



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE ECONOMIA

GABRIELA SANTANA MARTINS

**INDÚSTRIA 4.0 - CONTRIBUIÇÕES TECNOLÓGICAS PARA QUARTA REVOLUÇÃO
INDUSTRIAL**

CAMPINAS

2021

GABRIELA SANTANA MARTINS

**INDÚSTRIA 4.0 - CONTRIBUIÇÕES TECNOLÓGICAS PARA QUARTA REVOLUÇÃO
INDUSTRIAL.**

MONOGRAFIA APRESENTADA PARA O
TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO
BACHAREL EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS NO
INSTITUTO DE ECONOMIA DA UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE CAMPINAS.

ORIENTADORA: PROF.^a DRA. ANA LUCIA
GONÇALVES DA SILVA

CAMPINAS

2021

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Economia
Luana Araujo de Lima - CRB 8/9706

M366i Martins, Gabriela Santana, 1998-
Indústria 4.0 - contribuições para quarta revolução industrial / Gabriela
Santana Martins. – Campinas, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Ana Lucia Gonçalves da Silva.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de
Campinas, Instituto de Economia.

1. Indústria 4.0. 2. Revolução industrial. 3. Cadeias globais de valor. 4.
Desenvolvimento econômico. 5. Estado. I. Silva, Ana Lucia Gonçalves da, 1955-.
II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. III. Títu

Informações adicionais, complementares

Titulação: Bacharel em Ciências Econômicas

Banca examinadora:

Ana Lucia Gonçalves da Silva [Orientadora]

Gabriela Rocha Rodrigues de Oliveira

Data de entrega do trabalho definitivo: 10-12-2021

Dedico esse trabalho a todas as pessoas que ainda tenham esperança em seus corações. Desejo-lhes força, coragem e a dedicação necessária para atingirem seus sonhos e objetivos transformando o mundo ao vosso redor e a vós mesmos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus que esteve presente em todos os momentos.

Agradeço à minha família por sempre incentivar a minha espontaneidade e liberdade, qualidades que me fizeram chegar até aqui.

A todos meus professores que com sua dedicação em transmitir o conhecimento conseguiram toda minha admiração e me guiaram pelo caminho da erudição.

Aos meus amigos que foram como uma família para mim, em especial moradores das repúblicas Amazona e Cativoiro, os quais me inspiraram durante os anos da graduação e pela troca de experiências me fizeram acreditar que o mundo pode ser melhor.

Enfim, agradeço a todos que cruzaram meu caminho e que de alguma forma me fizeram uma pessoa melhor, através disso me fazem desejar o mesmo para o mundo e está é minha principal missão com este trabalho.

RESUMO

A partir do entendimento do fenômeno da Indústria 4.0 como um movimento de inovação tecnológica, no presente documento é proposta uma reflexão dos impactos advindos das novas tecnologias nas cadeias globais de valor e do papel do Estado e das instituições neste cenário. Através de uma pesquisa exploratória e revisão bibliográfica, procura-se primeiramente entender as principais características da Indústria 4.0 bem como suas principais tecnologias, e posteriormente abordar os conceitos de desenvolvimento e o entendimento do papel Estado como instituição. Por fim, constata-se que frente às novas tecnologias e o cenário oligopolista do capitalismo é de extrema importância uma ação intervencionista do Estado que busque um planejamento nacionalista de políticas industriais que inclua a revisão dos conceitos de desenvolvimento perante aos desafios correntes.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Revolução Industrial; Cadeias Globais de Valor; Desenvolvimento econômico; Estado.

ABSTRACT

Based on the understanding of the phenomenon of Industry 4.0 as a movement of technological innovation, this document proposes a reflection on the impacts arising from new technologies on global value chains and on the role of the State and institutions in this scenario. Through an exploratory research and bibliographical review, the aim is first to understand the main characteristics of Industry 4.0 as well as its main technologies, and then to approach the development concepts and the understanding of the role of the State as an institution. Finally, it appears that in the face of new technologies and the oligopolistic scenario of capitalism, an interventionist action by the State that seeks a nationalist planning of industrial policies that includes a review of development concepts in the face of current challenges is extremely important.

Keywords: Industry 4.0; Industrial Revolution; Global Value Chains; Economic development; State.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Revoluções Industriais	12
Figura 2 - Dimensões-chave da produção internacional.....	25
Figura 3 - Impacto da Digitalização no Valor Adicionado	26
Figura 4 - Impacto da automação no valor adicionado	27
Figura 5 - Impacto da impressão 3D no valor adicionado.....	28

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: A INDÚSTRIA 4.0	10
1.1 – INTRODUÇÃO.....	10
1.2 – O QUE É A INDÚSTRIA 4.0?	12
1.2.1 – INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E DINÂMICA ECONÔMICA	15
1.3 - PRINCIPAIS TECNOLOGIAS.....	16
1.3.1 - ALGUNS CASOS CONHECIDOS	19
1.4 – IMPACTOS NAS CADEIAS DE VALOR.....	23
1.4.1 – AS CADEIAS GLOBAIS DE VALOR (CVG).....	25
1.5 - CONCLUSÃO.....	29
CAPÍTULO 2: A ESFERA PÚBLICA E A INDÚSTRIA 4.0	31
2.1 - PAPEL DO ESTADO NA GOVERNANÇA.....	31
2.2 - O DESENVOLVIMENTO CONTEMPORÂNEO	33
2.2.1 - O PAPEL DAS INSTITUIÇÕES NO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO.....	35
2.3 – EXEMPLOS DE INTEGRAÇÃO GOVERNAMENTAL PARA INCORPORAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0..	36
2.4 – CONCLUSÃO	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

CAPÍTULO 1: A INDÚSTRIA 4.0

1.1 – Introdução

O Capitalismo Oligopolista como conhecemos hoje é o estágio avançado do desenvolvimento da reprodução ampliada do capital consolidada na 1ª revolução industrial. Nesse contexto, pode-se lembrar que, segundo Marx, a evolução tecnológica é imanente a esse modo de produção capitalista e possui como funções primordiais a otimização, o aumento da produtividade do trabalho, a redução de custos e o enfrentamento da concorrência.

A proporção atual desse oligopólio deve-se ao inerente e potencializador processo de globalização que impulsiona e é impulsionado pelas inovações tecnológicas, com destaque para os sistemas de comunicação, informática e da própria internet. A evolução e junção desses últimos criaram o conjunto de tecnologias essenciais para a concretização do que podemos chamar de Indústria 4.0 ou de 4ª Revolução Industrial. O conceito utilizado inicialmente na Alemanha, em uma iniciativa estratégica lançada em 2011 pelo governo alemão, que unindo empresas e universidades tinha por objetivo tornar o país pioneiro revolucionando sua produção industrial. A iniciativa, que engloba as principais inovações tecnológicas referentes à automação, controle e tecnologia da informação, aplicadas aos meios de produção, é baseada em processos industriais descentralizados, controlados de forma autônoma por sistemas cyberfísicos e pela internet das coisas, entretanto, as consequências da indústria 4.0 ultrapassam as barreiras industriais atingindo todos os setores da economia (AMORIM, 2017).

Na primeira parte do capítulo 1, foram explorados primeiramente os conceitos dessa nova Indústria pela ótica de Klaus Schwab, autor do livro “Quarta Revolução Industrial”, e seguindo os principais temas por ele levantados outras pesquisas pelo Google Acadêmico foram feitas com as palavras-chave Revolução Industrial e Tecnologias 4.0, com intuito de entender o que marcaria a Quarta Revolução Industrial em detrimento das demais, além de explorar as tendências tecnológicas consideradas pilares para esta nova era. Integrando esses conceitos, utiliza-se do entendimento da Indústria 4.0 como inovação tecnológica de uma ótica schumpeteriana para entender seus impactos na dinâmica econômica e concorrencial.

Posteriormente, ainda no capítulo 1, foi abordado o tema das cadeias de valor utilizando primeiramente do autor Porter (introdutor do conceito), além de uma pesquisa pelo Google Acadêmico com as palavras-chave: Cadeias de Valor e Indústria 4.0. Ademais, documentos que faziam menção ao autor foram revisados. Por fim, abordou-se o tema das cadeias globais de valor por meio de uma revisão dos documentos do Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI), escolhidos por referência e destaque de publicações.

Na primeira parte do capítulo 2, foi abordado o debate do papel do Estado fazendo uso de referencial teórico institucionalista dos autores Peter Evans e Ha-Joon Chang. Além disso, foi também utilizada a ferramenta do Google Acadêmico na procura de artigos, teses e dissertações que abordassem o tema. Seguindo o capítulo, entendendo como necessário abordar o debate sobre o conceito de desenvolvimento contemporâneo, é acrescentada, à ótica institucionalista, a visão de Amartya Sen e Ademar Romeiro, autores com destaque no debate levantado pela Agenda da ONU 2030. Na terceira parte do capítulo 2, acrescenta-se brevemente uma perspectiva cepalina por Aldo Ferrer junto às visões de Chang e Evans sobre o papel das instituições dentro dos conceitos de desenvolvimento econômico. Ainda nesse capítulo foram utilizados documentos recentes da Confederação Nacional da Indústria (CNI) sobre a Indústria 4.0, trazendo ainda mais pertinência e importância ao debate da atuação do Estado. Na última parte deste capítulo, foi acrescentada a contribuição de mais um estudo feito pelo IEDI que faz parte de uma coletânea extensa de estudos sobre o tema.

Durante a realização do presente trabalho, pesquisas exploratórias foram feitas sobre diferentes assuntos e foi dada preferência a estudos de instituições reconhecidas de cunho industrial e tecnológico, e/ou que possuíam referências em materiais conceituados como, por exemplo, IBM, Deloitte e MIT.

Em geral, com base em vasta pesquisa e escolhas teóricas, buscou olhar na história conceitos importantes para entender o cenário atual e, utilizando-se também de estudo de casos reais, entender os desdobramentos que essas tecnologias já proporcionaram. A partir da compreensão primeiramente do que diferencia essa revolução das demais, procurou-se explorar os diversos exemplos de como as tecnologias dessa nova era se dissipam pelas cadeias de valor e como isso impacta sua aplicabilidade para diversos segmentos setoriais, incluindo o setor governamental. Essa primeira etapa da pesquisa teve sentido de construir uma base para analisarmos a dinâmica de “como e por que” o Estado e as instituições são elementos tão importantes nessa nova fase da indústria.

1.2 – O que é a Indústria 4.0?

A primeira vez que esse termo (Indústria 4.0) foi mencionado foi na Feira de Hannover em 2011¹, onde o governo alemão apresentou um projeto² de desenvolvimento de tecnologias voltadas para as indústrias a fim de aumentar a competitividade por meio da criação das fábricas inteligentes, baseando-se na conexão das máquinas, dos sistemas e ativos criando redes inteligentes, ao longo do processo produtivo, controladas autonomamente, ou seja, com intervenção humana ínfima, consoante o tratamento das informações produzidas pela cadeia produtiva e pela demanda de produção (AMORIM, 2017). A Indústria 4.0 é um fenômeno também conhecido como a Quarta Revolução Industrial.

O alemão Klaus Schwab, escritor, diretor e fundador do World Economic Forum, prega que a industrialização atingiu uma nova fase (quarta fase), capaz de transformar os paradigmas atuais, não apenas como uma etapa do desenvolvimento tecnológico, mas como uma transformação na forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. E isso seria o que a difere das revoluções antecedentes (vide Figura 1).

Figura 1 - Revoluções Industriais

Da Indústria 1.0 à Indústria 4.0

○ Primeira Revolução Industrial

Introdução de instalações de produção mecânica com ajuda de água e energia a vapor.

○ Segunda Revolução Industrial

Introdução da divisão do trabalho e produção em massa com ajuda da energia elétrica.

○ Terceira Revolução Industrial

Uso de eletrônica e sistemas de informação e comunicação que automatizam ainda mais a produção.

● Quarta Revolução Industrial

Uso de sistemas ciber-físicos.

¹ A principal feira do mundo para tecnologia industrial que acontece na Alemanha anualmente.

² Projeto liderado por Silgfried Dais e Kagermann, divulgado na Feira de Hannover em 2011, cujo relatório final foi publicado no mesmo evento em abril de 2013.

