

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**EDUARDO PAGANO**

**BUILDING BLOCKS: 9 TECNOLOGIAS TRANSFORMADORAS DA  
PRODUÇÃO INDUSTRIAL E SUA RELAÇÃO COM A ENGENHARIA  
DE QUALIDADE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO**

**PONTA GROSSA**

**2018**

**EDUARDO PAGANO**

**BUILDING BLOCKS: 9 TECNOLOGIAS TRANSFORMADORAS DA  
PRODUÇÃO INDUSTRIAL E SUA RELAÇÃO COM A ENGENHARIA  
DE QUALIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Rui Tadashi Yoshino

**PONTA GROSSA**

**2018**



## **TERMO DE APROVAÇÃO DE TCCE**

Building Blocks: 9 tecnologias transformadoras da produção industrial e sua relação com a engenharia de qualidade

por

*Eduardo Pagano*

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização (TCCE) foi apresentado em oito de dezembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Qualidade. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

**Profa. Dr. Rui Tadashi Yoshino**  
Prof. Orientador

---

**Prof. Dra. Joseane Pontes**  
Membro titular

---

**Prof. Dr. Evandro Eduardo Broday**  
Membro titular

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Rui Tadashi Yoshino pelo apoio na elaboração deste trabalho.

Aos professores envolvidos na coordenação e nas aulas pela sabedoria repassada que é de fundamental importância para a construção do conhecimento sobre a engenharia de qualidade.

Aos colegas, amigos e família, que tornaram esta etapa mais leve, com seu apoio e companhia.

## RESUMO

PAGANO, Eduardo. **Building blocks**: 9 tecnologias transformadoras da produção industrial e sua relação com a engenharia de qualidade. 2018. 24 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

A quarta revolução industrial, conhecida também como indústria 4.0 está na iminência do começo de sua era. A indústria 4.0 é a transformação de uma manufatura para uma produção mais focada no ambiente digital e nas interconexões entre dispositivos. Neste novo contexto de produção industrial, nove tecnologias aparecem como pilares da indústria 4.0, os building blocks. Estas tecnologias são: análise de big data, robôs autônomos, simulação, integração vertical e horizontal de sistema, internet das coisas, cyber segurança, realidade aumentada, impressão 3D e armazenamento em nuvem (the cloud). Devido ao desenvolvimento e aplicação destas tecnologias, a engenharia da qualidade deve se adaptar para ser aplicada nestes novos ambientes. Na pesquisa bibliográfica efetuada neste trabalho, observou-se que a relação da qualidade com as novas tecnologias toma o aspecto mais organizacional do que ferramental, sendo focada na gerência, produção, cliente, fornecedor e outros setores como um todo. Baseado nesta nova característica da qualidade, criou-se o termo Qualidade 4.0, que não veio como uma substituição dos métodos tradicionais, mas sim como uma melhoria e adaptação para a nova realidade do processo produtivo.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0. Qualidade 4.0. Building Blocks.

## ABSTRACT

PAGANO, Eduardo. **Building Blocks**: 9 technologies that transform industrial production and their relation to quality engineering. 2018. 24 p. Monograph (Specialization in Production Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2018.

The fourth industrial revolution, also known as industry 4.0, is in the imminence of the beginning of its era. Industry 4.0 is the transformation from machine-made manufacturing to more focused production in the digital environment and interconnections between devices. In this new context of industrial production, 9 technologies appear as pillars of industry 4.0, the building blocks. These technologies are: big data analysis, autonomous robots, simulation, vertical and horizontal system integration, internet of things, cyber security, augmented reality, 3d printing and cloud storage. Due to the development and application of these technologies, quality engineering must adapt to be applied in these new environments. In the bibliographic research made in this work, it was observed that the relationship of quality with the new technologies is aimed more on the organizational aspect than in quality tools, being focused on the management, production, customer, supplier and other sectors as a whole. Based on this new quality characteristic, the term Quality 4.0 was created, which did not come as a substitution of traditional methods, but as an improvement and adaptation to the new reality of the productive process.

**Keywords:** Industry 4.0. Quality 4.0. Building Blocks.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1 INDÚSTRIA 4.0 E BUILDING BLOCKS .....	8
1.1.1 Análise de big data .....	9
1.1.2 Robôs autônomos.....	9
1.1.3 Simulação .....	10
1.1.4 Integração vertical e horizontal de sistema.....	10
1.1.5 Internet das coisas.....	11
1.1.6 Cyber segurança.....	11
1.1.7 Realidade aumentada.....	11
1.1.8 Impressão 3D.....	12
1.1.9 Armazenamento em nuvem (The cloud).....	12
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>13</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>14</b>
3.1 RELAÇÃO DA QUALIDADE COM AS 9 TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0	15
3.1.1 Análise de big data .....	15
3.1.2 Robôs autônomos.....	16
3.1.3 Simulação .....	17
3.1.4 Integração vertical e horizontal de sistema.....	17
3.1.5 Internet das coisas.....	18
3.1.6 Cyber segurança.....	18
3.1.7 Realidade aumentada.....	19
3.1.8 Impressão 3D.....	19
3.1.9 Armazenamento em nuvem.....	19
3.2 RELAÇÕES GERAIS COM A QUALIDADE.....	20
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>22</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria 4.0, conhecida também como quarta revolução industrial, e compreende uma série de avanços tecnológicos com alto impacto no processo produtivo atual, transformando-o drasticamente. Entretanto, grandes transformações são geradas desde as primeiras revoluções industriais (RANKOHI; WAUGH, 2013).

