

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ELETRÔNICA
TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

DANILO GOULART DA SILVA

INDÚSTRIA 4.0: CONCEITO, TENDÊNCIAS E DESAFIOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2017

DANILO GOULART DA SILVA

INDÚSTRIA 4.0: CONCEITO, TENDÊNCIAS E DESAFIOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial do Departamento de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Josmar Ivanqui.

PONTA GROSSA

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Ponta Grossa
DAELE – Departamento de Eletrônica



FOLHA DE APROVAÇÃO

INDÚSTRIA 4.0: CONCEITO, TENDÊNCIAS E DESAFIOS

Desenvolvido por:

DANILO GOULART DA SILVA

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado em 18 de outubro de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de tecnólogo em automação industrial. O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinado. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Josmar Ivanqui
Professor Orientador

Prof. Dr. Frederic Conrad Janzen
Membro titular

Prof. Dra. Virgínia Helena Varotto Baroncini
Membro titular

RESUMO

GOULART DA SILVA, Danilo. **Indústria 4.0: Conceitos, tendências e desafios**. 2017. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia. Automação Industrial - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

A automação industrial presencia uma nova geração com o desenvolvimento da indústria 4.0. A quarta geração industrial permitirá que sensores, máquinas, processos e pessoas conectem-se como uma comunidade colaborativa. Com o sistema cibernético-físico, cria-se uma plataforma que possibilita a interação entre sistemas de diferentes naturezas. A internet das coisas conecta o mundo físico das máquinas com o mundo cibernético da internet. A *big data* industrial é a aliada das tecnologias citadas para a manipulação e análise dos dados gerados pela conexão de diferentes sistemas. Neste trabalho de conclusão de curso, analisa-se conceitos, expõe-se desafios e discute-se a interação entre a ideia de diversos autores sobre a quarta geração industrial.

Palavras-chave: *Big data*. Indústria 4.0. Internet das coisas. Sistemas cibernético-físico.

ABSTRACT

GOULART DA SILVA, Danilo. **Industry 4.0: Concepts, trends and challenges.** 2017. 35 p. Term Paper. Technology in Industrial Automation - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

Industrial automation faces a new generation with the industry 4.0 development. The fourth industrial generation allows the connection between sensors, machines, processes and people inside a collaborative community. The CPS creates a reality where systems belonging to different natures can communicate. Internet of things connect the real physical world of machines with the cyber world of internet. Industrial big data is the ally of industry 4.0 technologies to perform the analysis and manipulates of data generated by different systems. The term paper analysis concepts, shows challenges, and discuss the interaction between thoughts from different authors about the fourth industrial generation.

Key words: Big data. Industry 4.0. Internet of Things. Cyber-Physical Systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Contexto de evolução das revoluções industriais.	11
Figura 2 - Ano médio em que mudanças são esperadas	15
Figura 3 - Modelo dos 4 "V's" da <i>big data</i> industrial	18
Figura 4 - Exemplo de aplicação da IoT	21
Figura 5 - Estrutura dos 3 "C's" do sistema cyber-físico.....	23
Figura 6 - Fluxo de informação do CPS	24
Figura 7 - Fluxograma da revisão bibliográfica.....	29
Figura 8 - Denominação da natureza de conceitos da indústria 4.0.....	31
Figura 9 - Contexto de interação de tecnologias da indústria 4.0.....	32

LISTA DE ABREVIações, ACRÔNIMOS E SIGLAS

3 "C's"	Comunicação, computação e controle
CLP	Controlador lógico programável
4 "V's"	Variedade, velocidade, veracidade e volume
CPS	Sistemas cibernético-físico
CPPS	Sistemas cibernético-físico industriais
IoT	Internet das coisas
IIoT	Internet industrial das coisas
L1	Primeira camada
L2	Segunda camada
L3	Terceira camada
RFID	Dispositivo de identificação por radiofrequência
STR	Sistemas de tempo real

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
1.1 PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	7
1.2 SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	8
1.3 TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	9
1.4 INDÚSTRIA 4.0.....	10
1.5 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA.....	11
1.6 PROBLEMATIZAÇÃO.....	12
1.7 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	12
1.8 OBJETIVO GERAL.....	13
1.9 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.10 HIPÓTESE.....	13
1.11 JUSTIFICATIVA.....	14
1.12 EMBASAMENTO TEÓRICO.....	15
1.12.1 Big Data.....	16
1.12.2 Internet das Coisas.....	19
1.12.3 Sistemas Cibernético-Físico.....	21
2 DESENVOLVIMENTO.....	26
2.1 DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0.....	26
2.2 TENDÊNCIAS DA INDÚSTRIA 4.0.....	27
2.3 MÉTODO.....	28
3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	31
CONCLUSÃO.....	34
TRABALHOS FUTUROS.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

1.1 PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Segundo Drucker (2000), a primeira revolução industrial teve origem na Inglaterra entre os anos de 1760 a 1840. Gradualmente, substituiu-se métodos artesanais de fabricação por máquinas movidas a vapor. A revolução teve como base a utilização do vapor da água como fonte de energia. Tal revolução gerou consequências sociais e econômicas devido ao início da mecanização de processos de fabricação, principalmente na indústria têxtil. Apesar de, os tecidos serem os produtos mais importantes da época, também houve gradativamente a mecanização da produção de diversos itens consumidos, como por exemplo: vidro, papel, couro e tijolos. Resultando em produtos mais uniformes, comparado aos produtos fabricados pelos artesões.

A primeira revolução industrial se tornou uma fonte de crescimento econômico para a Inglaterra. Ela deu início a utilização de conhecimentos pragmáticos e específicos que geraram as macro-invenções. Mokyr (1988) refere-se ao termo para descrever invenções diversificadas que não estão ligadas a movimentos, ciência ou forças de mercado. Assim como, invenções primárias passíveis de aprimoramento tecnológico.

O surgimento de máquinas movidas a vapor para produção de bens foi certamente o ponto principal da primeira revolução industrial. Porém as descobertas suportadas pela ciência, não aconteceriam antes dos anos de 1870. A razão pela qual os avanços científicos e tecnológicos continuaram cem anos depois, foi por que as invenções feitas na Inglaterra antes de 1840 foram particularmente um fator de transformação que serviram de incentivo e exemplo para o mundo no século XIX (ALLEN, 2006).

1.2 SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A segunda revolução industrial aconteceu no período de 1870 a 1914. Foi marcada pelo aprimoramento de tecnologias e pesquisas científicas dos conhecimentos práticos obtidos na primeira revolução. Houve significativas evoluções nas áreas: elétrica, química, biológica, transportes, engenharia de produção, agricultura, materiais, entre outras. Assim, desenvolveram-se as micro-invenções, termo usado para descrever melhorias incrementais, adições, e ajustes graduais necessários para melhorar o potencial total de uma macro-invenção. Como exemplo, cita-se a lâmpada elétrica incandescente com filamento de carvão, patenteada por Thomas Edison. A invenção originou um novo produto resultante de pesquisas científicas baseadas no campo da eletricidade (MOKYR, 1988). Na atualidade tem-se as lâmpadas eletrônicas, fluorescentes, alógenas, entre outras; resultante de adições tecnológicas e ajustes em potencial para atender a necessidade de mercado.

Coelho 2016, diz que a criação de máquinas industriais movidas a energia elétrica, gerou avanços econômicos e desenvolvimento de métodos produtivos. Grandes empresas como Carnegie Steel, Dupont, Ford, General Electric e suas equivalentes na Europa, contribuíram para o desenvolvimento industrial mundial.

Popularizou-se itens que até então só eram usados por indústrias ou que possuíam alto valor de comercialização. Diferentes produtos e sistemas atingiram patamares que demandaram coordenação e padronização. Assim, governos e indústrias líderes nos seus respectivos setores, interviram para determinar faixas de tensões para o uso da eletricidade, unidades e medidores de grandezas, leiaute de teclados de máquinas, regras de trânsito e padronização de outros meios.

A segunda revolução industrial apresentou aspectos cruciais como a dispersão do foco científico e tecnológico, que até o momento era presente somente na Inglaterra. Assim, a busca pela liderança tecnológica se tornou tendência em outros países ocidentais industrializados. Invenções foram aprimoradas devido a pesquisas científicas que tiveram como base conhecimento pragmático dos séculos anteriores adquiridos por inventores, artesões e pequenas fábricas (MOKYR, 1988).

