria Continua.	Fornecedores, clientes e a sociedade são integrado. Focar em dados e como as ferramentas digitais fornecem novos e percepções oportunas
-----------------	--	---	--	---

Fonte: Radziwill (2018)

Q4.0 é baseado no TQM, mas vai além e inclui todas as partes interessadas e também os sistemas necessários para o fluxo de dados. A qualidade no contexto do I4.0 está mais relacionada à criação de valor, aprendizagem organizacional, inovação organizacional, sustentabilidade e descoberta de dados que trazem novos insights (Lee, 2015; Radziwill, 2018; Fundin et al., 2018). A integração de fornecedores, clientes e sociedade como cocriadores de produtos e serviços oferece novas oportunidades para as organizações obterem dados que fornecem insights valiosos de forma mais eficaz.

4. Conclusão

Com esse artigo foi possível identificar uma falta de definição clara sobre a qualidade 4.0, muito por conta de ser um assunto novo acaba por deixar o conceito bastante aberto a cabendo a ele então diversas interpretações.

Além disso verificou-se com a revisão bibliográfica que ainda existe uma falta de etapas claras ou um roteiro em que as organizações possam se basear para implementar ou fazer uma transição para a Q4.0. Os modelos já existentes consideram que uma estratégia para a Indústria 4.0 já está instaurada na instituição, abordando de uma perspectiva da manufatura e não de uma organizacional.

A consciência da qualidade 4.0 e seu impacto são baixos e mais pesquisas devem ser feitas a fim de compreender completamente as consequências de longo prazo. Os projetos da Indústria 4.0 devem estar alinhados com a estratégia e os objetivos da organização. Investimentos no desenvolvimento de competências dos funcionários em toda a organização devem ser feitos a fim de aprender como enfrentar as implicações da indústria 4.0.

Com relação aos conceitos abordados da qualidade 4.0 o que mais fica evidente é o de a Q4.0 ser uma próxima etapa da evolução com uma maior integração entre e fornecedores, clientes e a organização como um todo.

Referências

Lee, S.M. (2015). **The Age of quality innovation**. International Journal of Quality Innovation. 2015, 1:1, p 1-5.

Radziwill, N. (2018). **Designing a Quality 4.0 Strategy and Selecting High-Impact Initiatives**. In: ASQ Quality 4.0 Summit, Disruption, Innovation and Change. Dallas: ASQ.

ASQ (2018). **Industry and quality 4.0: bringing them together.** *Quality Magazine*, [online] Oct. 2018. Available at: <https://www.qualitymag.com/articles/95011-industry-and-quality-40-bringing-them-together> Acesso em: 2 jun. 2021.

Lim, J.S. (2019). **Quality Management in Engineering.** A Scientific and Systematic Approach. London: CRC Press.

Söderqvist, L. (2019). **Quality 4.0 hetast internationellt.** [online] *KvalitetsMagasinet*. Available at: <https://kvalitetsmagasinet.se/quality-4-0-hetast-i-kvalitetsbranschen/> Acesso em: 6 jun. 2021.

Padhi, N. and Illa, P.K. (2019). Bigger, Better, Smarter - **How to maintain quality in an increasingly automated environment.** *Quality Progress*, Mar 2019, p. 24-29

Kagermann, H., Lukas, W.-D., & Wahlster, W. (2011, 1 April). **Industrie 4.0. Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4.** *Industriellen Revolution. VDI nachrichten*, 13, 2.

LSN Research (2017). **Quality 4.0 Impact and Strategy Handbook eBook.** [online] *blog.Insresearch.com*. Available at: <https://blog.insresearch.com/quality40ebook>. Acesso em: 12 jun. 2021.

Bowers, K. and Pickerel, T.V. (2019). **Vox Populi 4.0: big data tools zoom in on the voice of the customer.** *Quality Progress*, Mar 2019, p. 32-39.

Watson, G.H. (1998). **Digital Hammers and Electronic Nails: Tools of the Next Generation.** *Quality Progress*, Jul 1998, pp. 21-26.

Elshennawy, A. (2004). **Quality in the New Age and the Body of Knowledge for Quality Engineers.** *Total Quality Management & Business Excellence*, 15(5-6), pp.603-614.

Lee, S.M. (2015). **The Age of quality innovation.** *International Journal of Quality Innovation*. 2015, 1:1, p 1-5.

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

Albers, A., Gladysz, B., Pinner, T., Butenko, V. and Stürmlinger, T. (2016). **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*, 52, pp.262-267.

Fundin, A., Bergquist, B., Eriksson, H. and Gremyr, I. (2018). **Challenges and propositions for research in quality management.** *International Journal of Production Economics*, 199, pp. 125-137.

Jacob, D. (2019). **Top 4 Reasons to Update to Quality 4.0.** [online] *blog.Insresearch.com*. Available at: <https://blog.insresearch.com/top-4-reasonsto-update-to-quality-4.0> Acesso em: 5 jun. 2021.

International Organization for Standardization, ISO. (2015). **ISO 9000:2015 Quality Management Systems – Fundamentals and vocabulary.** Geneva: ISO.

Sader, S., Husti, I. and Daróczy, M. (2019). **Industry 4.0 as a key enabler toward successful implementation of Total Quality Management practices**. Periodica Polytechnica Social and Management Sciences, 27(2), pp. 131-140.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1997.

LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da metodologia científica**. 6. ed. – 4. reimpr. – São Paulo: Atlas, 2007.