A mudança proporcionada pela primeira revolução industrial, que se iniciou na Inglaterra no século XVIII, transformou uma sociedade predominantemente rural e artesanal em uma sociedade mais organizada com o trabalho (AFFONSO, 2017). Nesta época, os trabalhadores começaram a se reunir em estruturas comuns, as primeiras fábricas, utilizando máquinas à vapor e teares mecânicos, diminuindo o esforço humano e aumentando a velocidade de produção (MOREIRA, 2017).

A segunda grande revolução, que deu início em 1870, com a substituição do vapor por motores elétricos e a divisão de trabalho, fez com que uma sociedade mais envolvida no processo de produção em massa aparecesse. Nesse período surgiu a linha de produção proposta por Henry Ford e as ideias de processo produtivo de Frederick Taylor e Jules Henri Fayol (AFFONSO, 2017).

Já a terceira revolução industrial, ou também conhecida como revolução tecnológica, ocorreu no período pós 2ª Guerra Mundial, com o grande avanço químico e tecnológico. Durante esta época, tecnologias relacionadas aos produtos eletrônicos, a internet, a robótica começa a gerar uma maior automação dos processos e começam a gerar um processo de globalização com o espalhamento dessas tecnologias (MOREIRA, 2017).

Neste contexto, no início do século XXI, com o avanço da tecnologia estabelecida na terceira era e com a diminuição dos preços, aumento da acessibilidade e os componentes e serviços tecnológicos mais eficientes, iniciou-se uma transformação na indústria, impulsionada pela capacidade das máquinas criarem grandes redes de comunicação (COSTA, 2017). Assim, na Feira Industrial de Hannover em 2011 surgiu pela primeira vez o conceito de Indústria 4.0, que segundo Erik Braynjolfsson e Andrew McAfee do MIT é colocada como a segunda era das máquinas (COSTA, 2017).



## 1.1 INDÚSTRIA 4.0 E BUILDING BLOCKS

Segundo Oztemel e Gursev (2018), indústria 4.0 define uma metodologia para gerar uma transformação do atual domínio da manufatura por máquinas, para uma manufatura com aproximação digital. Para que essa transformação seja bem executada, o conceito de indústria 4.0 deve estar bem estabelecido para que se tenha caminhos claros em sua implementação. Ainda segundo Oztemel e Gursev (2018), estima-se que esta nova era da indústria tenha uma grande influência na sociedade, fazendo com que a produção seja cada vez mais sob medida para o consumidor para se manter uma competitividade no mercado.

Segundo Vaidya, Ambad e Bhosle (2018) a indústria 4.0 tem como grande objetivo satisfazer a necessidade individual do cliente, afetando diretamente áreas como gerência, pesquisa e desenvolvimento, manufatura, logística e reciclagem dos produtos. Outro fator de diferenciação da indústria 4.0 é quanto a produção controlada por computadores. Na indústria 4.0, o ser humano tem uma grande importância no processo produtivo, fazendo conexões via sensores, dispositivos e a internet (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018).

Basicamente, segundo Vaidya, Ambad e Bhosle (2018), a indústria 4.0 é necessária para converter os equipamentos atuais em equipamentos autoconscientes e com inteligência artificial, para assim promover uma melhora de performance e manutenção do espaço produtivo. A indústria 4.0 tem como foco criar um ambiente industrial inteligente, interligado, com monitoramento em tempo real de dados, status de produtos e instruções de produção (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018).

A indústria 4.0 pode ser dividida em 9 pilares ou tecnologias, conhecidas como building blocks, sendo estes: (SAUCEDO-MARTÍNEZ et al., 2017)

- Análise de “Big data”
- Robôs autônomos
- Simulação
- Integração vertical e horizontal de sistema
- Internet das coisas
- Cyber segurança
- Realidade Aumentada
- Impressão 3D

- Armazenamento em nuvem (The Cloud)

Neste trabalho buscou-se fazer uma revisão da literatura sobre a qualidade nas indústrias 4.0 e seus 9 pilares ou tecnologias, conhecidas como building blocks. A partir desta revisão, buscou-se relacionar a qualidade com as tecnologias apresentadas quanto a adaptação da qualidade para esta nova era e como a pesquisa nesta área está sendo desenvolvida.