1.3 TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

No período 1970, embora o ano não seja exato, uma nova revolução industrial teve início. Considerada uma revolução digital, disseminou o uso de semicondutores, computadores, automação e robotização de linhas de produção. Passou-se a processar e armazenar informações em meio digital, assim como ocorreu a otimização de métodos de comunicação. Como por exemplo o desenvolvimento e proliferação da internet e telefonia móvel (COELHO, 2016).

Na década de 1990, segmentos críticos da indústria mecânica começaram a demandar um estágio avançado de integração com a automação industrial programável e flexível. Assim, criou-se espaço para um novo complexo industrial formado pela fusão da mecânica, automação industrial e computação.

A terceira revolução industrial criou novas tendências de inovação nas principais economias mundiais:

- Peso crescente do complexo eletrônico;
- Um novo paradigma de produção – a automação flexível;
- Mudança nos processos de trabalho;
- Transformação das estruturas e estratégias empresariais;
- Novas bases de competitividade;
- A globalização como aprofundamento da internacionalização;
- Alianças tecnológicas foram criadas como uma forma de competição no mercado mundial.

Coutinho (2016) destaca as duas primeiras tendências como principais fatores para a transformação na área da automação industrial.

Superando em algumas frentes a indústria automotiva, o peso crescente da indústria eletrônica ganhou expressão. Seu rápido crescimento aumentou a participação no valor agregado de produtos, no emprego e formação de renda nos países industrializados.

Um novo paradigma de produção – a automação flexível. A tendência tecnológica da microeletrônica gerou impacto nos processos industriais. A automação do século XX, de base eletromecânica, com automação repetitiva e não programável dos contadores, chaves e relés; tornou-se objeto de melhorias e aprimoramentos.

Assim, a eletrônica substituiu a eletromecânica como base da automação. Microprocessadores e computadores dedicados tornaram-se capazes de guiar o sistema de máquinas ou parte da cadeia pertencente. Processos contínuos de produção integrada passaram a fazer uso de: controladores lógicos programáveis, sensores, medidores digitais controlados, de forma distribuída ou centralizada. O controle de processos otimizou os fluxos de produção, melhorando parcialmente ou totalmente os sistemas que necessitavam de controle em tempo real (COUTINHO, 2016).

1.4 INDÚSTRIA 4.0

O termo indústria 4.0 é derivado de *industrie 4.0*. Foi criado na Alemanha no ano de 2011 como uma estratégia de alta tecnologia para o ano de 2020 (ZHOU; LIU; ZHOU, 2015). Empresários, políticos e universidades colaboram para que suas ideias estimulem a competitividade entre as indústrias do país. Espera-se que a quarta geração industrial ofereça melhorias nos processos industriais que envolvem: operação, engenharia, planejamento e controle da produção, logística, e análise contínua durante o ciclo de vida de produtos e serviços (QIN; LIU; GROSVENOR, 2016).

Segundo Cheng et al. (2016) a essência da indústria 4.0 está baseada nos sistemas cibernético-físico (CPS) e Internet das Coisas (IoT), que levarão as fábricas a atingirem um novo patamar de produção. O CPS baseia-se na configuração dinâmica da manufatura. Diferente dos métodos tradicionais de produção, a configuração dinâmica está acima da produção e de processos envolvidos. Pois o dinamismo torna o sistema capaz de alterar o projeto inicial do produto a qualquer momento.

A quarta geração industrial apresenta como principais características: interconexão de dados, integração e inovação. Além disso, segundo Rüßmann et al. (2015), a quarta geração industrial é baseada em nove pilares que no futuro, gerarão oportunidades de desenvolvimento tecnológico no campo industrial:

1. *Big data*;
2. Computação em nuvem;

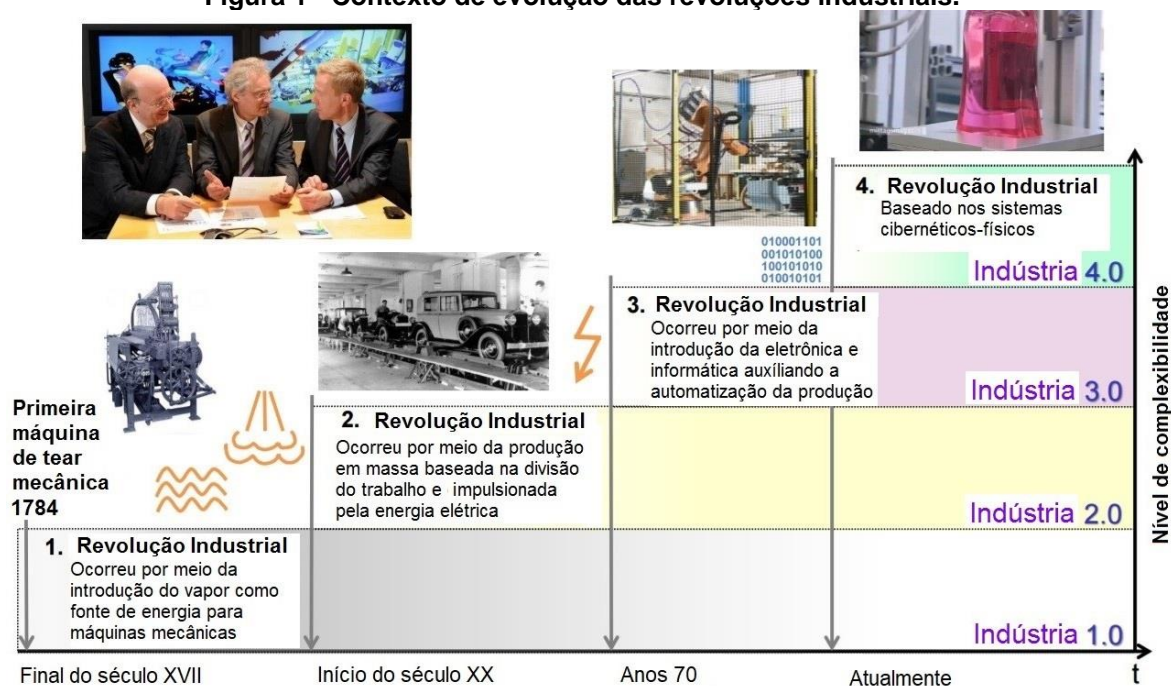
3. Integração de sistemas vertical e horizontal;
4. Inteligência artificial;
5. Internet industrial das coisas;
6. Realidade virtual;
7. Robôs autônomos;
8. Segurança cibernética.
9. Simulação e impressão 3D;

Por tratar-se de um assunto atual e que promove a exploração do desenvolvimento de tecnologias atuais presentes na indústria 4.0, este trabalho é direcionado as tecnologias *big data*, IoT e CPS no contexto da manufatura.

1.5 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

Na figura 1 é exposto o contexto histórico das revoluções industriais ao longo do tempo.

Figura 1 - Contexto de evolução das revoluções industriais.



Fonte: Wahlster (2016). Adaptado por: Danilo Goulart da Silva.

As etapas da revolução industrial são dadas em quatro fases, sendo elas:

- A primeira revolução industrial ocorreu no final do século XVIII. Houve o desenvolvimento de máquinas de tear e passou-se a utilizar vapor de água como fonte de energia em máquinas mecânicas.
- A segunda revolução industrial teve origem no início do século XX. Ocorreu a disseminação da produção em massa, criação das linhas de produção e introduziu-se o uso da energia elétrica em fábricas.
- A terceira revolução Industrial teve início por volta dos anos de 1970. Explorou-se o uso da eletrônica e tecnologia da informação para a automação da produção.
- A quarta geração industrial é presenciada na atualidade. A indústria 4.0 apresenta um nível complexo de aplicação de novas tecnologias que permitem a comunicação, integração e o controle de informações industriais de diferentes naturezas por meio dos CPS.

1.6 PROBLEMATIZAÇÃO

Qual é o nível de desenvolvimento da indústria 4.0 na manufatura, e quais são os desafios enfrentados pela disseminação das principais tecnologias que compõe a quarta geração industrial?