Extraído de IEDI, 2017, p. 4.

Em seu livro “A Quarta Revolução Industrial” de 2016, Schwab diz que a quarta revolução industrial não é definida por um conjunto de tecnologias emergentes em si mesmas, assim como as revoluções anteriores, mas é na verdade a transição em direção a novos sistemas que foram construídos sobre a infraestrutura da revolução digital (deixada pela revolução anterior).

Segundo um artigo (“O que é a Indústria 4.0?”) publicado pela empresa de tecnologia IBM em seu site³, podemos dividir a cronologia na seguinte perspectiva:

A **Primeira Revolução Industrial** que aconteceu na Grã-Bretanha no final do século XVIII abriu os caminhos a partir do uso da água e a força do vapor para produção em massa, contrastando com uma fase anterior em que a produção era apenas por força puramente humana e animal.

Na **Segunda Revolução Industrial**, que aconteceu um século depois, foi introduzido o conceito de linhas de montagem, com ajuda de recursos como o petróleo, gás e energia elétrica. O cenário de novos recursos energéticos em conjunto com novas tecnologias de comunicação (telefone e telégrafo) foi capaz de elevar os níveis de produtividade, além de introduzir aos processos de manufatura um novo nível de automatização.

A **Terceira Revolução Industrial**, por sua vez, inicia-se na metade do século XX e caracterizou-se pela incorporação de tecnologias de comunicação mais avançadas, pelo uso dos computadores e pelo uso de dados nos processos produtivos. Ou seja, há uma digitalização do processo de manufatura que se inicia com a integração dos maquinários com controladores programáveis com uma base lógica para elevar ainda mais os níveis de automatização, além de aumentar a importância da retenção e uso de dados nos processos.

Já a **Quarta Revolução Industrial** se caracterizaria agora por aumentar os níveis de automação e pelo emprego de fábricas chamadas “inteligentes” por fazerem um uso intensivo dos dados na manufatura, com objetivo de alcançar níveis mais eficientes de produção. Atender de forma adequada a demanda dos clientes nessa fase passa a ser um dos focos a ser alcançado por meio de uma maior flexibilidade produtiva e personalização. Isso permite que níveis de eficiência possam ser alcançados até em pequenos lotes de produtos. A coleta de

³ <https://www.ibm.com/br-pt/topics/industry-4-0>

informação (em forma de dados) do processo fabril e operacional das empresas permite tomada de decisões mais assertivas.

Ou seja, o que torna a 4ª Revolução Industrial distinta das revoluções predecessoras é, na verdade, a inovação trazida pelas diferentes integrações de ferramentas e recursos já conhecidos. Como exemplos pode-se citar a combinação de tecnologias como *Internet of Things* (IoT) ou internet das coisas, *Cyber-Physical Systems* (CPS) ou sistemas cyber-físicos e o *Big Data* (COELHO, 2016), que juntas promovem a integração entre os domínios físicos, digitais e biológicos (AMORIM, 2017).

De acordo com AMORIM (2017), alguns princípios básicos permeiam essa tecnologia em sua aplicação na indústria. São eles:

- Operação em tempo real: capacidade de captar, acompanhar, analisar e tratar de dados de forma instantânea, garantindo maior assertividade na tomada de decisões. Capacidade de saber sobre todas as etapas do processo no momento em que elas acontecem;
- Virtualização: cópia virtual da planta da unidade de produção baseada na simulação computacional, o que permite uma monitoração remota dos processos de produção, a fim de evitar eventuais falhas e ajudar na eficiência geral;
- Descentralização: há uma separação modular do processo de produção geridos por sistemas “cyber-físicos” capazes de se comunicar entre si, captando informações e devolvendo comandos consoante o tratamento das informações, de forma autônoma e segundo às necessidades lidas (demanda, reparos, manutenções etc.);
- Orientação para serviços: a intercomunicação dos sistemas e equipamentos orquestrada por *softwares* contextualizam os conceitos de “*internet of service*” e “*internet of things*”, promovendo importância aos serviços durante todo o processo produtivo;
- Modularidade: a modularização dos processos de produção possibilita a flexibilização através da desacoplação ou acoplação de acordo com a demanda corrente e permite que a produção se torne mais personalizada, ao invés de ser serializada e massificada.

A priori, os princípios dessas tecnologias são contextualizados no cenário de otimização das unidades produtivas, as “fábricas inteligentes”, construindo verdadeiros Sistemas de Integração Horizontal. Porém, esses ecossistemas de produção cyber-físicos não

se limitam a isso. Ao serem fundidos com os demais processos da produção, permitem a construção também de Sistemas de Integração Vertical inteligentes baseados em tecnologia de informação e comunicação para a produção industrial, universalmente integrada e em rede, abrindo caminho para uma nova era tecnológica, a qual irá transformar radicalmente a indústria, as cadeias de produção de valor e os modelos de negócios (IEDI, 2017).

1.2.1 – Inovação tecnológica e Dinâmica Econômica

Para entender o impacto dessas tecnologias no panorama econômico pode basear-se nos textos do economista Michal Kalecki. Em seus estudos sobre a dinâmica econômica (1954)⁴, o autor já havia introduzido a inovação tecnológica como um fator importante na dinâmica econômica das economias capitalistas em seu ensaio. Neste, o progresso técnico passa a ser o principal determinante do investimento que, por sua vez, tem papel decisivo nos ciclos econômicos e na composição da equação da renda nacional.

Aqui o investimento, como também defendido por Steindl (1952 *apud* SILVA, 2010), possui um papel estratégico na articulação dinâmica entre os níveis micro e macroeconômicos. As fundações microeconômicas, que descrevem a dinâmica da acumulação de capital, delineiam teorias de decisões empresariais do investimento de caráter produtivo e em uma projeção de um sistema econômico completo, têm sua contrapartida nas fundações macroeconômicas nos mecanismos de concorrência empresarial, e por tanto nos determinantes do investimento agregado (SILVA, 2010).

Nesse conceito, a inovação, tal qual presente na indústria 4.0, é capaz de articular ondas de inversão com subsequentes movimentos de difusão por meio da concorrência no mercado entre velhas e novas empresas. É uma

“[...] revolução das bases técnicas de formações oligopolistas até então estabilizadas [...] através da criação de setores e estruturas empresariais inteiramente novas” Coutinho (1983 *apud* SILVA, 2010, p. 201)

Isto é, as novas tecnologias da quarta revolução industrial estrutura novos processos produtivos e organizacionais com novos modelos de negócio e de gestão.

⁴ OS ECONOMISTAS - TEORIA DA DINÂMICA ECONÔMICA, 1983.

Em suma, a indústria 4.0 representa uma nova dinâmica econômica quando se torna capaz de inovar as condições gerais de produção que articulam a demanda produtiva ao processo de produção e circulação do capital.

1.3 - Principais tecnologias

Há diversas tecnologias inseridas nesse fenômeno industrial, já que uma das principais características da dinâmica da Indústria 4.0 é exatamente uma personalização das tecnologias já conhecidas de acordo com as demandas, sejam elas individuais ou institucionais (CNI, 2016). Entretanto, existem alguns pilares tecnológicos que sustentam a Indústria 4.0 e fornecem a base das demais tecnologias, são eles: a *Internet of Things (IoT)*, *Cyber-Physical Systems (CPS)*, *Big Data* e *Data Analytics*, *Cybersecurity (Blockchain)*, *Cloud Computing*, Simulação Digital, Realidade Aumentada, Robôs Autônomos, Manufatura Aditiva e Novos Materiais (engenharia de materiais). Com mais detalhes:

- **A *Internet of Things (IoT)* ou Internet das Coisas:** pode ser entendida como a integração e comunicação por meio da internet, de objetos físicos e/ou virtuais que utilizam a tecnologia *wireless*, ou seja, comunicação sem interferência humana (COELHO, 2016; BORLIDO, 2017). Funciona a partir de

“Dispositivos e objetos com sensores integrados são conectados a uma plataforma de Internet das Coisas, que integra dados de diferentes dispositivos e aplica análises para compartilhar as informações mais valiosas com aplicativos desenvolvidos para atender a necessidades específicas. Essas poderosas plataformas de IoT podem apontar exatamente quais informações são úteis e quais podem ser ignoradas com segurança. Essas informações podem ser usadas para detectar padrões, fazer recomendações e detectar possíveis problemas antes que eles ocorram⁵” (CLARK, 2016 tradução própria).

- **Os *Cyber-Physical Systems (CPS)* ou Sistemas Ciber-Físicos:** são integrações de computadores, redes e processos físicos e/ou virtuais. Tais sistemas funcionam por meio da comunicação e coordenação de elementos computacionais (como *software*), sensores (que

⁵ CLARK, Jen. **What is the Internet of Things (IoT)?**, 2016. Available at IBM Business Operations Blog

monitoram indicadores virtuais ou físicos,) e atuadores (responsáveis por modificar o ambiente virtual e físico onde são executados). Tudo isso é distribuído em um ambiente conectado ao que se chama de “inteligência”, visando a obtenção de dados e conhecimento sobre os objetos e processos tornando a atuação dos agentes mais precisa (ZANNI, 2015);

- **Big-Data e Data Analytics:** são definidos como ativos de informação que se baseiam em 4V’s: volume (grande quantidade de dados gerados, não sendo possível a utilização de ferramentas típicas de software para captura, armazenagem, gerenciamento e análise), variedade (dados estruturados e não estruturados oriundos de emails, mídias sociais, sensores, entre outros), velocidade (fluxo de dados constante e que demanda maior velocidade de processamento) e veracidade (reconhece que os dados podem possuir níveis variados de incerteza e confiança, exigindo novas técnicas que proporcionam perspectivas mais consistentes) (GOMES, 2017; BRAGA, 2017);

- **Blockchain:** é uma das tecnologias de *cybersecurity* e pode ser descrito em linguagem simples como um livro (*ledgers*) público de transações de dados de forma descentralizada. Como a palavra público indica, os mesmos *ledgers* são armazenados em todos os nós ou participantes em uma rede do sistema. Atualmente, a tecnologia Blockchain é considerada inquebrável e um divisor de águas na indústria de segurança de sistemas (LEE, 2019);

- **Cloud Computing:** pode ser descrito como o acesso a recursos de computação (por exemplo: aplicativos, servidores, armazenamento de dados, ferramentas de desenvolvimento, recursos de rede etc.) sob uma demanda e por meio da internet. Tudo isso fica hospedado em um *data center* de acesso remoto que, por sua vez, possui um gerenciamento dado por um provedor de serviços especializado em cloud. Sendo assim o que a cloud proporciona é uma transformação de uma dada infraestrutura de Tecnologia da Informação em um utilitário, pois permite a conexão com os recursos sem precisar instalá-los nem tê-los on-premises. A ferramenta também é responsável por reduzir os custos de TI, melhorar a agilidade e o tempo de maturação no que se diz respeito a gerenciamento de hardware e software, além de ser exemplo de tecnologia escalável e flexível (VENNAM, 2020);

- **Realidade Aumentada (RA):** é uma tecnologia que permite juntar elementos virtuais à nossa visão de realidade fazendo a projeção de cenários virtuais sobre o mundo físico. Funciona com a utilização de dispositivos móveis formam imagens que representam uma interação direta entre o usuário e os objetos de um ambiente. A projeção também ocorre

em nível do objeto, permitindo o acompanhamento virtual de dados físicos e de processamento, como a operação de máquinas. Abre portas à simulação digital, com o acompanhamento de projeções da realidade física em tempo real de processos de diferentes naturezas. Isso fornece informações com baixo custo e desperdício para engenheiros, operários, gestores e usuários (PAIOLA, 2020);

- **Simulação Digital:** é a reprodução virtual, ou seja, virtualização de processos, procedimentos de processos e ambientes baseados em modelos matemáticos e representações em três dimensões (3D). Toda a cadeia de criação e produção pode ser simulada e torna possível encontrar o melhor nível de otimização no uso dos recursos, insumos e energia (SENAI, 2019);

- **Robôs Autônomos:** são máquinas que podem realizar tarefas em ambientes sem estrutura pré-determinada, sem intervenções do homem, dando aos robôs autonomia para tomadas de decisões não programadas em face de diversos cenários previamente estabelecidos, sendo assim treinados para solucionar problemas novos e lidar com situações imprevisíveis (FONTES, 2020).