#### 1.1.1 Análise de big data

Segundo Huang et al (2017), big data é o termo para um agregado grande e complexo de informações de diferentes fontes que são difíceis de processar por métodos tradicionais de processamento de dados. O big data pode ser organizado ou não organizado e é a partir da análise destes dados que se tomam decisões ou se fazem avaliações.

Estes dados vêm de várias fontes como históricos, localizações, mídia social, histórico de compras, histórico de atendimento médico e suas complexidades acabam sobrecarregando as ferramentas de simulações atuais (HUANG et al., 2017). A importância de se gerar tantos dados é para poder se reagir rapidamente e de forma eficiente nas plataformas conectadas. (SAUCEDO-MARTÍNEZ et al., 2017)

A análise de big data é um processo de examinar grandes quantidades de dados diversos para se descobrir padrões ou correlações desconhecidas. Nesta análise são utilizados softwares avançados que “mineram” dados, fazendo previsões e melhorando o desempenho das máquinas envolvidas (HUANG et al., 2017).

#### 1.1.2 Robôs autônomos

Com o aumento da capacidade computacional e também o aumento da capacidade das máquinas aprenderem, a realidade tem sido modificada de forma drástica quanto a presença de robôs autônomos. (HANGL; UGUR; PIATER, 2017) Segundo Hangl, Ugur e Piater (2017), hoje, o aprendizado das máquinas modernas acontece pelo uso de quantidades enormes de dados coletados, porém, ainda há

dificuldade em controlar os movimentos destas máquinas, de forma similar ao que acontece com o ser humano no início da vida.

Os robôs autônomos, como tecnologia, estão se tornando cada vez mais flexíveis e cooperativos, tanto na relação máquina com máquina como na relação máquina com ser humano. (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018) Segundo Vaidya, Ambad e Bhosle (2018), um robô autônomo é necessário para quando a mão de obra humana não pode ser aplicada no ambiente necessário.

### 1.1.3 Simulação

A simulação na indústria 4.0 é considerada uma das melhores opções para se economizar em tempo e recursos no processo produtivo. Com esta ferramenta pode-se testar a eficiência de configurações de máquinas, fluxo de processo, design de planta e outros fatores sem a necessidade de realizar tais mudanças. (SAUCEDO-MARTÍNEZ et al., 2017) Atualmente, a simulação é empregada em setores de logística, relacionando programação de produção com a cadeia de abastecimento (SAUCEDO-MARTÍNEZ et al., 2017). A simulação também pode ser empregada em áreas como a de produção de alimentos (BATISTA; MEIRELLES, 2011) e em processos metalúrgicos, como a produção do aço (DEMURGER et al., 2008).

### 1.1.4 Integração vertical e horizontal de sistema

Tradicionalmente as empresas se organizam de forma vertical, principalmente para se manter um controle estratégico e financeiro para a empresa. Entretanto, uma organização horizontal pode ser considerada uma alternativa para se estruturar uma empresa (PELLINEN; TEITTINEN; JÄRVENPÄÄ, 2016). Os mecanismos de integração entre estes sistemas é um fator importante para a indústria 4.0, já que para esta é necessária uma integração em toda rede produtiva com a geração de valores e com a engenharia desde a manufatura até a reciclagem. (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018). O uso de uma integração de sistemas horizontais e verticais acaba gerando, principalmente em processos padronizados,

uma comunicação autônoma e cooperativa dentro do processo produtivo. (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018)

#### 1.1.5 Internet das coisas

A internet das coisas descreve a interconexão de objetos com propósitos distintos, desde identificação, comunicação, sensores diversos até a coleta de dados. Consiste em uma infraestrutura que é capaz de medir, rastrear, monitorar, identificar objetos utilizando dispositivos distintos, facilitando os processos através de automação. Além das aplicações na indústria 4.0, tem-se seu uso em processos de logística, sistemas de saúde e emergência e nas aplicações de vida pessoal. (METALLO et al., 2018)

#### 1.1.6 Cyber segurança

Uma comunicação intensa do serviço físico com o mundo digital pode melhorar a qualidade das informações para planejamento e a otimização/operação dos sistemas produtivos. (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018)

Com o aumento da conectividade fez com que as ameaças cibernéticas aumentassem, desta forma os sistemas da indústria 4.0 se tornaram críticos para se proteger, aumentando-se assim a sofisticação para se acessar as máquinas e processos envolvidos (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018). Segundo Radziwill e Benton (2017), os gastos em cyber segurança tem sido, historicamente, mais focados em orçamentos e determinação dos impactos de ataques cibernéticos, que geralmente são mais graves quando há acessos não autorizados a dados confidenciais.