1.7 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Estudos de casos em periódicos e sítios de fabricantes que envolvam o conceito e os desafios da *big data* e IoT no contexto da indústria 4.0, relegando a trabalhos futuros a manipulação e visualização da *big data*.

1.8 OBJETIVO GERAL

Promover uma discussão entre o pensamento de vários autores sobre o desenvolvimento da indústria 4.0, afim de compreender e analisar o horizonte da quarta geração industrial.

1.9 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever os conceitos da Indústria 4.0;
- Analisar *big data*, IoT e CPS no contexto da quarta geração industrial;
- Compreender o desenvolvimento da quarta geração industrial.

1.10 HIPÓTESE

A indústria 4.0 ou quarta geração industrial, já está em curso de forma conceitual. Iniciativas como a *Factory of Future* (FoF) presente na *industrie 4.0* da União Europeia guiado pelo governo federal Alemão. A *Advanced Manufacturing* (AM) criada pelo governo Norte Americano e *China 2025* criado pelo governo Chinês são exemplos claros desse esforço de desenvolvimento de novas tecnologias para a indústria e serviços (CHENG et al., 2016).

Segundo Haddara et al. (2015), a indústria 4.0 permite a presença de sistemas especialistas em máquinas, dispositivos e processos, melhorando assim o desempenho geral do grupo a qual estes pertencem. Com o avanço na capacidade dos sistemas especialistas, proposto pela quarta geração industrial, baseiam-se as fábricas do futuro. O termo “fábricas do futuro”, foi utilizado por Irwin Welber no simpósio internacional de robôs manipuladores no ano de 1986. Segundo Welber, as fábricas do futuro seriam como um grande mecanismo inteligente regido pelo uso de uma vasta base de dados organizada e integrada.

As companhias podem explorar os dados gerados para dar um passo à frente e criar vantagem através da análise dos dados coletados. Um dos maiores desafios

da análise dos dados da *big data* é a visualização de resultados. Precisa-se buscar novas abordagens para uma visualização contextual, afim de dar o devido apoio na tomada de decisão dos diferentes níveis de uma empresa (MOURTZIS; VLACHOU; MILAS, 2016).

As conexões entre objetos físicos e o mundo virtual, hardwares cada dia mais sofisticados, além da diversificação progressiva de produtos; geram profundos impactos na área de industrial. Pois, marcam o início da mudança de direção para elementos interconectados. Em um ambiente industrial onde estejam presentes a *big data* e IoT; as máquinas, dispositivos e produtos podem tomar decisões autonomamente e se auto organizarem dentro de uma rede dinâmica (BOSCH SOFTWARE INNOVATIONS GMBH, 2017).

1.11 JUSTIFICATIVA

Devido as recentes transformações no setor industrial ao redor do mundo, companhias vem buscando novas soluções para melhorar seus vários índices de desempenho industriais e financeiros. A quarta geração industrial é uma realidade conceitual, com amplo espaço para melhorias e desenvolvimento. Destaca-se que companhias, governos e universidades colaboraram com o intuito de superar os desafios tecnológicos. Contudo, o estado da arte de algumas tecnologias propostas pela indústria 4.0 ainda está no futuro como observa-se na figura 2.

Figura 2 - Ano médio em que mudanças são esperadas

2018	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Armazenamento digital para todos	Robos e serviços	Internet das coisas e para coisas	Tecnologias implantáveis em seres humanos	Onipresença da computação	Impressão 3D e produtos consumíveis	Carros sem motorista	Bit coin e o <i>blockchain</i>
		Roupas com internet	Big data para decisões	Impressão 3D e saúde humana	Inteligência Artificial e empregos	Inteligência artificial e decisões	
		Impressão 3D e a produção	Novas tecnologias para aprimoramento da visão	Casas com conectividade	Economia compartilhada	Cidades inteligentes	
			Nossa presença no sistema cibernético				
			Governos e o <i>blockchain</i>				
			Supercomputadores de bolso				

Fonte: World Economic Forum (2015). Adaptado por: Danilo Goulart da Silva

Nota-se o ano médio, 2023, esperado para que algumas mudanças tecnológicas propostas pela indústria 4.0 gerem impacto na sociedade. Destaca-se a *big data* para decisões ou analítica e a IoT. As tecnologias já existem, porém ainda em processo de melhoria e desenvolvimento tecnológico (WORLD ECONOMIC FORUM, 2015).

Observa-se que o estado da arte das principais tecnologias da indústria 4.0 está no futuro, assim é necessária uma exploração da bibliografia recente com intuito de analisar o cenário vivenciado pela quarta geração industrial. Bem como, compreender quais são os desafios para que a indústria 4.0 concretize-se.

Esse trabalho é proposto para que o autor e leitores possam entender quais são os conceitos da quarta geração industrial propostos por diferentes autores. Assim como, compreender quais são os desafios enfrentados para que as tecnologias da quarta geração industrial alcancem o estado da arte.

1.12 EMBASAMENTO TEÓRICO

Conforme Hermann, Pentek e Otto (2016), devido à recente disseminação por centros de pesquisa, universidades e companhias, e constantes melhorias incrementais; a falta de padronização faz com que os termos envolvendo a indústria 4.0 não possuam conceitos definidos. Os responsáveis pelo “*Industrie 4.0 Working*

Group” e “*Plataform Industrie 4.0*”, grupos participantes da iniciativa alemã *industrie 4.0*, somente descrevem possíveis cenários e tecnologias básicas em que a quarta geração industrial baseia-se, mas não oferecem conceitos bem definidos. Assim, ainda não foram estabelecidas definições claras para as tecnologias que envolvem a indústria 4.0.

1.12.1 *Big Data*

De acordo com Rüßmann et al. (2015), a análise de dados da *big data* surgiu recentemente na área da manufatura. A possibilidade da análise dos dados otimiza a qualidade, economiza energia e melhora a eficiência de equipamentos e sistemas de produção. No contexto da indústria 4.0, a aquisição e a interpretação compreensiva de dados de máquinas e da cadeia de produção, empreendimentos, sistemas gerenciais, consumidores; se tornará um padrão de tomada de decisão em tempo real.

Sistema de tempo real (STR) é definido como um sistema em que a precisão e os algoritmos finais dependem não só do resultado computacional, mas também do tempo consumido para processar os resultados. Parte dos sistemas baseiam-se em informações pré-estabelecidas pertencentes a sistemas estáticos, o que leva a elevados custos de produção e manutenção. Gerações recentes de sistemas de tempo real para situações críticas (*hard real time*) foram desenvolvidas de forma a serem dinâmicas, previsíveis e flexíveis (MOISES, 2017).

Segundo Tindell e Hansson (1997), quando se leva em conta a linha do tempo, como é o caso dos STR, um dos principais problemas consiste em escalonar o conjunto de tarefas que compõe o sistema dentro de um determinado período de tempo. O escalonamento de tarefas envolve a distribuição de recursos e tempo de operação de forma eficiente. A forma de medir o desempenho de um sistema de escalonamento depende do propósito do STR. Há inúmeras formas de avaliar o comportamento do STR já que em cada situação deve-se dar ênfase a um determinado aspecto do sistema.

A variedade de métricas existentes torna difícil a comparação de algoritmos de escalonamento. Outro aspecto que torna esta comparação menos clara, são as características das tarefas que cada sistema executa. As tarefas podem ser associadas a tempos de computação, utilização de recursos, prioridades,

precedências e tempo. Se uma tarefa for periódica a sua frequência é importante, se for esporádica então dá-se importância ao tempo limite de execução (TINDELL; HANSSON, 1997).