- **Manufatura Aditiva:** é o nome que se dá para definição do processo de manufatura digital por adição; isso engloba um conjunto de tecnologias responsáveis pela produção de objetos a partir de modelos digitais, ou seja, a partir de um desenho elaborado no computador. As máquinas responsáveis por tal processo de manufatura são conhecidas como impressoras 3D (WHISHBOX, 2015).

- **Novos Materiais:** são materiais desenvolvidos pela ciência, disponíveis na natureza ou sintetizados, que apresentam vantagens em relação aos materiais presentes na indústria atual. Podem ser materiais mais leves, fortes, recicláveis, adaptáveis e “inteligentes”, com propriedades como autorreparação ou autolimpeza (SCHWAB, 2016). A ideia dessa tendência é utilizar-se da ciência para aprimoramento da eficiência dos materiais e dos processos de transformações destes materiais em produtos mais eficientes e sustentáveis (HAHN, 2005). Para esta área, as principais tendências são a nanotecnologia, polímeros biodegradáveis e materiais inteligentes.

Os Novos Materiais vêm revolucionando diversos ramos, como, por exemplo, o ramo espacial, o qual tem desenvolvido materiais cada vez mais resistentes a viagens espaciais, além do ramo de construção civil, com materiais inteligentes, que se autorregeneram, trazendo

muita economia e segurança para suas construções. Além disso, os Novos Materiais têm uma grande missão a cumprir no que tange à sustentabilidade. Hoje pode-se presenciar o desenvolvimento de diversos polímeros biodegradáveis e este é um ramo que tende só aumentar e ganhar destaque em suas inovações devido à crescente demanda de medidas de proteção e restauração de meio ambiente (HAHN, 2005).

1.3.1 - Alguns Casos Conhecidos

- **Internet of Things**

Alexa da Amazon: A assistente pessoal da empresa Amazon acompanha o usuário e detecta por exemplo preferências de temperatura, música, filmes e pedidos de serviço de quarto.

“É possível, a partir daí, ter uma dimensão mais apurada sobre onde o consumidor está em sua jornada de compra, quais produtos e serviços está mais acostumado a consumir e quais são suas ambições. Isso abre, por exemplo, novas possibilidades para vendas cruzadas ou upgrades em serviços que o cliente já possui” (DIGITAL HOUSE, 2018).

Frida: Uma solução de software livre que mitiga desastres naturais, combinando dados de emergência com tecnologia de IA e IoT. O Frida consiste em duas ofertas - um aplicativo habilitado para IA móvel e um dispositivo IoT com um sensor de giroscópio, um sensor de calor e uma câmera e tudo conectado pela Cloud. O software foi originalmente criado para o IBM 2018 Call for Code, ganhando o primeiro lugar na competição interna da empresa e foi inicialmente projetado para que as escolas forneçam preparação para terremotos, guiem as pessoas durante os exercícios, prevejam a magnitude dos terremotos com base em dados de sensores, identifiquem as melhores rotas de fuga durante os terremotos e detectem pessoas presas em salas de aula danificadas. É uma solução completa inédita para fornecer coleta de dados, monitoramento, notificações e orientação antes, durante e depois de um desastre (IBM, 2019)

Crystal da Siemens: O Edifício foi considerado um dos prédios mais sustentáveis do planeta, usando design inteligente e tecnologias da Inteligência Artificial e IoT.

“Totalmente elétrico, usa mais de 5,000 sq ft de painéis solares fotovoltaicos e uma bomba de calor de fonte terrestre para gerar sua própria energia. O

exterior da construção utiliza vidro solar triplo de alto desempenho que permite cerca de 70% de luz visível através de cada janela. A quantidade considerável de luz natural que entra no edifício significa que o mínimo de luz artificial é necessário. A junção das tecnologias em questão ajusta automaticamente cada lâmpada individualmente para fornecer níveis de brilho confortáveis sem desperdiçar eletricidade e controla o modo de ventilação mais adequado e energeticamente eficiente para cada parte do edifício (em temperaturas moderadas, a ventilação natural é usada e as janelas abrem automaticamente e em baixas ou altas temperaturas, as janelas fecham e um sistema de ventilação interior assume o controle)". (THE CRYSTAL ORG, 2020).

- **Sistema CPS**

Waze: utiliza as informações emitidas pelo celular como: leitura de velocidade, localização e também os dados enviados pelos condutores (tráfego, acidentes, policiais). Quando tudo isso é interpretado, cruzado e analisado com GPSs, sistemas de trânsito, mapas e devolvidos como informação sobre navegação. Este material gerado fornece condições para decidirmos qual caminho seguir, ou seja, muda nossa relação com o meio físico (IEE, 2021).

- **Inteligência Artificial**

Watson:

“A robusta Inteligência Artificial da IBM é uma plataforma de serviços cognitivos voltada para negócios. O objetivo da IBM ao criar o Watson foi ajudar profissionais e empresas a construir seus próprios sistemas cognitivos e, assim, melhorar processos e serviços. Uma das possibilidades de utilização da IA do Watson é o atendimento ao cliente por meio dos chatbots” (CHATBOT MAKER, 2021)

- **Big Data**

Danone:

“Ao lançar o iogurte grego no mercado, a Danone enfrentou um enorme problema com a validade do produto, que é bastante curta. O uso do Big Data foi importante para entender melhor o comportamento de seus

consumidores e passar a realizar a entrega para as redes de varejo com melhor sincronia diminuindo o gasto com produtos vencidos” (IBE, 2018).

- **Blockchain**

MyStory: solução baseada no conceito de Garantia Digital.

“A partir do escaneamento de um QR-code os consumidores podem, por meio do aplicativo My Story™ , verificar o histórico completo de um produto e sua jornada; desde seus ingredientes e métodos de produção ao tempo de armazenamento e avaliações do produto” (DNV, 2019 - tradução própria).

Isso auxilia consumidores a exercerem cada vez mais um consumo consciente e condizente com suas ideologias, tudo isso pautado no conceito de transparência.

Recerreum:

“[...] uma plataforma de blockchain que usa contratos inteligentes para recompensar as pessoas com base na quantidade de lixo que elas separaram. Ele implanta lixeiras com etiquetas e sensores RFID. As pessoas podem escanear tags para criar suas contas na plataforma blockchain. Sempre que uma pessoa joga lixo segregado, os sensores nos escaninhos medem a quantidade de lixo. Os dados são carregados na plataforma blockchain, onde os contratos inteligentes calculam a recompensa pela segregação de resíduos. Em seguida, ele inicia as transações automaticamente para enviar o valor da recompensa para a conta bancária dessa pessoa” (ALLERIN, 2020 - tradução própria).

Esses serviços estão sendo utilizados em países como Estados Unidos, China e Alemanha.

- **Robôs Autônomos**

Violet: Um robô movido a IA está sendo testado para desinfetar superfícies contaminadas usando luz UV. Tem objetivo ajudar hospitais sobrecarregados na luta contra o COVID-19. O protótipo do robô usa a Unidade de processamento Intel Movidius Myriad X Vision (VPU) para navegar com segurança pelas pessoas, enquanto desinfeta as superfícies do hospital. A criação deste robô foi impulsionada por uma startup irlandesa chamada Akara, esta já é referência em design de inteligências que ajudem o setor de saúde (MURRAY, 2020).

Amazon: A empresa conta com mais de 100 mil robôs autônomos em atividade nos galpões da empresa que, nas palavras de Tye Brady, chefe de tecnologia na Amazon, estão “expandindo a eficiência humana” e não deixando pessoas desempregadas. O chefe acredita não ser economicamente viável ter milhares de funcionários humanos para realizar tarefas repetitivas, como caminhar quilômetros por dia dentro de um armazém buscando itens específicos, e explicitou que, apesar de a empresa já ter uma grande quantidade de robôs em seus galpões, o trabalho humano nessas instalações é essencial (TECMUNDO, 2018).

- **Cloud**

Guardio: Usando uma Inteligência Artificial (IBM Watson) hospedada em nuvem, a empresa de segurança digital desenvolveu uma solução de monitoramento de mensagens no WhatsApp e Instagram que pode alertar pais sobre trocas de mensagens que podem indicar e ou levar ao bullying (ELOUSA, 2018).

Creval: Para transformar suas operações de central de serviços, o grupo bancário Creval implantou um assistente virtual, equipado com a tecnologia da Inteligência Artificial (IBM Watson), que reduziu as chamadas de central de serviços em 80 por cento e permitiu que a equipe se concentrasse em tarefas de alto valor que impulsionam a excelência no atendimento ao cliente (IBM, 2018).

- **3D Printing**

MIT e BASF: Em conjunto com o MIT, a empresa química BASF conseguiu criar com sucesso um processo impulsionado pela IA, a fim de acelerar a descoberta de materiais personalizados de impressão 3D. Normalmente, esse processo é desenvolvido por químicos por meio de algumas iterações de um material candidato durante alguns dias e diversos testes de laboratório. O novo algoritmo de aprendizagem da máquina pode realizar centenas dessas interações com as características desejadas no mesmo período, o que economizaria tempo e custos de matéria-prima, além de diminuir o impacto ambiental dos produtos químicos descartados (ZEWE, 2021).

1.4 – Impactos nas Cadeias de Valor

Entender como essas tecnologias se relacionam com as cadeias de valor é ter a visão da diversidade de aplicações e possibilidades que essa nova indústria traz. Para o autor e introdutor do conceito Michael Porter em 1985⁶, a cadeia de valor pode ser entendida como a fragmentação das atividades relevantes de uma empresa, na intenção de compreender o comportamento de custos junto a suas fontes e potenciais de diferenciação (PORTER, 1989, p.31). Nesse entendimento, o autor subentende que

“[...] toda empresa é uma reunião de atividades que são executadas para projetar, produzir, comercializar, entregar e sustentar seu produto. Todas estas atividades podem ser representadas, fazendo-se uso de uma cadeia de valores [...]” (PORTER, 1989 *apud* ROCHA et al. 2007, p. 3).

Isto é, a cadeia de valor fragmenta as atividades de uma empresa ou organização de acordo com o valor que cada atividade agrega ao consumidor, desde a pesquisa e desenvolvimento, produção, até a distribuição e venda de seus produtos. Essa visão sistêmica de fluxo de valor é de extrema importância para a melhoria dos processos com a redução de custos e aumento de qualidade, proporcionando uma vantagem competitiva importante no mercado. Vantagem essa que está ligada à capacidade da empresa de administrar com eficiência todo esse sistema, daí a importância de analisar essa relação durante a expansão do fenômeno tratado.

Nesse sentido, a digitalização e a informatização dos processos produtivos mudam a cadeia de valor, uma vez que a transforma em uma cadeia integrada verticalmente, o que abre portas para otimização e eficiência. Esta integração permite uma análise extensiva e precisa dos dados em tempo real, o que permite manobras de agentes tanto em relação ao mercado quanto em relação a própria produção, com a visualização de possíveis riscos e proporcionando mais tempo para criação de estratégias e planejamento efetivos. Isso pode ser aplicado para todos os segmentos, desde a manufatura até os setores de TI e recursos humanos (VALCÁRCEL, 2018).

⁶ PORTER, M.E. Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

De acordo com o relatório da Deloitte *Industry 4.0 and Manufacturing Ecosystems*, a digitalização representa uma oportunidade para a melhoria da competitividade de diversos setores industriais diante do mercado global. E ainda acrescenta:

“À medida que a integração da tecnologia da informação e da tecnologia de operações evolui, os fabricantes precisarão avaliar não apenas onde estão, mas também onde desejam estar. (...) isso ditará os tipos de informações de que eles precisarão coletar, analisar e agir”. (DELLOITE, 2016, p.19, tradução própria).

Ou seja, qualquer pequena e média empresa (PME) que queira sobreviver neste novo mercado digital deve aceitar o desafio de se adaptar a este novo ambiente, abraçando as novas possibilidades que as novas tecnologias oferecem. As novas organizações, neste contexto, executariam seus processos com uma maior flexibilidade na produção e redução de retrabalho, visto que alterações nos produtos poderão ser realizadas a qualquer tempo e falhas serão identificadas ainda na produção. Em decorrência, haveria melhorias nos processos produtivos, na engenharia de produtos, na cadeia de suprimentos e no gerenciamento do ciclo de vida, provocando transformações em toda cadeia de valor: tanto em atividades primárias quanto nas atividades de apoio.