#### 1.1.7 Realidade aumentada

Segundo Bottani e Vignali (2018), realidade aumentada é um termo utilizado para se identificar as tecnologias que permitem que o ambiente natural seja expandido por objetos e elementos gerados por computadores e softwares. Este tipo de tecnologia é bastante

interessante na indústria de transformação, já que estas possuem processos complexos e grande efeito da globalização em sua cadeia de suprimentos. Como em muitos destes processos é necessário troca de informações em tempo real em várias etapas, a realidade aumentada é de grande ajuda, já que assim pode-se simular, assistir ou melhorar processos antes de se produzir (BOTTANI; VIGNALI, 2018). As aplicações de realidade aumentada na indústria de transformação têm sido desenvolvidas para vários propósitos como monitoramento e controle em tempo real de processos, layout de planta, manutenção e segurança, porém ainda em estágio inicial de pesquisa (BOTTANI; VIGNALI, 2018).

#### 1.1.8 Impressão 3D

A impressão 3D ou prototipagem rápida é uma tecnologia de processamento para confecção de objetos em 3 dimensões produzidos por camadas depositadas por um sistema controlado por computadores (LENG et al., 2017). A impressão 3D oferece vantagens à manufatura convencional, principalmente em aplicações customizadas, onde as peças são sob medida para a aplicação (LENG et al., 2017). Este processo é utilizado principalmente em produtos industriais e produtos de consumo, como em processos automotivos, médicos, militares e aeroespaciais. Devido às características de precisão e confiabilidade, as aplicações automotivas, médicas, aeroespaciais e militares são as mais comuns.

#### 1.1.9 Armazenamento em nuvem (The cloud)

O armazenamento em nuvem, ou “cloud”, é um mecanismo para compartilhamento de informações entre os colaboradores de uma empresa, caracterizado pela sua velocidade. Esta velocidade permite com que administradores armazenem informações e implementem novos sistemas para monitorar e controlar processos por meios digitais. As suas aplicações na indústria 4.0 consistem em integrar processos heterogêneos e a geração de dados para melhorar a efetividade e disponibilidade da análise de dados em um sistema (SAUCEDO-MARTÍNEZ et al., 2017).

## 2 METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho, foi elaborada uma pesquisa teórica conceitual, que segundo Miguel et al (2012), é uma discussão conceituada a partir de literatura, modelos e revisões bibliográficas já elaboradas. Segundo Marconi e Lakatos (2003), uma pesquisa se trata de um procedimento reflexivo sistemático, sendo este controlado e crítico. Ainda segundo Marconi e Lakatos (2003) a pesquisa é o que permite descobrir novos fatos, leis, relações em qualquer campo de conhecimento.

Seguindo os passos de planejamento de uma pesquisa científica citados por Marconi e Lakatos (2003), primeiramente tomou-se a decisão pelo tema de engenharia de qualidade e indústria 4.0, principalmente quanto as 9 tecnologias presentes na indústria 4.0, conhecidas como building blocks.

Definidos os objetivos do trabalho, buscou-se enfim tópicos relacionando a engenharia da qualidade com os building blocks da indústria 4.0.

Para o levantamento bibliográfico foram utilizadas as bases de dados disponibilizadas pelo portal de periódicos da CAPES, o Google Scholar e os redirecionamentos da ferramenta de pesquisa do Google, com os termos de pesquisa apresentados na tabela 1.

**Tabela 1: Termos utilizados na pesquisa e levantamento de bibliografia para o presente trabalho, os critérios “AND” e “in industry” foram utilizados quando houve resultados ambíguos fora da área de estudo.**

Termos de pesquisa utilizados no levantamento de bibliografia		
Big data and Analytics	Indústria 4.0	Industry 4.0
Cybersecurity	Autonomous robots AND industry 4.0	Quality 4.0 in industry
Additive manufacturing	Horizontal and vertical system integration	Simulation AND industry 4.0
Augmented reality AND industry 4.0	The cloud AND industry 4.0	The internet of things

**Fonte: O autor**

Com estas pesquisas pode-se avaliar a situação atual das tecnologias da indústria 4.0 no aspecto de disponibilidade de informações e de interesse geral de pesquisadores da área de engenharia. Outra avaliação feita é o grau de correlação

das pesquisas encontradas com o desenvolvimento da engenharia da qualidade na indústria.

Por fim, foi realizada uma análise de como a engenharia da qualidade pode estar inserida no contexto da indústria 4.0 de acordo com as necessidades e características de cada uma destas tecnologias.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, analisou-se a quantidade de material disponível na base de dados da CAPES, sem filtros e utilizando os critérios apresentados na tabela 1. A quantidade retornada da pesquisa para cada assunto é dada na tabela 2.