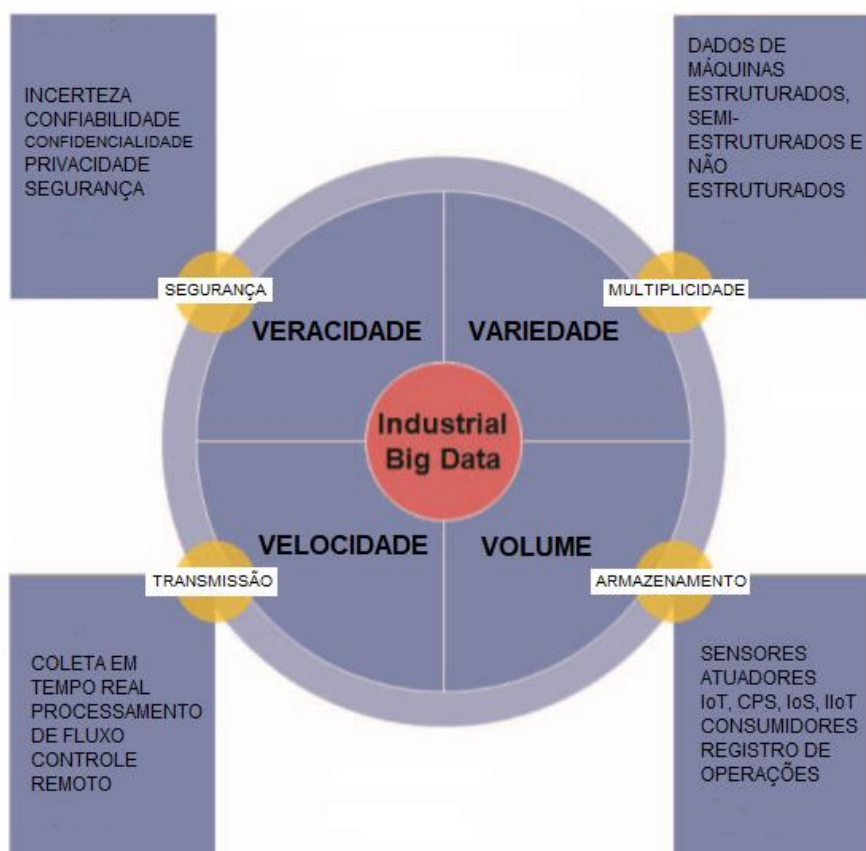
Com o avanço da manufatura em massa e alta customização de produtos, as companhias trabalharão com compartilhamento em tempo real de uma variedade de dados personalizados da sua cadeia de produção, enquanto ainda gerenciam outros dados relevantes. A *big data* vem usando novos modos de processamento para obtenção rápida de dados importantes de diferentes fontes de informação, como por exemplo: dados de máquinas, operacionais, cadeia de produção e externos. Obtendo assim um entendimento estruturado capaz de oferecer uma maior precisão para tomada de decisões gerenciais (ZHOU; LIU; ZHOU, 2015).

Os dados gerados por uma variável controlada como por exemplo: máquina, sensor ou equipamento; podem ser usados para prever, analisar, programar e tomar decisões estratégicas baseadas em cenários internos e externos da indústria. A integração permite com que organizações tenham melhores e mais abrangentes relacionamentos com consumidores, assim como um melhor entendimento de suas práticas empresariais (ZARTE et al., 2016).

Big data tem conceito baseado em dados que são difíceis de coletar, armazenar, gerir e processar usando ferramentas e tecnologias convencionais. Na última década a quantidade de dados gerados mundialmente cresceu exponencialmente. Em 2011, o volume de dados de 18 Zettabytes (ZB) foi criado e a previsão é que os dados se multipliquem a cada dois anos no futuro próximo. A indústria 4.0 gera um enorme conjunto de dados de diferentes fontes e naturezas que dificultam a manipulação com algoritmos tradicionais. A *big data* analítica está presente na quarta geração industrial para oferecer soluções de manipulação, padronização e transformação de dados industriais. Propõe-se o modelo dos 4 “V’s” para a big data industrial: variedade, velocidade, veracidade e volume (KHAN et al., 2017).

A figura 3 apresenta o modelo da *big data* industrial baseado nos 4 “V’s”.

Figura 3 - Modelo dos 4 "V's" da *big data* industrial



Fonte: Khan et al. (2017). Adaptado por: Danilo Goulart da Silva

Segundo Khan et al. (2017), a *International Business Machines* (IBM) propôs o modelo dos 4 "V's", onde:

- Volume: Capacidade de armazenar grande volume de dados;
- Variedade: Opera com vasta variedade de informações coletadas de diferentes fontes;
- Veracidade: Detecção do conteúdo de dados para a segurança do sistema;
- Velocidade: Habilidade de coleta, transmissão e processamento de dados em tempo real.

Wan, Cai e Zhou (2015) aborda que, para ter um poder de decisão mais preciso, a *big data* industrial demanda um novo modelo de processamento, discernimento e habilidade de otimização. *Big data* e o armazenamento em nuvem são tecnologias inseparáveis, pois, a *big data* não pode ser operada em somente um computador, ela deve usar *software* como serviço com processamento de dados de forma distribuída, plataforma como serviço, armazenamento em nuvem e infraestrutura como serviço.

Por meio da análise dinâmica dos dados de consumidores, a *big data* industrial fornece auxílio para empresas que procuram aumento na demanda de venda de seus produtos. A tecnologia pode ser usada para diagnosticar e prever o desenvolvimento de novos produtos, otimizando assim a pós-venda e melhorando continuamente seus produtos. A *big data* industrial é uma ferramenta importante da IoT para sincronizar dados, utiliza-se esta ferramenta para aprimorar dados de processos produtivos e sistemas industriais (WAN, CAI e ZHOU, 2015).

1.12.2 Internet das Coisas

Atualmente, somente um número limitado de fabricantes fornecem sensores e máquinas que possuem redes avançadas e computação embarcada. Os equipamentos são tipicamente organizados em automação vertical, na qual sensores e dispositivos de campo dotados de inteligência artificial limitada e controladores de automação, alimentam o controle de processos de fabricação. Porém, com a IoT uma maior gama de dispositivos e equipamentos vem sendo otimizados com computação embarcada e conectados com protocolos padrões. O uso da IoT permite que dispositivos de campo se comuniquem e interajam entre si e com controladores, conforme necessário. Assim como, descentraliza a análise e tomada de decisões, permitindo respostas em tempo real de equipamentos e dispositivos (RÜßMANN et al., 2015).

A IoT, por meio do CPS e outros protocolos industriais como o OPC, são exemplos de tecnologias de comunicação e informação da indústria 4.0. Permitem a conexão de *softwares* e máquinas dentro de sistemas conectados a uma rede corporativa. As tecnologias apresentadas pela quarta geração industrial, devem contribuir para a interação entre dispositivos físicos e *softwares* (ZARTE et al., 2016).

A conceito básico da internet industrial das coisas (IIoT), IoT para processos de manufatura, é a presença generalizada ao nosso redor de sensores, atuadores, dispositivos de identificação por radiofrequência (RFID), etiquetas, códigos, celulares, tablets, etc. Onde, por meio de endereçamento exclusivo as “coisas” possuem capacidade de interagir e cooperar dentro de uma rede para atingir objetivos em comum (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

De acordo com a divisão de pesquisas e projetos no campo da internet das coisas. “Coisas” são os participantes ativos de negócios, informações pareadas e processos, conectados para interagir e comunicar entre eles e com o ambiente externo por meio da troca de dados e informações. Enquanto algoritmos reagem autonomamente para os eventos do mundo real ou físico, influenciam eventos com os processos pré-determinados para desencadear ações e criar serviços com ou sem intervenção humana (CERP-IOT, 2010).

Embora os diferentes grupos de pesquisa envolvendo a IoT como: RAMI 4.0 (*Reference Architecture Industry*), IIRA (*Industrial Internet Reference Architecture*) e IoT-A (*Internet of Things – Architecture*); possuam diferentes visões sobre o desenvolvimento da tecnologia. Partilham pontos em comum em suas arquiteturas de desenvolvimento da IIoT (WEYRICH; EBERT, 2016).