As consequências da aplicação das ferramentas da quarta revolução industrial *end-to-end* no processo das empresas produtivas são também grande precursor de seu desenvolvimento na área de serviços: uma empresa do setor produtivo começa fazendo uma integração horizontal do estágio produtivo e, conforme amadurece a digitalização dos demais estágios, começa a construir a integração vertical onde desenvolve modelos de gerenciamento estratégico digital inteligente de seus serviços de Marketing, Vendas, Recursos Humanos, entre outros. Isso abre possibilidades de diferentes utilizações das tecnologias advindas dessa nova era que sejam especializadas nesses novos ramos, o que quer dizer que empresas de setores predominantemente de serviços também são grandes e importantes agentes dessa transformação, o que não exclui o próprio setor público desse cenário.

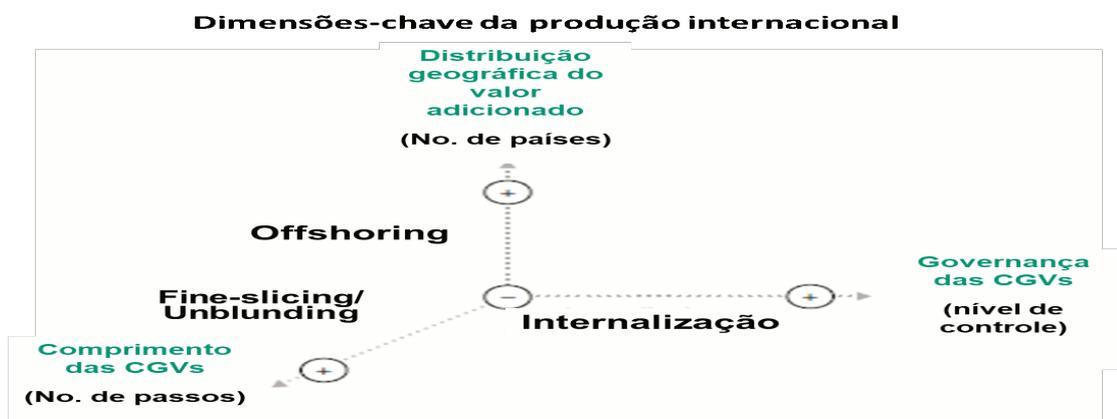
1.4.1 – As Cadeias Globais de Valor (CVG)

Ainda sobre o tema das cadeias de valor, é importante contextualizar as redes globais de produção das Empresas Multinacionais (EMNs), que atualmente geram e coordenam 80% do comércio mundial, formando as Cadeias Globais de Valor (CGV) entre suas afiliadas, parceiros contratuais e/ou fornecedores. O grau de internacionalização das EMNs varia entre as diferentes indústrias, podendo se configurar desde uma estrutura relativamente simples até redes complexas de produção internacionais, tendo por finalidade explorar em escala global as diferenciais de custos de mão de obra e produtividade entre os países. Este processo teve um rápido estímulo dos avanços das tecnologias de informática e comunicação das últimas décadas desde os anos 1990 (IEDI, 2020).

Assim, o tema é um ponto de importante entendimento, uma vez que proporciona a visão do impacto da indústria 4.0 no valor adicionado de cada etapa produtiva. Essa é uma variável de interesse que deve permear os investimentos e desafios a ser encarados tanto por governos nacionais que desejam promover a uma integração harmônica e desenvolvimento de sua nação frente à revolução 4.0, quanto por empresas de menor porte que visem se manter competitivas ou ingressar no mercado futuro (IEDI, 2017).

A carta do IEDI 1036 faz referência às atuais configurações da produção internacional assim como apresentadas pela UNCTAD - Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento, e nomeia algumas dimensões-chave para analisar as cadeias de valor, são elas: o comprimento, a distribuição geográfica e a governança.

Figura 2 - Dimensões-chave da produção internacional



Extraído de IEDI, 2020, p. 8.

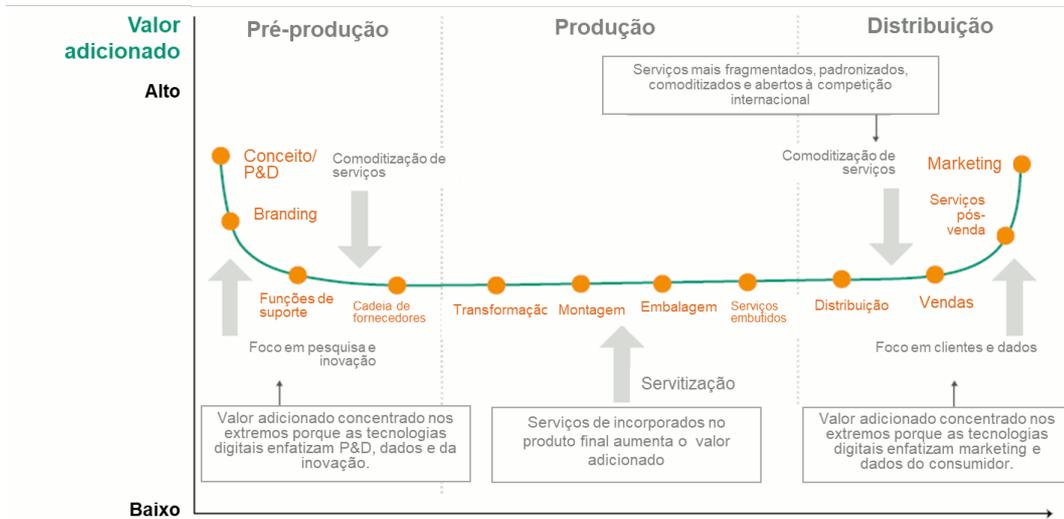
Sendo assim, cria-se o conceito "curva do sorriso", que é a curva colocada transversalmente ao agrupar tais dimensões. Ao fazer isso, tarefas que possui um peso maior intelectual se encontram nos extremos da curva, de modo que no centro da curva ficam as tarefas de menor valor agregado, como tarefas de montagem fabril (IEDI, 2020).

No contexto da 4ª Revolução Industrial, as CGV são impactadas por três principais tendências, segundo a análise do Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (2020): digitalização e tecnologias adjacentes, a manufatura aditiva junto à impressão 3D e o processo de automação.

Processos de produção integrados, facilitação da governança e coordenação de longas linhas produtivas e complexas são resultados da digitalização 4.0. Isso pode também significar oportunidades de acesso às cadeias globais de valores para PMEs fornecedoras. Suas tecnologias e processos elevam o valor proveniente de serviços na fabricação de bens finais (serviços físicos) e novos serviços são adicionados ao produto, geralmente com significativo componente digital (serviços embutidos). Também ampliam o peso dos intangíveis na cadeia de valor, particularmente P&D e inovação, inteligência de mercado e serviços pós-venda, deslocando o valor agregado para os extremos da curva do sorriso (IEDI, 2020). Além disso, a carta referida chama atenção para o que denominam servitização ou mercantilização de serviços de baixo valor agregado nos processos de fabricação, o que traz um achatamento do centro da curva sorriso.

Figura 3 - Impacto da Digitalização no Valor Adicionado

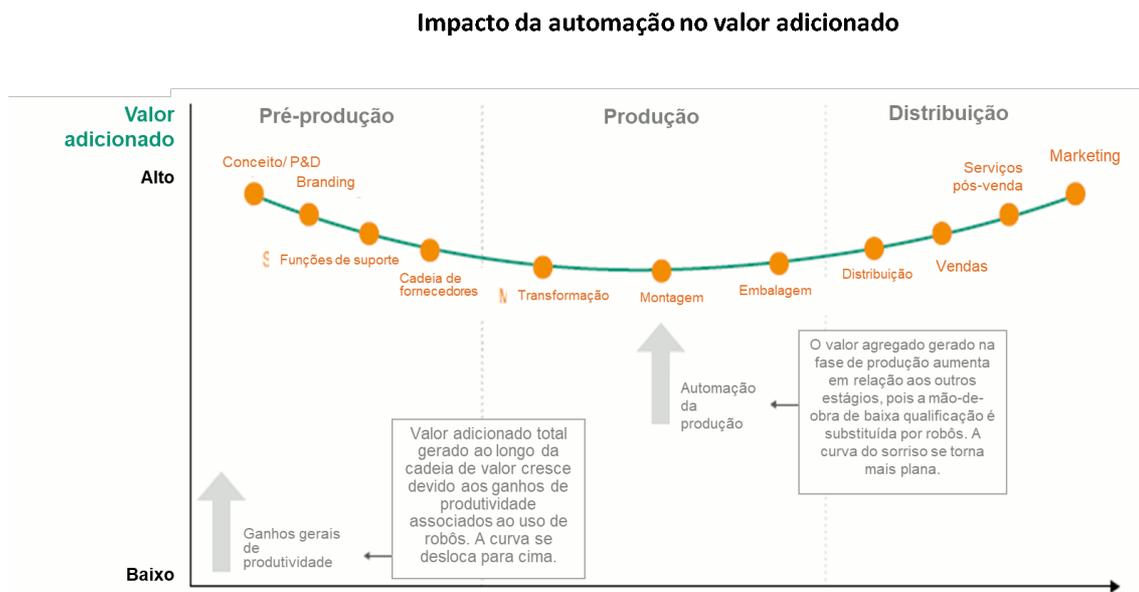
Impacto da digitalização no valor adicionado



Extraído de IEDI, 2020, p. 13.

A automação utiliza-se da robótica em serviços de médio e alto valor agregado e envolve, geralmente, o uso de inteligência artificial. Esta atividade eleva o valor adicionado dos tangíveis, tornando a curva do sorriso mais suave. Além disso, os ganhos de produtividade associados com o uso de robôs deslocam a curva inteira para cima (IEDI, 2020).

Figura 4 - Impacto da automação no valor adicionado

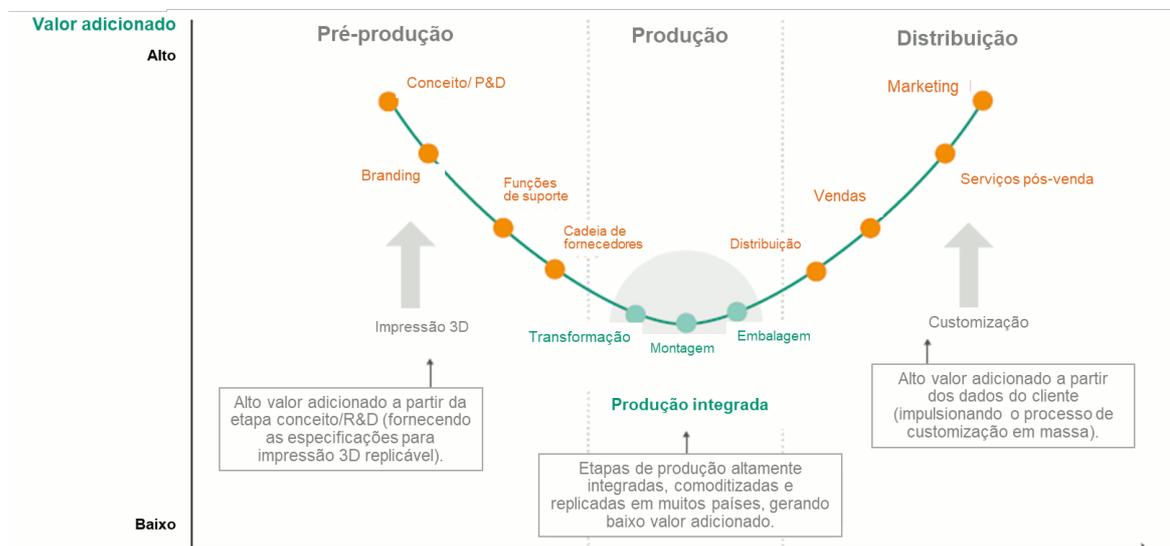


Extraído de IEDI, 2020, p. 14.

