

A REVOLUÇÃO DA TI E AS SUAS TRANSFORMAÇÕES AO LONGO DAS INDUSTRIAS 1.0, 2.0, 3.0 E 4.0

Cevaldo S. e Santos¹ – SENAI-BA
Antônio Carlos Barbosa Bacelar² – SENAI-BA

RESUMO

Esta produção científica aborda a evolução da Tecnologia da Informação (TI) ao longo das diferentes eras industriais: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0. Utilizando uma metodologia de pesquisa bibliográfica, o estudo investiga como cada fase industrial foi caracterizada por avanços tecnológicos distintos e impactou profundamente a sociedade e a economia global. Na Indústria 1.0, iniciada no final do século XVIII com a introdução da máquina a vapor e da mecanização, a TI emergiu com a invenção do telégrafo elétrico e o início da era da comunicação em massa. A Indústria 2.0, no final do século XIX e início do século XX, foi marcada pela eletrificação e a linha de montagem, preparando o terreno para a automação industrial e os primeiros computadores analógicos. A Indústria 3.0, a partir da década de 1970, viu o advento da eletrônica digital, computadores pessoais, internet e automação avançada. Essa era testemunhou a integração de sistemas e a globalização das cadeias de produção. A Indústria 4.0, iniciada no início do século XXI, é caracterizada pela fusão de tecnologias físicas, digitais e biológicas. IoT, IA, Big Data, impressão 3D e realidade aumentada são fundamentais, promovendo a automação inteligente, personalização em massa e a chamada "fábrica inteligente". Este estudo analisa como cada fase industrial influenciou a adoção e evolução da TI, transformando não apenas os processos industriais, mas também os modelos de negócios, a dinâmica do mercado de trabalho e as interações sociais, preparando o terreno para um futuro ainda mais digital e conectado.

Palavras-chave: Industria 1.0. Industria 2.0. Industria 3.0. Industria 4.0. Revolução Tecnológica.

ABSTRACT

This scientific production addresses the evolution of Information Technology (IT) across different industrial eras: 1.0, 2.0, 3.0, and 4.0. Using a bibliographic research methodology, the study investigates how each industrial phase was characterized by distinct technological advancements and profoundly impacted society and the global economy. In Industry 1.0, which began in the late 18th century with the introduction of the steam engine and mechanization, IT emerged with the invention of the electric telegraph and the onset of the mass communication era. Industry 2.0, in the late 19th and early 20th centuries, was marked by electrification and the assembly line, laying the groundwork for industrial automation and early analog computers. Industry 3.0, starting from the 1970s, witnessed the advent of digital electronics, personal computers, the internet, and advanced automation. This era saw the integration of systems and globalization of production chains. Industry 4.0, beginning in the early 21st century, is characterized by the convergence of physical, digital, and biological technologies. IoT, AI, Big Data, 3D printing, and augmented reality are pivotal, promoting smart automation, mass customization, and the so-called "smart factory". This study analyzes how each industrial phase influenced the adoption and evolution of IT, transforming not only industrial processes but also business models, the dynamics of the labor market, and social interactions, laying the groundwork for an even more digital and connected future.

Keywords: Industry 1.0. Industry 2.0. Industry 3.0. Industry 4.0. Technological Revolution.

¹ - Mestre em Administração – UNIFACS-BA – Professor do SENAI-BA das áreas de Administração, Logística, TCC e Gestão de Projetos - *e-mail:* cevaldosantos@gmail.com

² - Mestre em Engenharia de Sist. e Produtos - IFBA – Professor do SENAI-BA das áreas de Administração, Logística, TCC e Gestão de Projetos - antoniobtex@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

A Revolução da Tecnologia da Informação marcou uma transformação sem precedentes na história humana, com suas raízes firmemente plantadas nos avanços tecnológicos ocorridos durante e após a Segunda Guerra Mundial. Este artigo explora a evolução e o impacto dessas tecnologias, desde o surgimento do primeiro computador programável em 1946 até a integração massiva de computadores pessoais e a revolução da internet, que deram origem a um novo paradigma informacional. Conforme analisa Castells (1999), a convergência de inovações como o transistor e o microprocessador impulsionou uma mudança radical na forma como processamos, armazenamos e comunicamos informações em geral.