Conforme Mcgibney, Rodriguez e Rea (2015), os pontos em comum na arquitetura de desenvolvimento da IIoT propostos por diferentes grupos de pesquisa, dividem-se em 3 camadas principais:

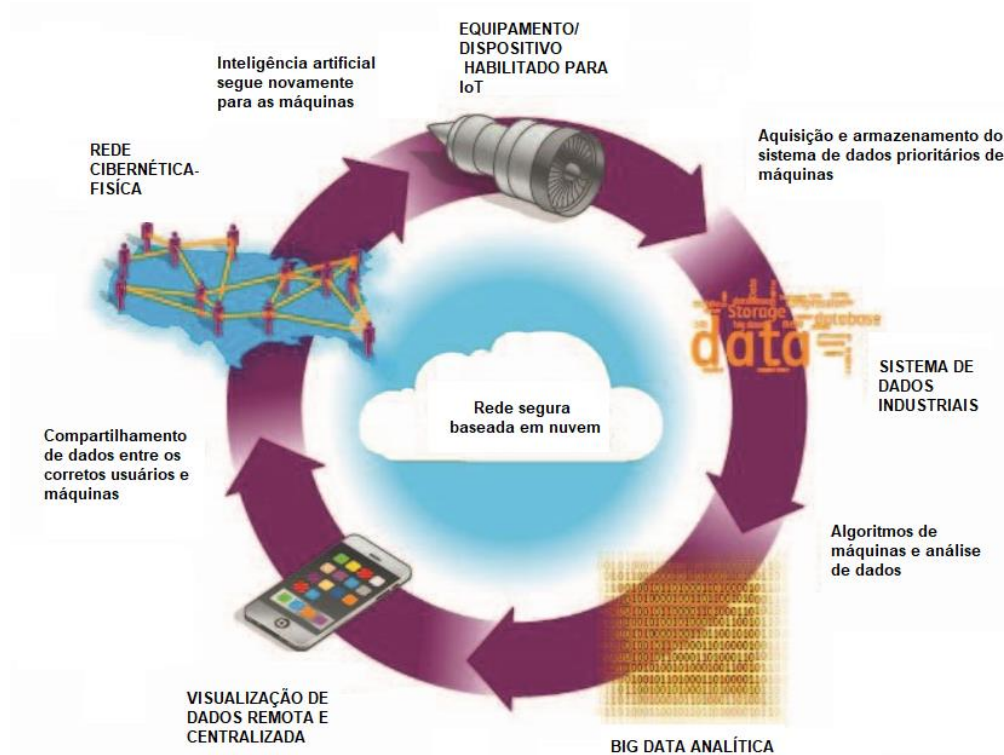
- A primeira camada (L1) conta com a rede de equipamentos físicos ou componentes pertencentes ao chão de fábrica, ou seja, as “coisas”. No contexto da IIoT entende-se que cada ponto de rede como por exemplo sensores, atuadores, máquinas, entre outros; possuam endereço de protocolo de internet (IP) e rede ativa;
- A segunda camada (L2) possui uma plataforma de comunicação. A plataforma inclui diferentes formas de acesso e comunicação por meio de serviços da internet, interconectividade entre redes, serviços dinâmicos e eventos direcionados para a rede de sensores físicos. O objetivo da segunda camada é fornecer uma plataforma computacional escalável capaz de distribuir e providenciar interoperabilidade entre diferentes sistemas;
- A terceira camada (L3) é representada pelo nível gerencial e tem como base as aplicações industriais de melhoria de diagnóstico de processos. Nesta etapa o desempenho e os índices de negócio são medidos (WEYRICH; EBERT, 2016).

Segundo Schneider Electric (2016), a internet industrial das coisas é o conjunto de dispositivos ativos conectados a uma rede e que operam como parte de um sistema, ou de uma cadeia de sistemas pertencentes a uma empresa. As “coisas”

possuem diversas funcionalidades dotadas de inteligência artificial, variam entre uma simples detecção, atuação, controle, otimização ou operação autônoma do sistema.

A conectividade IP sem fio e as arquiteturas baseadas em nuvem, tornam a IoT uma tecnologia com custo reduzido comparado as tecnologias que não usam a nuvem como meio de comunicação. Como observa-se na figura 4, a IoT entregará soluções inovadoras na área de desempenho de sistemas.

Figura 4 - Exemplo de aplicação da IoT



Fonte: Khan et al. (2017). (2016). Adaptado por: Danilo Goulart da Silva

Nota-se que sensores, atuadores, dispositivos com RFID pertencentes a um sistema cibernético-físico que são interligados através da rede em nuvem. Dispositivos dotados de IoT geram uma grande variedade de dados que é analisado pela *big data* analítica. O monitoramento dos dados pode ser realizado remotamente e de forma centralizada entre usuários e máquinas do sistema industrial (KHAN et al., 2017).

1.12.3 Sistemas Cibernético-Físico

O CPS é baseado na integração da computação, redes de comunicação e processos físicos. Ao contrário dos sistemas embarcados tradicionais, baseados em

dispositivos autônomos, o foco do CPS é monitorar e controlar vários dispositivos, máquinas e equipamentos de um processo produtivo através de rede, permitindo a comunicação de dispositivos físicos com o sistema cibernético e vice-versa (PISCHING et al., 2015).

O CPS atende a necessidade de obter informação e serviços em tempo real e em todo lugar, obtido por meio da facilidade do acesso e implantação de redes de internet nas máquinas de manufatura (LEE; BAGHERI et al., 2015). Neste contexto, o conceito básico da IIoT é baseado na tecnologia da comunicação e informação, qual usa a infraestrutura da internet para integrar “coisas” com sensores dotados de inteligência artificial e *softwares*. Viabilizando a integração de dados de diferentes naturezas como por exemplo: dispositivos, sistemas, recursos, informações, pessoas, máquinas, equipamentos e produtos (IVEZIC; KULVATUNYOU; SRINIVASAN, 2014).

A incorporação da IoT ao CPS é considerada o futuro da indústria 4.0 devido à conectividade fornecida pelo CPS e a obtenção de dados que compõe a *big data*. Essa integração promove um universo inteligente de produtos, processos e serviços dentro de indústrias que usa a comunicação máquinas com máquinas (M2M), pessoas com máquinas e vice-versa dentro de uma rede em comum (FOX, 2015).

Nas fábricas do futuro, equipamentos das linhas de produção com CPS presente, irão integrar dados de sensores e sistemas de informação empresariais, criando-se assim um ambiente industrial interativo. A quarta geração industrial tem como núcleo de integração o CPS. O conceito foi proposto pelo cientista americano Helen Gill em 2006 no *National Science Foundation*. O CPS conecta o espaço virtual com a realidade física, integrando capacidades de computação, comunicação e armazenamento. A comunicação deve ocorrer em tempo real, de forma confiável e segura com operação eficiente e estável (CHENG et al., 2016).

Observa-se na figura 5 o conceito principal do CPS. Os 3 “C’s”: comunicação, computação e controle da informação.

Figura 5 - Estrutura dos 3 “C’s” do sistema cyber-físico



Fonte: Cheng et al. (2017). Adaptado por: Danilo Goulart da Silva

Os 3 “C’s”, atingem a interação colaborativa em tempo real entre o mundo real e o mundo informatizado por meio de iteração cíclica entre processos computacionais e processos físicos. O CPS tem como intuito expandir novas funções providenciando sensoriamento em tempo real, controle dinâmico, *feedback* de informações, etc. (CHENG et al., 2016).

Segundo Baheti e Gill (2011), indústrias de países desenvolvidos da Europa e América do Norte estão sendo remodeladas por meio da exploração do CPS e de tecnologias de integração e controle de sistemas *wireless*, aprendizado de máquina, sensores ligados ao processo produtivo, entre outros. O CPS é a nova geração que integra computadores e a natureza física. Onde, a natureza cibernética é um somatório de algoritmos da lógica das unidades de sensores, e a natureza física é a soma das unidades atuadoras com habilidade de interagir e expandir capacidades do mundo físico usando auxílio computacional, tecnologias da comunicação e controle de mecanismos.

A figura 6 apresenta o fluxo de informações entre pessoas, sensores, dispositivos, bens, entre outros, pertencentes a natureza física. Assim como, dados, processos, serviços, internet, entre outros pertencentes a natureza cibernética (HOZDIĆ, 2016).

Figura 6 - Fluxo de informação do CPS



Fonte: Hozdić (2016). Adaptado por: Danilo Goulart da Silva

De acordo com Rajkumar et al. (2010), CPS é o resultado da integração de informação de sistemas embarcados com sistemas operantes em tempo real. Neste tipo de integração é associada uma variedade de ferramentas, dispositivos, equipamentos e sistemas, como por exemplo: sistemas de engenharia, sistemas pré-existentes instalados e sistema com inteligência artificial.