Outra tecnologia importante apresentada na Carta 1036, por demonstrar seus impactos na curva de valor adicionado, é a impressão 3D. Essa última possui uma peculiaridade: proporciona dois efeitos distintos e simultâneos com relação à redistribuição geográfica da cadeia, são eles o *rebundling*⁷ e o efeito de *offshoring*⁸. O texto do IEDI ainda chama atenção para a fragmentação das etapas da cadeia que vai depender do produto almejado, mas que, com utilização da manufatura aditiva, tende ao encurtamento da mesma.

“Sendo assim, por tornar o custo relativamente de baixo, impressoras 3D padrão tornam economicamente viável a criação de pequenos lotes, reduzindo a escalas técnicas eficientes mínimas. Ao mesmo tempo, a impressão em 3D torna possível produzir uma variedade significativa com custo marginal negligenciável. Portanto a curva sorriso tenderia a ficar mais pronunciada, de acordo com a UNCTAD” (IEDI, 2020).

Figura 5 - Impacto da impressão 3D no valor adicionado



Extraído de IEDI, 2020, p. 16.

⁷ Reintegração dos processos.

⁸ Exteriorização dos processos.

Concluindo, é visível que os diferentes setores industriais possuem impactos distintos no valor adicionado, mediante as tecnologias da nova era. Cada um deles necessita de estratégias condizentes com a inovação do seu perfil produtivo para construir um planejamento de longo prazo que vise a manutenção da sua competitividade ou a inovação criativa de seus negócios em relação ao mercado e tendência do comércio global.

1.5 - Conclusão

A Indústria 4.0 nada mais é que o resultado do progresso técnico advindo da indústria dos últimos anos. Por uma ótica empresarial e concorrencial, pode ser entendida como a continuação da crescente busca por competitividade, otimização e produtividade e, de uma perspectiva macro, o fenômeno pode ser entendido como resultado de investimentos e demandas ao longo do tempo. Como a dinâmica econômica funciona em ciclos, é compreendido que a Indústria 4.0, da mesma forma que surge de uma demanda/investimento, também funciona como propulsor de novas demandas e investimentos (SCHUMPETER, 1911; 1939; 1961).

Como visto durante este capítulo, as tecnologias emergentes proporcionam uma integração vertical e horizontal dos processos que são decisivas para a reestruturação dos setores da economia daqui para a frente, tanto nacional quanto globalmente (SCHWAB, 2016). Em geral, tais tecnologias promovem aumento da digitalização, da automação, da importância dos dados em todos os processos, bem como aumento dos serviços em toda cadeia produtiva (CNI, 2018). Já existem muitos casos do uso dessas tecnologias tanto para indústrias e fábricas quanto para o ramo de serviços, e cada vez mais respondendo as demandas da sociedade essas soluções são soluções inclinadas para a sustentabilidade (AMORIM, 2017).

Essa crescente importância dos dados e dos serviços na produção cria, para países que atualmente possuem papel de baixo valor agregado na cadeia global de valor, oportunidades para se aperfeiçoarem em novas atividades com valor agregado mais alto. Essas atividades tendem a envolver o ramo de pesquisa, ciência e design e dão a chance para países subdesenvolvidos tentarem um *catch-up* criativo e aos poucos irem favorecendo o acúmulo de capital necessário para seu desenvolvimento e autonomia produtiva (IEDI, 2016;2020).

CAPÍTULO 2: A ESFERA PÚBLICA E A INDÚSTRIA 4.0

Outra dimensão que abrange o tema da indústria 4.0 refere-se aos mecanismos para induzir a adoção de tecnologias digitais. Para promoção de uma integração gradual e condizente com as realidades de cada país, é necessária uma etapa de identificação de prioridades e planejamento de instrumentos capazes de induzir e acelerar a difusão dessas tecnologias pela economia (CNI, 2018). Para que tal etapa seja suprida com eficiência, deve ser retomada a reflexão de pontos que tangem as tendências e necessidades do desenvolvimento contemporâneo e do papel do Estado nessa nova era.

2.1 - Papel do Estado na Governança

Uma nova megatendência que a 4ª Revolução Industrial evidencia é sobre a governança global que coloca em prática políticas industriais que visem ao desenvolvimento industrial, à criação de empregos, ao fortalecimento regional, à redução da pobreza, à participação na revolução tecnológica ou nas CGVs e ao alcance de metas de sustentabilidade (IEDI, 2020). Essa governança apresenta-se como uma tendência de intervencionismo oposto ao pregado pelo neoliberalismo até então, principalmente no que tange a governos de países subdesenvolvidos. Na visão de Peter Evans (2004), a participação do Estado na execução de projetos nacionais está, atualmente, presente como no passado. O autor percebe que, nas economias industriais avançadas, a informática e o setor de TI em geral estão presentes em todos os setores e que são verdadeiros propulsores de desenvolvimento. Afirma o autor:

O projeto de quinta geração do Japão, o ESPRIT da Europa e o Sematech nos Estados Unidos mostravam que os Estados estavam intimamente envolvidos na tentativa de moldar o desenvolvimento da informática. [...] O fato é que o governo tem um papel central nos investimentos na informática em todo o mundo. O significado prático do papel ubíquo do governo em investimentos tecnológicos é que tal envolvimento é uma das regras do jogo em todos os lugares. (EVANS, 2004, p.136).

Essa reflexão contrapõe a visão *mainstream* que carrega consigo noções neoclássicas do Estado como ineficiente e como parte do problema que distancia nações de atingir seu desenvolvimento potencial. Outra visão que enfatiza o intervencionismo governamental é a de

Chang (2004). O autor aponta como países desenvolvidos fizeram uso de políticas industriais, tecnológicas e comerciais para seu desenvolvimento. Em seu livro⁹ expõe o fato de que países ainda em desenvolvimento foram amplamente pressionados pelas nações anglo-saxônicas em ordem de implementar "boas políticas e boas instituições" que promoveriam seu desenvolvimento tal qual o deles. Pode-se citar que, dentre essas instituições, as de grande importância são a democracia, o poder jurídico, banco central independente, governo transparente que seja orientado para lógica de mercado e forte proteção aos direitos de propriedade (CHANG, 2004 apud MOURA, 2018)

Isto é, o Estado assume papel-chave na coordenação da incorporação da Indústria 4.0, a fim de que se evite a difusão de tantas desigualdades e rupturas econômicas, como no caso do mercado de trabalho, não só nacionalmente, como também globalmente. Isso demandará reformas institucionais necessárias para responder e superar o descompasso entre os requisitos do crescimento e do desenvolvimento, tais como: a oferta de serviços educacionais de boa qualidade, serviços eficientes, construção da infraestrutura física e atividades de proteção da população mais vulnerável econômica e socialmente; além de uma reforma orçamentária e fiscal que dê capacidade ao setor público de financiar-se para executar essas missões (BONELLI, 2009).

A retomada desse grande debate envolve a reformulação dos conceitos de cunho nacionalista da intervenção Estatal da economia. Em cenários como o da Quarta Revolução Industrial, a atuação estatal não deve ser resumida apenas a políticas macroeconômicas do governo (seja, monetária, fiscal, cambial). Nas palavras de Barini (2008):

“[...] mas inclusive as medidas tomadas com o objetivo de influenciar o desempenho das instituições relevantes, a implementação de controles de capitais e sobre fluxos comerciais, as políticas de renda, a cooperação internacional entre governos (por exemplo, visando ao controle do sistema financeiro), as reformas institucionais, políticas industriais, dentre outras. A visão ampla de macroeconomia implica num amplo escopo intervencionista, na medida em que a sociedade e suas estruturas formam o escopo analítico pós-keynesiano, e são, ao mesmo tempo, o objeto de intervenção estatal.” (p.59)

Por fim, essa é uma ideia de intervenção estatal que enfraquece o discurso neoliberal ainda presente (e muitas vezes disfarçado), e tem sua importância reconhecida pelo próprio Banco Mundial, desde 1997, quando menciona, em seu relatório *“The state in a changing*

⁹ Chutando a Escada: A estratégia do desenvolvimento em perspectiva histórica, Ha-Joon Chang (2004).

world”, os desafios a serem enfrentados, sendo, perante eles, imprescindível a ação efetiva do Estado:

“Os governos têm sido forçados a responder à rápida difusão de tecnologias, a pressões demográficas e preocupações ambientais crescentes, à maior integração global dos mercados, e a uma mudança rumo a formas mais democráticas de governos. E, sobre todas essas pressões permanece o enorme – e persistente – desafio de reduzir a pobreza e viabilizar o desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento – econômico, social e sustentável – sem um Estado efetivo é impossível. Tem sido crescentemente reconhecido que um Estado efetivo – e não um Estado mínimo - é fundamental para o desenvolvimento econômico e social” (BANCO MUNDIAL, 1997, p.18 *apud* FERREIRA, 2014).

2.2 - O Desenvolvimento Contemporâneo

Do ponto de vista da governança global, existem compromissos que as nações devem honrar perante as nações e ao próprio planeta. Estabelecidos na Agenda 2030 da ONU, dentre esses compromissos estão a missão de acabar com a pobreza e a fome em todos os lugares, o combate às desigualdades dentro de e entre os países, a construção de sociedades pacíficas, justas e inclusivas, a proteção aos direitos humanos junto à promoção da igualdade de gênero e de assegurar a proteção duradoura do planeta e seus recursos naturais (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Na missão de cumprir esse dever, é necessário repensar os conceitos de desenvolvimento sustentável dentro do campo da economia ecológica, já que esse é o caminho de se promover a melhoria do bem-estar comum das nações, em destaque as nações que ainda sofrem com o subdesenvolvimento. A economia ecológica é o entendimento teórico que emprega os verdadeiros conceitos de sustentabilidade ao tema do desenvolvimento, incorporando as ideias da existência dos limites à eficiência no uso dos recursos naturais, de que o capital será sempre complementar ao uso de recursos naturais na função de produção e de que ecossistemas complexos e vitais vêm sofrendo danos letais com o nível de consumo corrente (ROMEIRO, 2012).

Essa perspectiva ecológica de Romeiro conversa diretamente com partes importantes das inovações presentes na indústria 4.0, como a criação de novos materiais (*ecofriendly materials*), redução do desperdício (uso da manufatura aditiva, simulações digitais que dispensam o uso de materiais físicos, a própria característica otimizadora das novas tecnologias, produção e dispersão dos dados). Também traz consigo um dos principais dilemas da sociedade contemporânea: o crescimento zero. A necessidade da formulação de uma macroeconomia ambiental e da difusão de novas normas de consumo está no centro desse dilema e exigem globalmente uma educação ambiental que dissemine a percepção de que o “nível de conforto material atual é mais do que suficiente e que continuar o esforço de crescimento produzirá mais malefícios que benefícios” (2012, p. 67) assim como dito pelo autor. Entretanto o autor peca nesta frase ao não especificar o grande problema da desigualdade na distribuição deste dado “nível de conforto material” alcançado, porém o tema é abordado em sua obra.

No processo descrito acima, a ajuda de organismos e instituições com influência global é fundamental já que

“as inovações institucionais e organizacionais garantiriam, por sua vez, um ritmo de introdução de inovações técnicas nos processos produtivos capaz de compensar a pressão das atividades econômicas sobre o meio ambiente” (Grossman & Krueger, 1995 *apud* ROMEIRO, 2012, p. 75).

Romeiro (2012), em seu texto “Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica”, destaca a principal ideia que deveria servir como modelo para tais organismos e instituições: a de que o debate do desenvolvimento sustentável deve ser entendido como um processo de melhoria do bem-estar humano, e que todo e qualquer conforto deve ser adequado considerando os limites do planeta.

A concepção de Amartya Sen (1999) enriquece essa perspectiva ao entender o desenvolvimento como liberdade e esse processo como um movimento de erradicação de constrangimentos como a pobreza, a fome, o analfabetismo, as doenças, a desproteção social, a discriminação, a violência urbana, a guerra e a opressão política. Na prática, isso trata de uma transformação econômica e social que deveria acontecer durante a quarta revolução industrial: uma transformação cultural, espiritual e psicológica por meio das gerações, para que ocorra a metamorfose do sistema econômico. Atomicamente, a liberdade deve ir de encontro com a capacidade de cada um de florescer como defendido pelo autor.