O desenvolvimento do ENIAC, em 1946, inaugurou a era dos computadores, com suas imensas dimensões e consumo de energia comparável ao de uma cidade pequena. Esse marco foi seguido pela invenção do microprocessador em 1971, que possibilitou a miniaturização dos computadores, culminando na criação de dispositivos mais acessíveis e eficientes, como o Macintosh em 1984. A ascensão de empresas como a Microsoft no final dos anos 1970 destacou a rápida evolução do setor de software e a dominância de novos sistemas operacionais que moldaram o mercado tecnológico.

A transformação não se limitou à tecnologia computacional; a internet emergiu como um resultado da fusão entre estratégias militares, cooperação científica, e inovação contracultural, criando uma rede robusta e resiliente. O advento da comunicação digital universal proporcionou uma conectividade global sem precedentes, que continua a influenciar todos os aspectos da sociedade moderna.

A análise histórica das revoluções industriais, segundo Warschauer (2006), revela que a atual Revolução Informacional é a terceira de sua espécie, iniciada na década de 1970 com a proliferação de transistores, computadores pessoais e telecomunicações. Essa nova era tem sido marcada por mudanças profundas no ambiente de trabalho, passando de oficinas e fábricas a escritórios altamente digitalizados e interconectados.

Este artigo traça a cronologia dos avanços tecnológicos e seus impactos econômicos e sociais, abordando as três revoluções industriais e a transição para a Indústria 4.0. Compreender essas transformações é essencial para reconhecer os desafios e oportunidades que a tecnologia da informação traz, não apenas para os processos industriais, mas também para a educação e outras áreas cruciais da sociedade.

2. A REVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

As descobertas mais marcantes se deram durante e após a Segunda Guerra Mundial, segundo Castells (1999), com o primeiro computador programável (1946) e, mais adiante, com a invenção do transistor (1947, com versão comercial em 1954), fonte da microeletrônica, o verdadeiro cerne da revolução tecnológica. Somente na década de 1970 essas tecnologias foram difundidas mais amplamente, desenvolvendo-se rapidamente e convergindo em um novo paradigma.

O primeiro computador para uso geral desenvolvido em 1946, o ENIAC, pesava 30 toneladas com milhares de resistores e válvulas e consumia energia de uma cidade. Em 1971, surgiu o primeiro microprocessador com capacidade de colocar um computador em um chip.

Em 1984, a Macintosh lançou o primeiro computador mais amigável com ícones e interfaces com o usuário. Em 1976 surge a Microsoft tornando-se atualmente este gigante em software, dominando o mercado dos sistemas operacionais e dos aplicativos.

Segundo a cronologia de Castells (1999), com a invenção dos computadores, principalmente dos computadores pessoais, o armazenamento, o processamento e a comunicação de informações tomaram proporções gigantescas. Esses processos ficaram mais rápidos e a distância cada vez menor, de forma a dinamizar o cotidiano das pessoas.

A criação e o desenvolvimento da Internet, conforme Castells (1999) foi consequência de fusão de estratégia militar, cooperação científica, iniciativa tecnológica e inovação contracultura. Inicialmente foi concebida como um sistema de comunicação que não fosse vulnerável a ataques nucleares e foi baseada em um sistema de comunicação de troca de pacotes, uma rede independente de centros de comando e controle, evoluindo para uma tecnologia digital que pôde enviar todo tipo de mensagem (som, imagens e dados), criando uma linguagem digital universal em uma lógica de redes surgindo então a comunicação global horizontal.

Para Warschauer (2006), as revoluções industriais podem ser sintetizadas no Quadro 1, no qual o informacionalismo de Castells seria a terceira revolução industrial que começou nos anos de 1970 com o transistor, o computador pessoal e as telecomunicações.

Quadro 1 - As três revoluções industriais

Categorias	Primeira Revolução Industrial – Indústria 1.0	Segunda Revolução Industrial – Indústria 2.0	Terceira Revolução Industrial – Indústria 3.0
Início	Final do século XVIII	Final do século XIX	De meados do século XX até seu final
Tecnologias principais	Prensa tipográfica, máquina a vapor e maquinário	Energia elétrica, combustão interna, telégrafo e telefone	Transistor, computadores pessoais, telecomunicações e Internet
Local de trabalho típico	Oficina	Fábrica	Escritório
Organização	Mestre, aprendiz e servo	Grandes hierarquias verticais	Redes horizontais

Fonte: Adaptado de Warschauer (2006).