Sistemas cibernético-físico industriais (CPPS), baseiam-se nos desenvolvimentos recentes das áreas da ciência da computação, tecnologias da comunicação e informação e tecnologia e ciência da produção. O desenvolvimento de tais fatores leva a uma nova geração industrial (ACATECH, 2013). O CPPS consiste em elementos e subsistemas autônomos e colaborativos que interconectam informações e realiza interações em diferentes situações em todas as camadas industriais, máquinas, processos de produção e redes logísticas. O modelo operacional e de prognóstico do CPPS, permite a implementação de uma série de tarefas e pesquisas aplicadas em qualquer nível empresarial.

Com a integração da abordagem analítica com a abordagem baseada em simulação, o prognóstico pode ser descrito em detalhes como por exemplo: como os sistemas devem enfrentar uma série de novos desafios em termos de redes de

sensores operacionais, atuadores com inteligência artificial, largura de banda de dados, protocolos de comunicação, entre outros (MONOSTORI, 2014).

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0

De acordo com Khan et al. (2017), companhias e organizações enfrentam desafios no desenvolvimento da *big data*:

- Coleta de dados da automação industrial;
- Transformação de dados cibernético-físicos em padrão único;
- Modelagem e integração de dados para a interoperabilidade de sistemas;
- Manuseio de dados gerados pela IoT, sensores com capacidade de comunicação wireless, computação em nuvem, IIoT;
- Acesso em tempo real a *big data*;
- Segurança e privacidade de dados;
- Desenvolvimento de Algoritmos para *Big data* analítica;
- Softwares para visualização, análise e encapsulação de dados.

Segundo Wan, Cai e Zhou (2015), a quarta geração industrial apresenta desafios técnicos ligado a *softwares* e *hardwares*:

- Mecanismo de decisão e negociação inteligentes;
- Protocolos para rede wireless de alta velocidade;
- *Big data* analítica específica para manufatura;
- Modelagem e análise de sistemas;
- Segurança cibernética e física;
- Dispositivos e máquinas modularizadas e flexíveis.

Zhou, Liu, Zhou (2015), afirma que a indústria 4.0 gera os seguintes desafios ligados ao CPS:

- Desenvolvimento de dispositivos dotados de inteligência artificial;

- Construção de plataformas de redes interativas
- Cooperação entre diferentes sistemas;
- Modelagem CPS e integração de modelos;
- Integração da natureza física com a natureza cibernética;
- Verificação e teste do CPS;
- Análise e processamento da *Big data*;
- Digitalização da manufatura.

Banafa (2017) diz que a IoT no contexto da indústria 4.0 enfrenta os seguintes desafios:

- Segurança contra invasão cibernética;
- Soluções para conectividade e protocolos confiáveis;
- Compatibilidade e longevidade de equipamentos e dispositivos que possuem a tecnologia;
- Protocolos de rede, protocolos de comunicação, padrão para dados agregados;
- Análise imprecisa devido a falhas nos dados ou modelo expondo limitações algorítmicas;
- Capacidade dos sistemas envolvidos de analisar dados não estruturados;
- Capacidade do CPS para gerenciar dados em tempo real.

2.2 TENDÊNCIAS DA INDÚSTRIA 4.0

Yin, Kaynak (2015) cita possíveis tendências para quarta geração industrial:

- Novas técnicas e melhorias para análise da *big data* e mineração de dados;
- Soluções baseadas em nuvem para armazenamento e transmissão da *big data*;
- Soluções de *big data* focadas no controle e monitoramento de dados;

- Otimização de indústrias por meio do prognóstico de dados da *big data*;
- Soluções de *big data* para cadeia de suprimentos e sistemas de gerenciamento de risco;
- Novas teorias de *big data* para aplicação industrial;
- Soluções de *big data* para redes elétricas inteligentes e fontes de energia renováveis.

2.3 MÉTODO

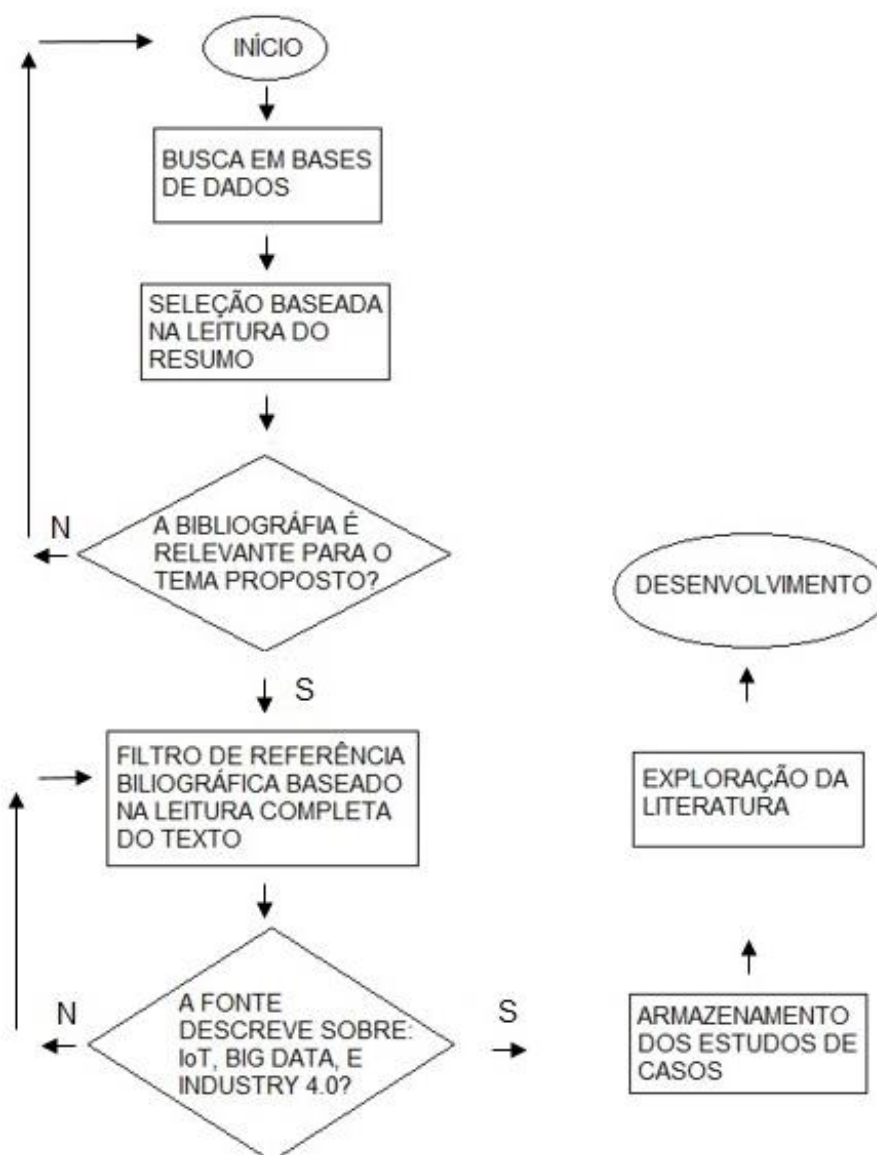
Para realização deste trabalho foi desenvolvido uma revisão bibliográfica, baseada em livros, periódicos e impressos diversos, com o intuito de explorar o contexto e cenários criados pela indústria 4.0.

Do ponto de vista da forma de abordagem a pesquisa é considerada qualitativa, pois a revisão proposta foi baseada na análise de fontes bibliográficas buscando explicações em diversos estudos de caso (GIL, 1991).

De acordo com os objetivos, a pesquisa se caracteriza como bibliográfica, visto que o autor busca todos os dados exclusivamente em fontes bibliográficas já existentes (GIL, 1991).

A revisão da literatura ocorreu por meio da exploração e análise de informação contidas em diversos sítios de fabricantes e periódicos envolvendo o tema. É apresentado na figura 7 o fluxograma do desenvolvimento da pesquisa e revisão bibliográfica.