Portanto, faz-se fundamental a elaboração e propagação de novos modelos econômicos, programas e acordos mundiais para a concretização dos conceitos de economias ecológicas. Esses devem ter como proposta central a manutenção da vida na terra, o valor à vida como pregado pelas Nações Unidas (2015), o entendimento do desenvolvimento como a busca pela liberdade (SEN, 1999) e capacidade de cada um e pela responsabilidade de todos em qualquer processo de recuperação não só do meio ambiente, mas também dos valores como a solidariedade inter e intragerações (ROMEIRO, 2012).

2.2.1 - O Papel Das Instituições no Desenvolvimento Econômico

Diante do quadro exposto, em que se evidencia o papel fundamental das instituições frente ao desenvolvimento da Quarta Revolução Industrial, torna-se necessário repensar as instituições atuais em meio a esse processo. De uma perspectiva institucionalista, uma das principais críticas a ser feita dentro desse tema no cenário atual é a presente monocultura institucional.

O termo "monocultura institucional" foi criado em consequência aos efeitos do Consenso de Washington, e refere-se à tentativa de impor versões idealizadas de instituições anglo-saxônicas, cuja aplicabilidade transcende as culturas e circunstâncias nacionais. Essa visão baseia-se em duas premissas: a de que a eficiência institucional não depende do ambiente sociocultural; e a de que as atuais instituições econômicas dos países desenvolvidos são sempre as mais eficientes e tendem a produzir resultados similares onde quer que estejam. (EVANS & CHANG, 2005). Essa configuração ideológica reafirma a armadilha da lógica mercantil centro-periferia que, segundo Prebisch (1949)¹⁰ e Singer (1950)¹¹, é um obstáculo ao desenvolvimento igualitário e à absorção das novas tecnologias de maneira equilibrada, além de ser uma contraposição a Douglas North¹², que defende o liberalismo como ideologia eficaz para propiciar uma matriz institucional que desbloqueie os entraves do desenvolvimento.

¹⁰ Prebisch, R. El Desarrollo Económico de la América Latina y algunos de sus Principales Problemas.

¹¹ Singer, H. W. The distribution of gains between investing and borrowing countries.

¹² NORTH, D. Structure and Change in Economic History, Norton, New York, 1981.

Diante disso, faz-se necessária a retomada da visão do desenvolvimento como liberdade e promove a democracia deliberativa como saída a essa prisão ideológica. A democracia deliberativa, alicerçada em debates e intercâmbios públicos, deve servir de base para a formulação de uma nova visão sobre o desenvolvimento, pautada no aprimoramento de capacidades individuais e coletivas, no investimento em capital humano e na produção de conhecimento (EVANS, 2003). Evans (2003) chama atenção para o “desenvolvimento deliberativo”, que requer a participação de variados grupos sociais na definição de fins prioritários e meios para alcançá-los.

Em resumo, as instituições são peças fundamentais, mas não são o motor do desenvolvimento. Tanto o desenvolvimento econômico altera as instituições como as instituições modelam o desenvolvimento econômico (estão fortemente conectados numa relação simbiótica). Sendo assim, programas de ajuda internacional podem contribuir, mas não mudam a realidade econômica dos países pobres, uma vez que não alteram o desenho institucional dessas nações (ACEMOGLU & ROBINSON, 2012). Essa mudança deve acontecer em nível nacional, de maneira também independente para criar um cenário de assimilação e integração da 4.0, com foco nas bases para o desenvolvimento econômico, que são: tecnologia, educação e estabilidade política (CNI, 2018). Esse último dependerá do perfil individual de cada país quanto à interação entre seus agentes, instituições e estrutura econômica numa perspectiva histórica.

2.3 – Exemplos de Integração Governamental para Incorporação da Indústria 4.0

Diante do cenário dessa corrida em direção à Quarta Revolução Industrial, os países devem adotar diferentes abordagens que variam de acordo com suas tradições políticas, sua infraestrutura institucional, seu potencial campo de intervenção (e.g. treinamento, pesquisa, apoio ao investimento), seu atual nível de centralização tecnológica e as tecnologias que devem priorizar de acordo com seu mercado e objetivo (CNI, 2018).

Em 2018, o IEDI (Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial) publicou um artigo diferenciando as estratégias de oito das principais potências industriais do mundo, separadas em três abordagens:

- A primeira delas baseia-se em políticas que visam à manutenção da posição de liderança de empresas industriais nacionais nos setores de alta tecnologia. Essa abordagem foi aderida por países como Alemanha, Coreia do Sul e Japão.
- A segunda abordagem refere-se às estratégias de revitalização industrial, isto é, a reversão do processo de desindustrialização, a ampliação do peso da produção e do emprego industrial nas economias domésticas e a captura de parcela significativa de valor nas articulações estratégicas das cadeias de valor globalizadas. Essas estratégias foram utilizadas por países como Estados Unidos, França e Reino Unido.
- Na terceira abordagem encontra-se o grupo de países emergentes, nesse caso China e Índia. A estratégia em questão visa um *catch-up* da sua inserção no mercado global via alterações estruturais na indústria doméstica e redução do diferencial em relação às nações desenvolvidas

Ainda com esse entendimento por grupos de países, de acordo com sua posição na configuração internacional, cada país conta com suas especificidades, pontos fortes e debilidades dando diferencial a sua política industrial (IEDI, 2018). Apesar disso, é importante notar o que há em comum a todos os grupos:

- “A ênfase nas parcerias entre empresas, industriais, academia e governo com para acelerar a inovação tecnológica e assegurar a oferta de mão de obra qualificada para atender às necessidades futuras da indústria” (IEDI, 2018, p.6);
- “O esforço para reduzir o tempo entre a descoberta baseada em P&D e a implantação de inovações com intuito de escalar rapidamente a penetração no mercado das tecnologias industriais avançadas” (IEDI, 2018, p.6);
- A ênfase na “promoção das *startups* e pequenas empresas de base tecnológica” com intuito de estimular a inovação (IEDI, 2018);
- A preparação e “treinamento de habilidades da força de trabalho e desenvolvimento da cadeia de suprimentos” com intuito de facilitar a difusão das novas tecnologias por todo o tecido industrial (IEDI, 2018);

- E a cooperação internacional tanto para definição de padrões de integração horizontal e vertical das tecnologias digitais, como para a troca de conhecimento científico e tecnológico de ponta (IEDI, 2018).

Isso significa que é imprescindível o estudo socioeconômico (com foco na interação de seus agentes, instituições e estrutura econômica) para planejamento da incorporação da Indústria 4.0 em nível nacional, mas os pontos de alinhamento entre os diferentes países servem como modelo pré-definido para a construção de um modelo doméstico específico. Em alinhamento, têm-se: as parcerias público-privadas (empresas, industriais, academia e governo) que incluem não apenas grandes corporações, como também pequenas e médias empresas (PMEs) e *startups*, “vistas como fontes de inovação radical e de mudanças estruturais”; o estabelecimento de “uma ponte entre a geração de conhecimento e a comercialização de inovações avançadas de produtos e processos de produção” (IEDI, 2018).

Para países em subdesenvolvimento como o Brasil, esses esforços significam em partes uma valorização da educação nacional (principalmente a educação pública), incentivo a pesquisa nacional, esforços para reduzir a burocracia e acelerar o processo de patentes, a fim de proteger o conhecimento do país, incentivo a criação de novos centros e polos tecnológicos e de inovação, incentivo a ramos de serviço de alto valor agregado (extremidades da curva sorriso), incentivo a ramos menos desenvolvidos da cadeia de suprimentos e esforço diplomático internacional (IEDI, 2016 ; 2018).

Em resumo, as estratégias nacionais de promoção industrial baseiam-se no desenvolvimento de uma oferta de tecnologias, o apoio à difusão dessas tecnologias junto às empresas para modernização do aparelho produtivo e desenvolvimento e adaptação das competências e habilidades dos trabalhadores às novas tecnologias adotadas pelas empresas.

2.4 – Conclusão

No contexto da 4.0, há o retorno do debate referente às formas de intervenção do Estado na economia. De acordo com as perspectivas analisadas de Evans (2004), Chang (2004), Romeiro (2012), do Banco Mundial (1997), além das tendências apresentadas pelos documentos do IEDI, deve-se abrir mão dos ideais neoliberais, principalmente no que tange à

monocultura institucional, criando-se espaço para a construção de políticas que ultrapassem os usuais instrumentos de política monetária, fiscal e cambial. Deve-se ter prioridade e foco também

“redução de desigualdades sociais e das desigualdades entre regiões e também a tentativa de reduzir a natureza da instabilidade inerente dos sistemas do tipo capitalista. Para isso, faz do uso de uma cartilha de política ampla desde a utilização de controle dos fluxos comerciais até agendas de políticas públicas que vise à promoção de indústrias.” (BARROS. & SANTOS, 2014 p. 12).

Em outras palavras, deve-se apoiar no aparato estatal e institucional para a promoção não apenas de um ambiente econômico saudável, mas para produzir uma sociedade mais justa e igualitária, baseada em uma economia mais humana (MINSKY, 1986 *apud* BARINI, 2008, p.60). Para isso, o Estado deve estar concentrado no interesse público em equilíbrio com as ações privadas capitalistas, para assim contemplar necessidades intergeracionais, como os problemas ambientais, o aquecimento global, desmatamento, falta de recursos hídricos, poluição, lixo, desperdício, entre outros (VALE, 2014).

Como apresenta Ha-Joon Chang (2004), o Consenso de Washington difundiu uma “visão cêntrica” sobre o papel do Estado e como ele deveria adotar “boas práticas” (políticas comercial, industrial e tecnológica). Conjuntamente a isso, houve também a difusão de certa idealização cêntrica de instituição e desenvolvimento. porém o significado de desenvolvimento varia de acordo com a visão de mundo de cada comunidade. Por uma definição mais estreita, corresponde a crescimento econômico com redução da pobreza e elevação do IDH. Já uma visão mais ampla requer o aumento da complexidade produtiva e engloba outras dimensões (em especial, o bem-estar social do conjunto da população), tomando os países desenvolvidos como referência (CHANG, 2009). Dado que o sistema econômico mundial continua hierarquizado e reproduzindo relações de dependência financeira e tecnológica, o segredo para uma trajetória de sucesso na globalização é a “densidade nacional”, que depende da existência de coesão social, lideranças nacionalistas, estabilidade institucional e visão criativa (FERRER, 2007; 2010).

Atualmente, as estratégias de desenvolvimento devem estar focadas em plano nacional e honrar com compromissos globais, como os apontados na agenda das Nações Unidas. Sendo assim, por meio do entendimento do desenvolvimento como a busca pela liberdade, devem

levar em consideração um número maior de objetivos prioritários, incluindo a sustentabilidade ambiental (economia ecológica) e o fortalecimento da democracia. Isso leva as economias a um caminho capacitante e de responsabilidade no processo de recuperação do planeta e dos valores perdidos da sociedade (SEN, 1999).

Já no âmbito das economias domésticas, governos devem construir planos condizentes com suas “tradições políticas, sua infraestrutura institucional, seu potencial campo de intervenção (por exemplo, treinamento, pesquisa, apoio ao investimento), seu atual nível de centralização e as tecnologias”, que devem priorizar de acordo com seu mercado e objetivo (IEDI, 2018). Em suma, as estratégias nacionais de promoção industrial devem se basear no “desenvolvimento de uma oferta de tecnologias, o apoio à difusão dessas tecnologias junto às empresas para modernização do aparelho produtivo e desenvolvimento e a adaptação das competências e habilidades dos trabalhadores às novas tecnologias adotadas pelas empresas” (IEDI, 2018). A Carta 860 também destaca que o caminho comum entre elas dá destaque a esforços como a ênfase nas parcerias entre empresas, industriais, academia e governo; a redução do tempo entre a descoberta baseada em P&D e a implantação de inovações; ênfase na promoção das *startups* e pequenas empresas de base tecnológica; a preparação e treinamento de habilidades da força de trabalho e desenvolvimento da cadeia de suprimentos; e a cooperação internacional. Porém é importante entender as diferenças das estratégias também. É preciso ter ciência de que não existe uma tendência natural ao desenvolvimento econômico, nem há tendência de convergência das economias atrasadas em relação às mais avançadas, como reforçou Evans (2003).