**Tabela 2: Número de resultados obtidos para cada termo de pesquisa aplicado na plataforma de periódicos da CAPES em setembro de 2018. \* O termo “in industry” foi adicionado devido a resultados ambíguos fora da área de estudo.**

Termos de pesquisa utilizados no levantamento de bibliografia	
Termo utilizado	Nº de resultados
The internet of things	720672
Industry 4.0	237399
Horizontal and vertical system integration	215704
Additive manufacturing	196493
Quality 4.0 in industry*	106998
Big data and Analytics	46049
Cybersecurity	38324
Simulation AND industry 4.0	29529
The cloud AND industry 4.0	8258
Indústria 4.0	3149
Augmented reality AND industry 4.0	1472
Autonomous robots AND industry 4.0	616

**Fonte: O autor**

Pela análise da quantidade de resultados obtidos, nota-se que o termo em inglês para “Indústria 4.0” tem aproximadamente 75 vezes mais resultados disponíveis, o que torna relevante para a pesquisa o foco em fontes produzidas na língua inglesa.

No aspecto dos building blocks, a tecnologia mais popular é o “The internet of things”, muito provavelmente pela abrangência dos termos e da popularização dos dispositivos interconectados. Como era esperado, após a utilização dos operadores booleanos, a disponibilidade de resultados caiu nos itens relacionados à simulação, armazenamento em nuvem, realidade aumentada e robôs autônomos. Entretanto, mesmo com o uso destes operadores, alguns termos como simulação e nuvem aparecem acima do termo em português “Indústria 4.0”.

Outro termo bem recorrente nas pesquisas envolvendo as tecnologias de indústria 4.0 é o Cyber-physical system (CPS), que pode ser entendido como uma combinação de outros building blocks, sendo um sistema que integra o mundo virtual com o mundo físico, controlando e coordenando processos. Segundo Pereira e Romero (2017), CPS podem ser definidos como tecnologias inovadoras que possibilitam a coordenação de sistemas interconectados através de integração entre os ambientes físicos e real.

### 3.1 RELAÇÃO DA QUALIDADE COM AS 9 TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0

Segundo Pereira e Romero (2017), a indústria 4.0 como um todo tem grande potencial de impacto em toda a cadeia. A qualidade, nestes casos, é melhorada pela otimização do processo, pela melhor relação entre clientes e fornecedores e por proporcionar novas formas de operar e novos tipos de modelos de negócio. Desta forma, torna-se interessante analisar pontualmente o impacto de cada nova tecnologia na qualidade dos processos como um todo.

#### 3.1.1 Análise de big data

A relação da análise de big data com a qualidade vem do quão necessário é possuir uma boa quantidade de dados confiáveis para se aplicar ferramentas de qualidade ou tomadas de decisão. De acordo com Müller, Fay e Brocke (2018), ao se trabalhar com informações algumas considerações devem ser tomadas, principalmente na tomada de decisão. Uma delas é que quanto mais definida, melhor distribuída e mais visível para a gerência, melhor vai ser a tomada de



decisão feita. Outra observação feita é que, quanto maior é a incerteza em uma decisão, mais informação é necessária para se tomá-la.

Logo, o uso da análise de big data, aumenta a quantidade de dados possíveis de serem analisados, o que torna a tomada de decisão mais precisa e com uma maior qualidade, melhorando a produção em nível organizacional (MÜLLER; FAY; BROCKE, 2018).

Segundo Zhong et al (2017) análise de big data também proporciona uma análise mais completa de processo, ajudando a descobrir parâmetros críticos que possuem grande impacto na qualidade ou na variabilidade do processo e algumas empresas grandes tem investido e obtiveram grandes melhorias, como apresentado na tabela 3.

**Tabela 3: Empresas que empregaram a análise de big data para aplicação em melhorias de qualidade.**

Empresas/companhias e melhorias associadas à análise de big data		
Empresa/companhia	Objetivo	Melhoria
Google (EUA)	Melhorar o mecanismo de busca e algoritmo de anúncios	Mecanismo de busca baseado em padrão de pesquisas e recomendados de acordo com pesquisa de outras pessoas.
Empresas farmacêuticas (EUA)	Reduzir falhas no processo e eliminar variação no processo	Mineração de dados do programa de fidelidade e mecanismo de recomendação baseado em filtros colaborativos
Monitoramento de veículos de trabalho pesado (USA)	Prever o estado de uso dos componentes de motor a diesel	Elaboração de um modelo para se detectar mal funcionamento do motor e elaboração de algoritmo para prever vida útil restante.

**Fonte: Adaptado de Zhong et al (2017)**

### 3.1.2 Robôs autônomos

O uso de robôs autônomos em relação com a qualidade tem sido bastante discutido devido a uma tendência de automação e de melhoria automática das linhas produtivas, principalmente no controle de qualidade. Como colocado por Montironi et al (2014), os robôs autônomos que utilizam sistemas de visão têm uma importância chave no controle do processo, na avaliação de qualidade em diversas áreas.