Figura 7 - Fluxograma da revisão bibliográfica



Fonte: Danilo Goulart da Silva (2017)

No processo de busca de base de dados, pesquisou-se em periódicos e sítios de fabricantes as palavras chaves: *Internet of Things*, *Big Data*, *Industry 4.0* e *Cyber Physical-Systems*. Após a busca de informação, realizou-se uma pré-seleção de estudos de casos seguindo as condições: as informações obtidas por meio da leitura do resumo dos estudos de caso são relevantes? Os estudos de casos atendem o tema proposto?

Após a pré-seleção, realizou-se a leitura completa da bibliografia onde definiu-se a seleção das informações baseadas na abordagem referente a IoT, big

data e Industry 4.0. O conteúdo selecionado é utilizado como fonte de embasamento teórico e desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso.

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na figura 8 é apresentado a análise de tecnologias da indústria 4.0 exploradas pelo autor.

Figura 8 - Denominação da natureza de conceitos da indústria 4.0

Dispositivos e tecnologias	Função
Dispositivos com IoT, RFID, máquinas e equipamentos conectados a redes colaborativas, sensores e atuadores dotados de inteligência artificial, dispositivos móveis, entre outros	Conexão da natureza física
IoT, algoritmos, computação em nuvem	Conexão da natureza cibernética
<i>Big data</i>	Ferramenta de análise da variedade, velocidade, veracidade e volume de dados industriais
CPS	Plataforma que permite a conexão cibernética-física

Fonte: Danilo Goulart da Silva.

Cheng et al. (2016), propõe que a indústria 4.0 baseia-se no conceito do CPS, qual propõe a comunicação, computação e controle de dados industriais. Tal conceito, torna-se possível por meio integração do mundo físico com o mundo cibernético (KHAN et al. 2017). Ivezić, Kulvatunyou, Srinivasan (2014), diz que a plataforma responsável por integrar diferentes sistemas industriais é conhecida como CPS. De acordo com Rajkumar et al. (2010), CPS é o resultado da integração da informação de sistemas embarcados com sistemas operantes em tempo real. Segundo Zhou, Liu, Zhou (2015), Banafa (2017) e Wan, Cai e Zhou (2015), o CPS em conjunto com a IoT industrial, enfrentam desafios principalmente na coleta, transmissão e leitura de dados em tempo real.

A *big data* industrial, pode ser usada para prever, analisar, programar e tomar decisões estratégicas baseadas em cenários internos e externos das indústrias (ZARTE et al., 2016). A *big data* usa novos modos de processamento para obtenção rápida de dados importantes de diferentes sistemas (ZHOU; LIU; ZHOU, 2015). Porém, segundo Khan et al. (2017), a *big data* possui uma série de desafios envolvendo a melhoria da segurança, transmissão em tempo real de dados,

armazenamento de grande volume de dados gerado por indústrias, manipulação da grande variedade de dados gerados por variáveis controladas, entre outros.

De acordo com Banafa (2017), Wan, Cai e Zhou (2015) e Khan et al. (2017), a IoT, assim como a *big data* também enfrentam desafios no desenvolvimento da segurança contra invasão cibernética e privacidade de dados;

Na figura 9, observa-se a interação das tecnologias presentes na indústria 4.0.

Figura 9 - Contexto de interação de tecnologias da indústria 4.0



Fonte: Danilo Goulart da Silva.

Compreende-se que as tecnologias CPS, *big data* e IoT operam de forma conjunta. Onde, o CPS é a plataforma que engloba os dados de sistemas físicos de sensores, atuadores, RFID, etc. Com dados de sistemas cibernéticos da IoT, computadores, entre outros. A IoT é o meio de transmissão e comunicação de dados das “coisas”. A *big data* é a ferramenta de manuseio do volume, variedade, veracidade e velocidade dos dados que trafegam pela IoT e CPS.

O conceito básico da IoT, no contexto do CPS é baseado na tecnologia da comunicação e informação, qual usa a infraestrutura da internet para integrar “coisas” com sensores dotados de inteligência artificial e *softwares* (IVEZIC; KULVATUNYOU; SRINIVASAN, 2014). Segundo Wan, Cai e Zhou (2015), a *big data* industrial é uma ferramenta importante da IIoT e CPPS para sincronização de dados diferentes fontes e naturezas. Como por exemplo dados de: dispositivos, sistemas, recursos,

informações, pessoas, máquinas, equipamentos e produtos (IVEZIC; KULVATUNYOU; SRINIVASAN, 2014).

CONCLUSÃO

Analisou-se que a IoT, por meio do CPS e outros protocolos industriais são exemplos de tecnologias da comunicação e informação da indústria 4.0. Tais tecnologias permitem a conexão de *softwares* e máquinas dentro de diferentes sistemas conectados a uma rede colaborativa. A conexão de robôs, sensores, dispositivos RFID, etiquetas, entre outros dispositivos físicos, geram dados diversos. A *big data* industrial é a ferramenta aliada para manuseio, análise, limpeza e interconectividade dos dados gerados.

Ressalta-se a importância de explorar o horizonte tecnológico para observar as tendências e oportunidades que são geradas com o desenvolvimento da quarta geração industrial. A indústria 4.0 é uma realidade conceitual que propõe a unificação de tecnologias por meio de suas funcionalidades. A quarta geração industrial conta com amplo espaço para desenvolvimento e melhorias, visto que o ano médio para que as tecnologias alcancem o grau de desenvolvimento planejado ainda esteja no futuro.

Compreende-se que autores, companhias, governos e centros de pesquisa ainda não estabeleceram conceitos unificados, porém seguem pontos em comum. Diferentes iniciativas descrevem possíveis cenários e tecnologias básicas em que a quarta geração industrial baseia-se, porém não oferecem conceitos bem definidos.

TRABALHOS FUTUROS

Dispositivos conectados a IoT geram um alto volume de dados, a *big data* auxiliada pelo CPS possibilita a criação de um ambiente interativo entre indústrias e consumidores. Assim, o autor sugere que trabalhos futuros apresentem novas abordagens envolvendo a visualização e gerenciamento da *big data* de sistemas industriais.

REFERÊNCIAS

ACATECH. **Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0**. 2013. Final report of the Industrie 4.0 Working Group, acatech. Disponível em: <http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf>. Acesso em: 18 set. 2017.

ALLEN, Robert. **The British Industrial Revolution in Global Perspective: How Commerce Created the Industrial Revolution and Modern Economic Growth**. 2006. Disponível em: <<https://www.nuffield.ox.ac.uk/users/allen/unpublished/econinvent-3.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. The Internet of Things: A survey. **Computer Networks**, [s.l.], v. 54, n. 15, p.2787-2805, out. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128610001568>>. Acesso em: 05 set. 2017.

BAGHERI, Behrad et al. Cyber-physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment. **Ifac-papersonline**, [s.l.], v. 48, n. 3, p.1622-1627, 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.318>.

BAHETI, Radhakisan; GILL, Helen. **Cyber-physical Systems: The Impact of Control Technology**. 2011. Disponível em: <<http://www.ieeecss.org/sites/ieeecss.org/files/documents/loCT-Part3-02CyberphysicalSystems.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2017.

BANAFSA, Ahmed. **Three Major Challenges Facing IoT**. 2017. Disponível em: <<https://iot.ieee.org/newsletter/march-2017/three-major-challenges-facing-iot>>. Acesso em: 25 set. 2017.

BOSCH SOFTWARE INNOVATIONS GMBH. **Rule-based analysis of production data – manufacturing experts at the heart of Industry 4.0**. 2017. Disponível em: <<https://www.bosch-si.com/manufacturing/insights/downloads/rule-based-analysis.html>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

CERP-IOT. **Vision and Challenges for Realising the Internet of Things**. 2010. Disponível em: <http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/loT_Clusterbook_March_2010.pdf>. Acesso em: 08 set. 2017.

CHENG, Guo-jian et al. Industry 4.0 Development and Application of Intelligent Manufacturing. **2016 International Conference on Information System and Artificial Intelligence (isai)**, Hong Kong, p.407-410, jun. 2016. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISAI.2016.0092>. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7816745>>. Acesso em: 24 abr. 2017

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo a Indústria 4.0**. 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10316/36992>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

COUTINHO, Luciano. A terceira revolução industrial e tecnológica. As grandes tendências das mudanças. **Economia e Sociedade**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 69-87, out. 2016. ISSN 1982-3533. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ecos/article/view/8643306>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

DRUCKER, P. **O futuro já chegou**. Revista Exame, [s.l.], v. 8, n. 710, p.12-19, 22 mar. 2000.