O conceito formulado por Trótski¹³ convergente com a teoria cepalina do sistema centro-periferia demonstra como o desenvolvimento capitalista avançou todos esses anos de maneira desigual (ampliando as desigualdades e assimetrias) e combinada (articulando formas econômicas arcaicas com formas mais modernas). Sendo assim, ao mesmo tempo em que países com alto grau de industrialização têm o objetivo de se manterem competitivos e revitalizar suas economias, países subdesenvolvidos têm a possibilidade de queimar etapas na introdução de inovações tecnológicas e organizacionais e no estabelecimento de instituições modernas, mas em todos os casos é preciso considerar o estilo de desenvolvimento para que a

¹³ TRÓTSKI, Leon. História da Revolução Russa, 1930.

distribuição dos frutos do progresso técnico seja menos desigual e para assegurar equidade no bem-estar social (FERRER, 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Quarta Revolução Industrial, conforme a perspectiva defendida por Klaus Schwab (2016), não é definida por um conjunto de tecnologias disruptivas, como ocorrido nas revoluções industriais anteriores. Na realidade, constitui a transição em direção a novos sistemas que foram construídos sobre a infraestrutura da revolução digital deixada pela revolução anterior (SCHWAB, 2016).

Como apresentado no capítulo 1, as tecnologias que vêm sendo desenvolvidas promovem, em geral, um aumento da digitalização, da automação, da importância dos dados em todos os processos, e do aumento dos serviços em toda cadeia produtiva. Isso promove um alto nível de integração vertical e horizontal dos processos e essa integração muda a dinâmica como as indústrias operam e são gerenciadas.

Um dos impactos dessa nova dinâmica, apresentado também no primeiro capítulo, é a inserção desses novos sistemas tecnológicos nos processos produtivos nas cadeias globais de valor. Há uma reestruturação dos setores da economia tanto nacional, quanto globalmente, com a crescente importância dos dados e dos serviços na produção. Essa servitização dos processos, na perspectiva do IEDI (2020), dá a países que atualmente possuem um papel de baixo valor agregado na CGV a oportunidade para se aperfeiçoarem em novas atividades com valor agregado mais alto, como atividades relacionadas à parte de pesquisa, ciência e design de produtos e serviços. Esse *catch-up* criativo aos poucos poderia favorecer o acúmulo de capital nacional necessário para seu desenvolvimento e autonomia produtiva.

Partindo de tal pressuposto, o capítulo 2 procura explorar outro grande tema da Indústria 4.0 que é a governança, já que o encontro das esferas corporativas e sociais não acontece de forma automática, muito menos em uma perspectiva global. É preciso uma etapa de identificação de prioridades e planejamento de instrumentos capazes de induzir e acelerar a difusão dessas tecnologias pela economia. Em outras palavras, pode se entender:

“A articulação dessas esferas representa um dilema que abrangem os desafios de uma economia em se adaptar às mudanças e também as oportunidades de se beneficiar com as novas tecnologias, onde o Estado tem o papel central em ditar o direcionamento da difusão dessa nova revolução em toda sua estrutura industrial nacional a partir da formulação de um plano

estratégico nacional que articule os diferentes agentes econômicos” (PENIDO, 2018; IEDI, 2017).

Para que tais planos tenham chances de serem concretizados, como apresentam os autores Evans e Chang (2004), primeiramente é necessária a renúncia dos ideais neoliberais, principalmente no que tange à monocultura institucional, fazendo assim uma mudança de políticas que devem ultrapassar os usuais instrumentos de política monetária, fiscal e cambial, concentrando seus objetivos no interesse público e nas necessidades intergeracionais. Segundo Ferrer (2010), o delinear de políticas e planos como estes devem acontecer por meio de um adensamento nacional, dado o sistema econômico mundial hierarquizado, que reproduz relações de dependência financeira e tecnológica, cujo rompimento, por sua vez, depende da existência de coesão social, lideranças nacionalistas, estabilidade institucional e visão criativa. Apesar disso, é importante considerar que não se deve fugir dos compromissos estabelecidos globalmente com a ONU e apenas levar em consideração que, mesmo o desenvolvimento sendo a busca pela liberdade, ele ainda deve apontar um número maior de objetivos prioritários, que inclui a sustentabilidade ambiental (economia ecológica) e o fortalecimento da democracia (ROMEIRO, 2012; SEN, 1999).

Ainda em referência às estratégias nacionais de indução das tecnologias 4.0, o capítulo 2, com base nos documentos do IEDI, aponta que estas necessitam ser condizentes com as tradições políticas locais, infraestrutura capital e institucional, potenciais campos de intervenção, atual nível de centralização e com as tecnologias que devem prioritárias para seu mercado e objetivo. Assim, economias “atrasadas” podem se aproveitar do pioneirismo das demais para pular algumas etapas de aprendizado e copiar aquilo que os casos de sucesso têm em comum, como a ênfase nas parcerias entre empresas, industriais, academia e governo; a redução do tempo entre a descoberta baseada em P&D e a implantação de inovações; ênfase na promoção das *startups* e pequenas empresas de base tecnológica; preparação e treinamento de habilidades da força de trabalho e desenvolvimento da cadeia de suprimentos; e a cooperação internacional. Apesar disso, como apontam os trabalhos de Ferrer (2010), esse “catch up” pode acarretar um desenvolvimento desigual e combinado dentro dessas nações.

Em geral, ainda estamos vivenciando novas descobertas, não só da utilização das tecnologias 4.0, mas também descobrindo o que a integração delas nos demais âmbitos políticos e sociais significará em termos de grandes mudanças na forma como vivemos atualmente. O momento histórico que estamos vivenciando explicita cada vez mais a

necessidade de mudanças econômicas e sociais, e essas tecnologias estão e poderão ser grandes aliadas dessas mudanças, a depender da forma que serão utilizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEMOGLU, Daron; ROBINSON, James. **Why Nations Fail**, 2012. Traduzido por Crown Business. Disponível em:
https://desenvolvimentoeconomico2016.files.wordpress.com/2015/02/por_que_as_nacoes_fra_cassam_nodrm1.pdf. Acesso em: Nov. 2021.

AGÊNCIA BRASIL. **Apesar de pandemia, rede social mostra aumento na prática esportiva**, 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/esportes/noticia/2020-12/apesar-de-pandemia-rede-social-mostra-aumento-na-pratica-esportiva>. Acesso em: Out. 2021.

ALDAMA-NALDA, Armando; CHOURABI, Hafedh; SCHOLL, Hans; GIL-GARCIA, Ramon; MELLOULI, Sehl; WALKER, Shawn; LEUNG, Sofia; ALAWADHI, Suha; NAM, Taewoo; PARDO, Theresa. **Building Understanding of Smart City Initiatives**, 2012. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-33489-4_4. Acesso em: Julho 2020

AMORIM, Jorge Eduardo Braz de. **A “Indústria 4.0” e a sustentabilidade do modelo de financiamento do regime geral da segurança social**, 2017. Disponível em:
<<http://www.cadernosdedereitoactual.es/ojs/index.php/cadernos/article/view/132/93>>. Acesso em: Nov. 2019.

BARINI, C. S. Política Econômica em economias monetárias – a visão Pós-Keynesiana. Trabalho de conclusão de curso. TCC/UNICAMP, Campinas, dezembro de 2008.

BLOG UNIFIQUE. **Conheça a assistente virtual da Amazon, a Alexa**, 2020. Disponível em: <https://unifique.com.br/artigo/conheca-a-assistente-virtual-da-amazon-a-alexa/2543>. Acesso em: Jan. 2021.

BONELLI, Regis. **Estado e Economia: Estado e Crescimento Economico no Brasil**, 2009. Disponível em: <https://www.cepal.org/pt-br/publicaciones/37937-estado-economia-estado-crescimento-economico-brasil>. Acesso em: Maio 2020

BORGES, Helder Pereira et al. **Computação em nuvem**. Brasil, 2011. 48 p. Disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/handle/1/861>. Acesso em: Nov. 2019

CHANG, Ha-Joon; EVANS, Peter. **The Role Of Institutions In Economic Change**, 2004.

CHANG, Ha-Joon. **Hamlet without the Prince of Denmark: How development has disappeared from today's 'development' discourse**, 2009.

CHATBOT MAKER. **Inteligência Artificial e Chatbots**, 2021. Disponível em: <https://www.chatbotmaker.io/blog/inteligencia-artificial-e-chatbots>. Acesso em: Nov. 2021

CLARK, Jen. **What is the Internet of Things (IoT)?**, 2016. Disponível em: <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/what-is-the-iot/> Acesso em: Nov 2021.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios Para Indústria 4.0 No Brasil**, 2016. Disponível em:

https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/d6/cb/d6cbfbba-4d7e-43a0-9784-86365061a366/desafios_para_industria_40_no_brasil.pdf. Acesso em: Out. 2021.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Oportunidades Para A Indústria 4.0**, 2017. Disponível em:

<https://www.fiema.org.br/uploads/revista/7073/4OS34A9gbSYwxHwSAr4ySpIkptR0Euu.pdf>. Acesso em: Out. 2021.

CNI-CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Indústria 4.0 e digitalização da economia**, 2018. Disponível em:

https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/95/95/959553b4-4f9f-40f5-9c1c-55da1733ddaa/industria_4_0_web.pdf. Acesso em: Nov. 2021

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à indústria 4.0**, 2016. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Gestão Industrial, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/36992>. Acesso em: Nov. 2019.

CRUICKSHANK, Alice. **Edifícios mais inteligentes do mundo: Siemens 'The Crystal, Londres**, 2018. Disponível em: <https://placetech.net/pt/analysis/worlds-smartest-buildings-siemens-the-crystal-london/>. Acesso em: Nov. 2021.

DIGITALHOUSE. **Internet das Coisas (IoT) e sua aplicação no Marketing**, 2018. Disponível em: <https://www.digitalhouse.com/br/dhseries?p=9920>. Acesso em: Nov. 2021

ELOSUA, Pablo. **With Watson, Guardio helps parents protect kids from cyberbullying**, 2018. In: IBM. Disponível em: <https://www.ibm.com/blogs/cloud-computing/2018/06/14/guardio-watson-cyberbullying/> Acesso em: Nov. 2021

ENTERPRISE MANAGEMENT ASSOCIATES. **Making Sense of Big Data**, 2017. Disponível em: <http://www.enterprisemanagement.com/> Acesso em: Nov 2021.

EVANS, Peter. **Além da “monocultura institucional”: instituições, capacidades e desenvolvimento deliberativo**, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/soc/a/pCYnHKTXPL6wY9gWcd4Gbq/abstract/?lang=pt>. Acesso em: Junho 2021.

FERREIRA, Adriana Nunes. **Desemprego e teoria macroeconômica**, 2014. Disponível em: <https://www.eco.unicamp.br/images/arquivos/artigos/3345/TD231.pdf>. Acesso em: Nov. 2021

FERRER, Aldo. **Globalización, desarrollo y densidad nacional**, 2007. In: *Repensar la teoría del desarrollo en un contexto de globalización*. Disponível em: http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/edicion/vidal_guillen/25Ferrer.pdf. Acesso em: Nov. 2021.

FERRER, Aldo. **Raúl Prebisch y el dilema del desarrollo en el mundo global**, 2010. In: *Revista cepal 101*.

FLEURY, Afonso; FLEURY, Maria Tereza Leme. **Estratégias Competitivas e Competências Essenciais: Perspectivas Para a Internacionalização da Indústria no Brasil**. São Paulo: Universidade Federal de São Carlos, 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104530X2003000200002&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: Julho 2020

FONTES, Alexia (2020) **Robôs autônomos: qual sua importância dentro da Indústria 4.0;** Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/robos-autonomos> Acesso em: Nov 2021

FONTES, Aléxia. **Robôs autônomos: qual sua importância dentro da Indústria 4.0?**, 2020. In.: Voitto. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/robos-autonomos>. Acesso em: Nov. 2021.