No caso de robôs autônomos que utilizam sistemas de câmeras, por exemplo, há uma adaptação rápida durante o processo de fatores como iluminação, exposição, e alinhamento da câmera. Desta forma, pode-se obter um controle de

qualidade adaptável, sendo possível fazer alterações de forma mais rápida, algumas vezes em tempo real, de parâmetros da produção (MONTIRONI et al., 2014).

Segundo Malamas et al. (2003), tradicionalmente o controle de qualidade visual é feito por pessoas e estas tendem a fazer um trabalho mais preciso, porém são mais lentos, perdem eficiência por cansaço, bons profissionais são difíceis de encontrar, treinamentos são necessários, além de que certos ambientes são potencialmente perigosos para seres humanos. Já os robôs que utilizam sistema de câmeras são mais rápidos, não necessitam treinamento, aumentando a produtividade e ao controle de qualidade, aumentando a competitividade das indústrias. (Malamas et al, 2003). Desta forma, a substituição das pessoas por estes sistemas, ou integração humano-robô, pode acarretar aumento substancial na produção e na qualidade do processo devido a rapidez na inspeção da produção.

### 3.1.3 Simulação

A simulação computacional pode ser trabalhada em diversos aspectos da produção, desde o planejamento de novos processos até para se elaborar modelos de processos já existentes, como reportado por Demurguer et al (2008). Segundo Vaidya, Ambad e Bhosle (2018) simulações podem copiar as situações atuais de processo em um mundo virtual, onde podem ser incluídas pessoas, produtos, máquinas, simulando tempos de ciclo, consumo de energia e aspectos ergonômicos da produção. O uso dessas simulações pode gerar um aumento da qualidade em aspectos gerais como diminuindo defeitos durante os inícios de cada operação e também facilitando na tomada de decisões, tornando-as mais precisas e rápidas (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018).

### 3.1.4 Integração vertical e horizontal de sistema

Segundo Vaidya, Ambad e Bhosle (2018), a integração e a auto otimização são dois grandes mecanismos usados em organizações. Esta integração tem como meta criar um cenário colaborativo entre a produção, desenvolvimento, fornecedores, marketing no nível de fluxo de informação (SAUCEDO-MARTÍNEZ et al., 2017).

Com esta integração, melhorias podem acontecer no sistema como um todo, podendo propor mudanças na estrutura organizacional, na estrutura física do processo, promovendo autonomia de processo. Desta forma, a qualidade está inserida em um contexto mais organizacional do que operacional. A integração vertical e horizontal visualiza o sistema como um todo, sendo desde uma inovação, até um estilo de vida (SAUCEDO-MARTÍNEZ et al., 2017). A integração horizontal e vertical, quando executada de forma colaborativa e em plataformas digitais, gera um aumento na qualidade em toda cadeia de suprimentos de um processo devido ao seu melhor controle.

### 3.1.5 Internet das coisas

A internet das coisas, no âmbito industrial pode oferecer muitas oportunidades para seus usuários, tendo alto impacto em diversas áreas do processo produtivo. No caso da indústria, é utilizado o termo “Industrial Internet of Things”, abrindo novas fronteiras para 3 aplicações principais, sendo elas, segundo Pereira e Romero (2017): otimização de processo, otimização de uso de recursos, criação de sistemas autônomos. Com estas fronteiras abertas, a qualidade apresenta ganhos principalmente na área de controle de processo, onde devido a intercomunicação avançada, a máquina operando já recebe um sinal sobre possível erro, reagindo adequadamente a ele. (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010)

### 3.1.6 Cyber segurança

Com o avanço da internet das coisas, autonomia de robôs e outros sistemas digitais, a segurança se tornou um aspecto crítico nas empresas que utilizam dessas tecnologias. A principal questão quanto a cyber segurança é quanto aos custos envolvidos em sua aplicação, sendo tratada como custo de qualidade em cyber segurança (BENTON; RADZIWILL, 2017). Atualmente a qualidade em âmbitos de segurança cibernética se dá no não vazamento de informações e acessos não autorizados, sendo, segundo Radziwill e Benton (2017), propostos modelos de custo benefício para aplicações de segurança cibernética.

### 3.1.7 Realidade aumentada

A realidade aumentada pode produzir grandes benefícios nos sistemas produtivos e design de produtos. Segundo Oztemel e Gursev (2018), esta tecnologia pode ajudar a prevenir falhas em etapas iniciais do processo, principalmente no desenvolvimento e melhorando a produtividade, além de auxiliar na tomada de decisões importantes. A realidade aumentada pode ser utilizada na parte operacional na parte de montagem ou setup, além de auxiliar na manutenção e reduzir os tempos de processo. Quanto a qualidade, esta ferramenta pode ajudar a checar se os produtos produzidos estão dentro das especificações, facilitando ações corretivas. Também se tem melhorias na segurança no trabalho e na logística do processo como um todo (OZTEMEL; GURSEV, 2018), sendo uma ferramenta polivalente para se produzir melhorias no processo.