ELRAGAL, Ahmed. ERP and Big data: The Inept Couple. **Procedia Technology**, [s.l.], v. 16, p.242-249, 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.protcy.2014.10.089>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212017314003168>>. Acesso em: 24 mar. 2017.

FOX, Geoffrey. Panel on Cloud and Internet-of-Things. **2015 IEEE International Conference on Cloud Engineering**, [s.l.], p.234-244, mar. 2015. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ic2e.2015.102>.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p. Disponível em: <https://professores.faccat.br/moodle/pluginfile.php/13410/mod_resource/content/1/como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2015.

HADDARA, Moutaz et al. The Readiness of ERP Systems for the Factory of the Future. **Procedia Computer Science**, [s.l.], v. 64, p.721-728, 2015. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.598>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915027337>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. **2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (hicss)**, [s.l.], p.112-118, jan. 2016. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/hicss.2016.488>. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2918930>>. Acesso em: 05 set. 2017.

HOZDIĆ, Elvis. Smart factory for industry 4.0: A review. **International Journal of Modern Manufacturing Technologies**. Ljubljana, 14 jun. 2016. p. 28-35. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/282791888_Smart_factory_for_industry_4_0_A_review>. Acesso em: 19 set. 2017.

IVEZIC, Nenad; KULVATUNYOU, Boonserm; SRINIVASAN, Vijay. On Architecting and Composing Through-life Engineering Information Services to Enable Smart Manufacturing. **Procedia Cirp**, [s.l.], v. 22, p.45-52, 2014. Elsevier BV.

KHAN, Maqbool et al. Big data challenges and opportunities in the hype of Industry 4.0. **2017 IEEE International Conference on Communications (icc)**, [s.l.], p.325-331, maio 2017. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icc.2017.7996801>. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7996801/?reload=true>>. Acesso em: 06 set. 2017.

MCGIBNEY, Alan; RODRIGUEZ, Alejandro Esquivá; REA, Susan. Managing wireless sensor networks within IoT ecosystems. **2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (wf-iot)**, [s.l.], p.100-116, dez. 2015. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/wf-iot.2015.7389077>. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7389077/>>. Acesso em: 02 set. 2017.

MOISES, Paulo. **Algoritmos de escalonamento de tarefas**. Disponível em: <[http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/paulomoises/STR/Trabalhos desenvolvidos STR_ficheiros/Planificação/trabalho.PDF](http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/paulomoises/STR/Trabalhos%20desenvolvidos/STR_ficheiros/Planificac%27o/trabalho.PDF)>. Acesso em: 11 maio 2017.

MOKYR, Joel. **The Second Industrial Revolution, 1870 - 1914**. 1988. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/769c/a06c2ea1ab122e0e2a37099be00e3c11dd52.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

MONOSTORI, László. Cyber-physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges. **Procedia Cirp**, [s.l.], v. 17, n. 1, p.9-13, 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.115>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114003497>>. Acesso em: 19 set. 2017.

MOURTZIS, D.; VLACHOU, E.; MILAS, N. Industrial Big Data as a Result of IoT Adoption in Manufacturing. **Procedia Cirp**, [s.l.], v. 55, p.290-295, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.038>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116307880>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

PISCHING, Marcos A. et al. Service Composition in the Cloud-Based Manufacturing Focused on the Industry 4.0. **Ifip Advances in Information and Communication Technology**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.65-72, 2015. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16766-4_7. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-16766-4_7>. Acesso em: 10 set. 2017.

QIN, Jian; LIU, Ying; GROSVENOR, Roger. A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. **Procedia Cirp**, [s.l.], v. 52, p.173-178, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221282711630854X?via=ihub#bibI0005>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

RAJKUMAR, Raguathan (raj) et al. Cyber-physical systems. **Proceedings of the 47th Design Automation Conference On - Dac '10**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.731-736, 2010. ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/1837274.1837461>. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5523280&isnumber=5522347>>. Acesso em: 19 set. 2017.

RÜßMANN, Michael et al. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. 2015. Disponível em: <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/>. Acesso em: 01 set. 2017.

SCHNEIDER ELECTRIC (Brasil). **A Internet Industrial das Coisas**: Evolução para uma empresa de fabricação inteligente. 2016. Elaborada por John Conway. Disponível em: <http://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Brochure&p_File_Id=5247886969&p_File_Name=A+internet+Industrial+das+Coisas+-+by+Schneider+Electric.pdf&p_Reference=BR110216VR01>. Acesso em: 12 set. 2017.

TINDELL, Ken; HANSSON, Hans. **Real Time Systems by Fixed Priority Scheduling**. 1997. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:QTBG->

HsMJM4J:https://www.it.uu.se/edu/course/homepage/realtime/ht06/Realtime_Compendium.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 10 nov. 2017.

WAN, Jiafu; CAI, Hu; ZHOU, Keliang. Industrie 4.0: Enabling technologies. **Proceedings Of 2015 International Conference on Intelligent Computing And Internet of Things**, [s.l.], p.135-139, jan. 2015. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icaiot.2015.7111555>. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7111555/>>. Acesso em: 07 set. 2017.

WAHLSTER, Wolfgang. **Industrie 4.0: Cyber-Physical Production Systems for Mass Customization**. 2016. Disponível em: <http://www.dfki.de/wwdata/German-Czech_Workshop_on_Industrie_4.0_Prague_11_04_16/Industrie_4_0_Cyber-Physical_Production_Systems_for_Mass_Customizations.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2017.

WEYRICH, Michael; EBERT, Christof. Reference Architectures for the Internet of Things. **Ieee Software**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.112-116, jan. 2016. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/ms.2016.20>. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7367994/>>. Acesso em: 26 ago. 2017.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Deep Shift: Technology Tipping Points and Societal Impact**. 2015. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2017.

YIN, Shen; KAYNAK, Okyay. Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends [Point of View]. **Proceedings of The Ieee**, [s.l.], v. 103, n. 2, p.143-146, fev. 2015. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/jproc.2015.2388958>.

ZARTE, Maximilian et al. Building an Industry 4.0-compliant lab environment to demonstrate connectivity between shop floor and IT levels of an enterprise. **Iecon 2016 - 42nd Annual Conference of The Ieee Industrial Electronics Society**, Florence, p.6590-6595, out. 2016. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/iecon.2016.7792956>. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7792956>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

ZHOU, Keliang; LIU, Taigang; ZHOU, Lifeng. Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. **2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (fskd)**, Zhangjiajie, p.2147-2152, ago. 2015. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/fskd.2015.7382284>. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7382284>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

Apêndice A



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Sistema de Bibliotecas

DECLARAÇÃO DE AUTORIA

Autor¹: Danilo Goulart da Silva

CPF¹: 070.075.809-71

Código de matrícula¹: 1547305

Telefone¹: (42) 3233 5737

e mail¹: danilogoulart10@hotmail.com

Curso/Programa de Pós-graduação: Tecnologia em Automação Industrial

Orientador: Professor Dr. Josmar Ivanqui

Co-orientador: Professor Dr. Frederic Conrad Janzen

Data da defesa: 18 de outubro de 2017

Título/subtítulo: INDÚSTRIA 4.0: CONCEITOS, TENDÊNCIAS E DESAFIOS

Tipo de produção intelectual: (X) TCC² () TCCE³ () Dissertação () Tese

Declaro, para os devidos fins, que o presente trabalho é de minha autoria e que estou ciente:

- Dos Artigos 297 a 299 do Código Penal, Decreto-Lei nº 2.848 de 7 de dezembro de 1940;
- Da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, sobre os Direitos Autorais, do Regulamento Disciplinar do Corpo Discente da UTFPR;
- Que plágio consiste na reprodução de obra alheia e submissão da mesma como trabalho próprio ou na inclusão, em trabalho próprio, de idéias, textos, tabelas ou ilustrações (quadros, figuras, gráficos, fotografias, retratos, lâminas, desenhos,