FREITAS, Maria Cristina Penido de. **Estratégias Nacionais para a Indústria 4.0** . IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial, Carta Edição 860, 2018. Disponível em: https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_860.html. Acesso em: Maio 2020

FREITAS, Maria. **Indústria 4.0 em perspectiva comparada**, IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial, 2018. Disponível em: https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_807.html Acesso em: Maio 2020

GOMES, Elisabeth; BRAGA, Fabiane. **Inteligência competitiva em tempos de big data: analisando informações e identificando tendências em tempo real**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017.

GONÇALVES DA SILVA, Ana Lucia. **Teses: Concorrência sob Condições Oligopolísticas**. 2. Ed. Campinas: Instituto de Economia da UNICAMP, 2010.

HAHN, Sookap. **Os papéis da ciência dos materiais e da engenharia para uma sociedade sustentável**, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/gY6LTM7LgHF5554hj4xNNYN/?lang=pt>. Acesso em: Nov. 2021

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. **Design Principles for Industries 4.0 Scenarios: A Literature Review**, Working Paper No.01, 2015.

HYEON, Se. **Conheça os gêmeos digitais, tecnologia que pode revolucionar o mundo**, 2019. Disponível em: <https://canaltech.com.br/curiosidades/conheca-os-gemeos-digitais-tecnologia-que-pode-revolucionar-o-mundo-151145/> Acesso em: Nov. 2021.

IBM. **Creval Sistemi e Servizi**, 2018. Disponível em: <https://www.ibm.com/case-studies/crevalsistemieservizi>. Acesso em: Nov. 2021

IBM. **Frida**, 2019. Disponível em: <https://developer.ibm.com/open/projects/frida/> Acesso em: Jan. 2021.

IEDI - INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL.

Cadeias Globais de Valor: megatendências e impactos da Covid-19. Carta IEDI Edição 1036, 2020. Disponível em: <https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_1036.html> Acesso em: Out. 2020

IEDI - INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL.

Indústria 4.0: A Política Industrial da Alemanha para o Futuro. Carta IEDI Edição 807, 2017. Disponível em: https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_807.html. Acesso em: Maio 2020

IEEE RAS UFCG. **Sistemas Cyber-Físicos: A tecnologia que une o mundo real ao virtual, 2021**. In: Capítulo Estudantil de Robótica e Automação. Disponível em:

<https://edu.ieee.org/br-ufcgras/sistemas-cyber-fisicos-a-tecnologia-que-une-o-mundo-real-ao-virtual/>. Acesso em: Nov. 2021

IN CLUB. **Robôs autônomos para matar vírus mostram-se promissores na luta contra o Covid-19**, 2020. Disponível em: <http://www.inclublicita.com.br/robos-autonomos-para-matar-virus-mostram-se-promissores-na-luta-contra-o-covid-19/>. Acesso em: Nov. 2021

INSTITUTE OF BUSINESS EDUCATION. **Conheça 5 exemplos de sucesso com o Big Data nas empresas**, 2018. Disponível em: <https://www.ibe.edu.br/conheca-5-exemplos-de-sucesso-com-o-big-data-nas-empresas/>. Acesso em: Nov. 2021

JANSEN, Marius. **The Making of Modern Japan**, 2002. Disponível em: <https://www.bakumatsu.ru>. Acesso em: Julho 2020

JOSHI-GHANI, Abha; CHARLES, Alice; RATTI, Carlo; HAANAES, Knut; ZISKIND, Julie. **Agile Cities: Preparing for the Fourth Industrial Revolution**, 2021. Disponível em: <https://www.weforum.org/communities/gfc-on-cities-of-tomorrow>. Acesso em: Nov. 2021

JOSHI, Naveen. **Revolutionizing Waste Management with Blockchain**, 2020. In: BBN Times. Disponível em: <https://www.bbntimes.com/technology/revolutionizing-waste-management-with-blockchain>. Acesso em: Nov. 2021

KAGERMANN, Henning; HELBIG, Johannes; WAHLSTER, Wolfgang. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. Alemanha: Acatech, pp. 13–78, 2013. Disponível em: <http://alvarestech.com/temp/tcn/CyberPhysicalSystems-Industrial4-0.pdf>. Acesso em: Oct. 2019

KALECKI, Michal. **Theory of Economic Dynamics - An Essay on Cyclical and Long-Run Changes in Capitalist Economy**; Apresentação de Jorge Miglioli Tradução de Paulo de Almeida Jorge Miglioli; Mário Luiz Possas e Tamás Szmercsányi; Edição 1977, Círculo do Livro Ltda; Editora Nova Cultural Ltda. Disponível em: <http://www.projetos.unijui.edu.br/economia/files/Kaleki.pdf> Acesso em: Julho 2020.

LEONCINI, Sandra . **Condições gerais de produção: um conceito a ser recuperado para a compreensão das desigualdades de desenvolvimento regional**, 2007. Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2007, vol. XI, núm. 245 (007). Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-24507.htm>. Acesso em: Out 2021.

LOPES, Sérgio . **O papel do Estado e as instituições formais no Brasil (1930-1980)**, 2019. Disponível em: <http://corecon-sc.org.br/> Acesso em: Out. 2021

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **A Future That Works: automation, employment, and productivity**, 2017. Disponível em: https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/GlobalThemes/DigitalDisruption/Harnessing_automation_for_a_future_that_works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx. Acesso em: Nov. 2019.

MERRITT, Jeff; ANTUNES, Miguel; TANAKA, Yoshitaka. **Governing Smart Cities: Policy Benchmarks for Ethical and Responsible Smart City Development**, 2021.

Disponível em <https://www.weforum.org/whitepapers/governing-smart-cities-policy-benchmarks-for-ethical-and-responsible-smart-city-development>. Acesso em: Nov. 2021.

MILBERG, William . **Pricing and Profits Under Globalized Competition: A Post Keynesian Perspective on U.S. Economic Hegemony**, 2004.

Disponível em:< <https://www.economicpolicyresearch.org/> > Acesso em: Junho 2020

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. **Materiais Avançados**.

Disponível em:

https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/tecnologia/tecnologias_convergentes/novos_materiais.html. Acesso em: Nov. 2021

MOURA, Marina Palma de. **A Quarta Revolução Industrial e os Desafios Para a Indústria e para o Desenvolvimento Brasileiro**. 78 f. Monografia (Curso De Graduação Em Relações Internacionais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Relações Internacionais, Florianópolis, 2018.

MURRAY, Adrienne. **Coronavirus: Robots use light beams to zap hospital viruses**, 2020. In: BBC. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/business-51914722>. Acesso em: Nov. 2021

NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: Nov. 2021

NEOGRID. **Animação Cadeia de suprimentos 4.0: quais são os impactos e tendências?**, 2021. Disponível em: <https://neogrid.com/br/blog/cadeia-de-suprimentos-4-0-quais-sao-os-impactos-e-tendencias>. Acesso em: Out. 2021.

ORLANDO, Guido. **Você já viu os robôs da Amazon em ação? veja agora!**, 2021.

Disponível em: <https://spriomais.com.br/2021/07/13/voce-ja-viu-os-robos-da-amazon-em-acao-veja-agora/>. Acesso em: Nov. 2021

PAIOLA, Carlos **As aplicações de Realidade Aumentada na Indústria 4.0**, 2019. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/noticias/18218-as-aplicacoes-de-realidade-aumentada-na-industria-40>. Acesso em: Nov. 2021.

PARKER, Geoffrey; SRAI, Jagjit Singh; JOGLEKAR, Nitin. **Winning the race for survival: How advanced manufacturing technologies are driving business-model innovation**, 2020. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3604242. Acesso em: Out. 2021.

PORTER, Michael. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

ROCHA, Welington; BORINELLI, Márcio. **Análise Estratégica De Cadeia De Valor: Um Estudo Exploratório Do Segmento Indústria-Varejo**, 2007. Disponível em: <https://congressosp.fipecafi.org/anais/artigos62006/425.pdf>. Acesso em: Nov. 2021

RODRIGUES, G. et al. **Formação no instituto politécnico de tomar: alinhamento de competências para responder aos desafios da indústria 4.0**. Superavit: revista de gestão e ideias, v. 2, n. 2, p.65-75. Portugal: Instituto Politécnico de Tomar, 2017. Disponível em: <http://www.superavit.ipt.pt/index.php/superavit/article/view/23/6>. Acesso em: Dec. 2019

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. **Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica**, 2012.

SCHUMPETER, Joseph. **Teoria do desenvolvimento econômico (Die Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung)**, 1911. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução Daniel Moreira Miranda. 1. ed. São Paulo: Edipro, 2016.

SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Introdução e cap. 1, 1999.

SENAI. **Tudo sobre Simulação Digital, um dos principais pilares da Indústria 4.0**, 2019. Disponível em: <https://www.senairs.org.br/industria-inteligente/tudo-sobre-simulacao-digital-um-dos-principais-pilares-da-industria-40>. Acesso em: Nov. 2021.

SIGAHI, Tiago Fonseca; ANDRADE, Bárbara. **A Indústria 4.0 Na Perspectiva Da Engenharia De Produção No Brasil: Levantamento E Síntese De Trabalhos Publicados Em Congressos Nacionais**, 2017. Disponível em:

http://www.abepro.org.br/biblioteca/tn_stp_247_428_31208.pdf. Acesso em: Nov. 2021

SNIDERMAN, Brenna; MAHTO, Monika; COTTELEER, Mark J.. **Industry 4.0 and manufacturing ecosystems**, 2016. In: Deloitte Development LLC. Disponível em:

<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/consumer-industrial-products/Deloitte-Industry-4-0-and-manufacturing-ecosystems.pdf>. Acesso em: Nov. 2021

SPRICIGO, Bruno. **Resumo sobre Indústria 4.0: entenda rapidamente os conceitos e benefícios**, 2019. Disponível em: <https://pollux.com.br/blog/resumo-sobre-industria-4-0-entenda-rapidamente-os-conceitos-e-beneficios/>. Acesso em: Maio 2020.

STOCKWELL, SCOTT **A framework for Industry 4.0**, 2017. Disponível em:

<https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/industry-4-0-industrial-framework/>. Acesso em: Maio 2020

TADEU, H. F. B. **Impactos da indústria 4.0**. Minas Gerais: Fundação Dom Cabral, 2016.

Disponível em: <https://www.fdc.org.br/conhecimento-site/nucleos-de-pesquisa-site/centro-de-referencia-site/Materiais/Impactos%20da%20Ind%20%C3%BAstria%204.0.pdf>. Acesso em: Nov. 2019.

THE WORLD BANK. **World Development Report 1997/1998** – The state in a changing world. Oxford: University Press, 1997.

VALCÁRCEL, Silvia. **Industry 4.0, a new revolution in the manufacturing value chain**, 2018. In: I4MS_EU. Disponível em: https://medium.com/@i4ms_eu/industry-4-0-a-new-revolution-in-the-manufacturing-value-chain-382443f33f90. Acesso em: Nov. 2021

VALE, Daniellen. **Controvérsias sobre o papel do Estado**, 2014. In: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Disponível em:

https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=3054&catid=29&Itemid=34. Acesso em: Julho 2020.

VENTURELLI, Marcio. **Maturidade Para Indústria 4.0: avaliação qualitativa e quantitativa para implantação da digitalização**, 2020. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/19931-maturidade-para-industria-40-avaliacao-quantitativa-e-qualitativa-do-nivel-de-tecnologia-gestao-e-pessoas-para-implantacao-da-digitalizacao>. Acesso em: Nov. 2021

WISHBOX. **Manufatura Aditiva: Entenda o Que é e Como Ela Funciona**, 2015. Disponível em: <https://www.wishbox.net.br/blog/o-que-e-manufatura-aditiva/>. Acesso em: Nov. 2021

ZANNI, Alessandro. **Sistemas cyber-físicos e cidades inteligentes**, 2015. Disponível em: <https://developer.ibm.com/br/articles/ba-cyber-physical-systems-and-smart-cities-iot/>. Acesso em: Junho 2021.

ZEWE, Adam. **Accelerating the discovery of new materials for 3D printing**, 2021. In: MIT News Office. Disponível em: <https://news.mit.edu/2021/accelerating-materials-3d-printing-1015>. Acesso em: Nov. 2021