### 3.1.8 Impressão 3D

A impressão 3D é uma tecnologia que traz uma maior personalização de produto, além de ser um processo viável para peças únicas serem produzidas de forma mais rápida e barata (KIM; LIN; TSENG, 2018). O uso deste processo pode significar substancial economia de recursos e tempo se a qualidade do produto produzido for equivalente ao produzido por métodos comuns. Onde se tem maior utilização deste tipo de processo o produto deve possuir alta qualidade e confiabilidade, como nas indústrias aeroespaciais e automotivas (LENG et al., 2017). Em aspectos gerais de qualidade, este processo pode substituir os convencionais mais caros e gerar peças para reposição e manutenção de forma mais rápida, diminuindo o desperdício de recursos. Entretanto, como afirmado por Kim, Lin e Tseng (2018), quanto a maior a variedade de avançados materiais usados, mais processos para checar a qualidade das peças produzidas serão necessárias.

### 3.1.9 Armazenamento em nuvem

O uso de uma tecnologia de armazenamento em nuvem gera vários benefícios, justificando a migração para este tipo de serviço. Segundo Perrons e

Hems (2013), o uso da nuvem gera: uma redução de custo para a empresa, flexibilidade na adaptação da produção e velocidade na implementação de mudanças. Todos estes fatores influenciam na qualidade, especialmente a velocidade de implementação de mudanças. (PERRONS; HEMS, 2013) Tempos de reação cada vez menores, de milissegundos para menos, pode ajudar a calibrar automaticamente as máquinas durante o processo, diminuindo perdas.

### 3.2 RELAÇÕES GERAIS COM A QUALIDADE

A qualidade dentro da indústria 4.0 está aos poucos se adaptando para a nova realidade do processo produtivo, principalmente em termos de performance e inovação. Entretanto, segundo Jacob (2017), o mercado ainda não está focado na “Qualidade 4.0” ainda, já que muito está sendo feito para resolver os problemas da era atual, como ineficiência dos sistemas, cálculos manuais, interligação pobre dos sistemas de qualidade, entre outros.

Qualidade 4.0 não é sobre tecnologia, mas sim como essa tecnologia melhora a cultura, colaboração, competência, liderança e transformação para uma plataforma digital a gerencia e sistema. Ela não substitui os métodos tradicionais da qualidade, mas os melhora. (JACOB, 2017).

## 4 CONCLUSÃO

Pelo levantamento bibliográfico levantado, nota-se que todas as 9 tecnologias propostas no conceito da indústria 4.0 estão recebendo atenção dos pesquisadores de diversas áreas. A maioria das fontes levantadas são recentes e publicadas nesta década, o que credencia a indústria 4.0 como um tema recente no contexto da pesquisa, apesar de algumas tecnologias já estarem presentes há algum tempo.

Observou-se também que a qualidade quando relacionada às tecnologias mencionadas está num caráter muito mais organizacional e de controle de qualidade do que em ferramentas específicas. Muitas das relações dizem respeito a organizações como um todo, desde gerência à produção, obtendo melhorias de processo em prevenção e correção rápida de falhas.

Por fim, a qualidade inserida no contexto da indústria 4.0 está se adaptando a nova realidade do processo produtivo, porém não está muito em foco, pois ainda se tem muito a evoluir no estado atual que se encontra. A chamada qualidade 4.0 tem como foco muito mais a parte de cultura, competência, colaboração e transformação no digital do que em desenvolver métodos novos, sendo mais direcionada à melhoria dos métodos tradicionais.

A nova mão de obra necessária para a qualidade 4.0 deve possuir qualidades distintas para desempenhar seu papel na indústria 4.0. Primeiramente o profissional deve estar habituado com o fato que os dados de trabalho serão volumosos, variados, precisos e coletados rapidamente. Outra capacidade destes profissionais é de analisar esses dados de formas descritivas, como diagnóstico, preventiva e prescritiva.

Estes profissionais também devem estar habituados a grande interconexão promovida pela internet das coisas e as integrações por realidade aumentada, ambiente cibernético e simulações. Como a qualidade 4.0 não se trata de substituir os métodos tradicionais da qualidade, mas sim aperfeiçoá-los, as ferramentas que mais utilizam de dados mais robustos, como 6 sigmas e CEP, se tornam mais práticos e efetivos, sendo interessantes para os profissionais da qualidade 4.0.

## REFERÊNCIAS

AFFONSO, J. X. **A indústria 4.0 e o impacto na vida profissional de seus trabalhadores**. 2017. 26 f. Monografia (Mba) - Curso de Mba em Inteligência de Negócios, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. **Computer Networks**, [s.l.], v. 54, n. 15, p.2787-2805, out. 2010.

BATISTA, F. R. M.; MEIRELLES, A. J. A. Computer simulation applied to studying continuous spirit distillation and product quality control. **Food Control**, [s.l.], v. 22, n. 10, p.1592-1603, out. 2011.

BOTTANI, E.; VIGNALI, G. Augmented reality technology in the manufacturing industry: a review of the last decade. **Iise Transactions**, [s.l.], p.1-64, 3 jul. 2018.

COSTA, C. Indústria 4.0: O futuro da indústria nacional. **Posgere**. [s.l.], v. 1, n.4, p.5-14, set. 2017.

DEMURGER, J. et al. Products quality improvement through numerical simulation in Steel Industry. **International Journal Of Material Forming**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.359-362, abr. 2008.

HANGL, S.; UGUR, E.; PIATER, J. Autonomous robots: potential, advances and future direction. **e & I Elektrotechnik Und Informationstechnik**, [s.l.], v. 134, n. 6, p.293-298, set. 2017.

HUANG, S. et al. Big Data Analytics and Business Intelligence in Industry. **Information Systems Frontiers**, [s.l.], v. 19, n. 6, p.1229-1232, 17 out. 2017.

JACOB, D. **Quality 4.0 impact and strategy: Getting Digitally Connected to Transform Quality Management**. Cambridge: Lns Research, 2017.

KIM, H; LIN, Y; TSENG, T. B. A review on quality control in additive manufacturing. **Rapid Prototyping Journal**, [s.l.], v. 24, n. 3, p.645-669, 9 abr. 2018.

LENG, S. et al. Anatomic modeling using 3D printing: quality assurance and optimization. **3d Printing In Medicine**, [s.l.], v. 3, n. 1, p.1-14, mar. 2017.

MALAMAS, E. N. et al. A survey on industrial vision systems, applications and tools. **Image And Vision Computing**, [s.l.], v. 21, n. 2, p.171-188, fev. 2003.

MARCONI, M; LAKATOS, E. **Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

METALLO, C. et al. Understanding business model in the Internet of Things industry. **Technological Forecasting And Social Change**, [s.l.], v. 136, p.298-306, nov. 2018.

MIGUEL, P et al. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MONTIRONI, M. A. et al. Adaptive autonomous positioning of a robot vision system: Application to quality control on production lines. **Robotics And Computer-integrated Manufacturing**, [s.l.], v. 30, n. 5, p.489-498, out. 2014.

MOREIRA, L. D. **Indústria 4.0: Estudo da cadeia produtiva da madeira no Paraná**. 2017. 66 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Gestão de Tecnologia da Informação e Comunicação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

MÜLLER, O; FAY, M; BROCKE, J. V. The Effect of Big Data and Analytics on Firm Performance: An Econometric Analysis Considering Industry Characteristics. **Journal Of Management Information Systems**, [s.l.], v. 35, n. 2, p.488-509, 3 abr. 2018.

OZTEMEL, E.; GURSEV, S. Literature review of Industry 4.0 and related technologies. **Journal Of Intelligent Manufacturing**, [s.l.], p.1-56, 24 jul. 2018.

PELLINEN, J.; TEITTINEN, H.i; JÄRVENPÄÄ, M. Performance measurement system in the situation of simultaneous vertical and horizontal integration. **International Journal Of Operations & Production Management**, [s.l.], v. 36, n. 10, p.1182-1200, 3 out. 2016.



PEREIRA, A.c.; ROMERO, F. A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. **Procedia Manufacturing**, [s.l.], v. 13, p.1206-1214, 2017.

PERRONS, R. K.; HEMS, A. Cloud computing in the upstream oil & gas industry: A proposed way forward. **Energy Policy**, [s.l.], v. 56, p.732-737, maio 2013.

RADZIWILL, N.M.; BENTON, M.C. Cybersecurity Cost of Quality: Managing the Costs of Cybersecurity Risk Management. **Software Quality Professional**, [s.l.], v. 19, n.3, p.1-19, set 2017.

RANKOHI, S.; WAUGH, L. Review and analysis of augmented reality literature for construction industry. **Visualization In Engineering**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.1-18, 29 ago. 2013.

SAUCEDO-MARTÍNEZ, J. A. et al. Industry 4.0 framework for management and operations: a review. **Journal Of Ambient Intelligence And Humanized Computing**, [s.l.], v. 9, n. 3, p.789-801, 28 jun. 2017.

VAIDYA, S; AMBAD, P; BHOSLE, S. Industry 4.0 – A Glimpse. **Procedia Manufacturing**, [s.l.], v. 20, p.233-238, 2018.

ZHONG, R. Y. et al. Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. **Engineering**, [s.l.], v. 3, n. 5, p.616-630, out. 2017.