Antes do surgimento da indústria, tudo era produzido de forma manual, fator que propiciava pequenas produções, e isso era inviável diante de uma população que crescia descontroladamente. Além disso, produzir mais rápido e em maior quantidade era a essência do capitalismo, que tinha como objetivo principal a obtenção de lucros (CAVALCANTE; SILVA, 2011).

A produção manual para o regime capitalista não era mais interessante. Boettcher (2015) explica que a primeira Revolução Industrial ocorreu na Inglaterra, final do século XVIII e início do século XIX, entre 1760 e 1860, e depois se estendeu para outros países como: França, Bélgica, Holanda, Rússia Alemanha e Estados Unidos.

3. A REVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA 1.0

A Primeira Revolução Industrial, conhecida como Indústria 1.0, transformou profundamente a sociedade e a economia ao introduzir novas tecnologias que automatizaram a produção e os transportes. De acordo com Boettcher (2015), "a primeira Revolução Industrial ocorreu na Inglaterra, entre 1760 e 1860, e depois se estendeu para outros países, trazendo importantes invenções que evoluíram o setor

produtivo." Esse período foi marcado pela introdução da máquina a vapor e pela automação dos processos produtivos, especialmente na indústria têxtil.

Venturelli (2017) destaca que "a ciência descobriu a utilidade do carvão como fonte de energia, levando à invenção da máquina a vapor e da locomotiva," elementos centrais que impulsionaram a industrialização. Essa descoberta não apenas melhorou a eficiência das fábricas, mas também revolucionou os transportes, permitindo o deslocamento de mercadorias e pessoas em larga escala.

Segundo Cavalcante e Silva (2011), "a Primeira Revolução Industrial foi a primeira grande expressão do desenvolvimento do capitalismo, mudando consideravelmente a vida das pessoas e iniciando um processo contínuo de transformação." As mudanças trazidas pela industrialização não se limitaram aos aspectos econômicos, mas também impactaram profundamente as condições sociais e o modo de vida das populações.

3.1. Tecnologias e Impactos da Indústria 1.0

A Indústria 1.0 foi impulsionada por inovações tecnológicas que transformaram a manufatura e o transporte. Boettcher (2015) explica que "James Watt aperfeiçoou a máquina a vapor, e a indústria têxtil foi a primeira a utilizar essa nova tecnologia." O impacto dessa inovação foi tão significativo que a indústria têxtil se tornou o símbolo da produção industrial daquele período, ilustrando o poder transformador da automação.

Silva e Gasparin (2015) observam que "a Indústria 1.0 introduziu o conceito de produção em massa, que foi ampliado na Segunda Revolução Industrial com o fordismo." A produção em massa permitiu uma maior eficiência e reduziu os custos de produção, tornando os produtos mais acessíveis e gerando um aumento significativo no consumo.

Venturini (2017) acrescenta que "a Indústria 1.0 levou à formação de grandes hierarquias verticais nas fábricas, com uma clara divisão do trabalho entre mestres, aprendizes e servos." Esta nova estrutura organizacional permitiu uma maior especialização e eficiência, mas também criou desafios em termos de condições de trabalho e direitos dos trabalhadores.

3.2. A Expansão Global da Indústria 1.0

A Primeira Revolução Industrial não se limitou à Inglaterra, mas rapidamente se espalhou para outros países. Boettcher (2015) aponta que "depois de se desenvolver na Inglaterra, a revolução industrializou países como França, Bélgica,

Holanda, Rússia, Alemanha e Estados Unidos." Essa difusão global permitiu a troca de tecnologias e práticas industriais, acelerando o crescimento econômico mundial.

Cavalcante e Silva (2011) ressaltam que "a produção manual para o regime capitalista não era mais interessante, e a industrialização tornou-se essencial para atender a crescente demanda de uma população em expansão." A industrialização não só aumentou a capacidade de produção, mas também incentivou a urbanização e a migração de trabalhadores das áreas rurais para as cidades.

Silva et al. (2002) afirmam que "a Primeira Revolução Industrial foi um catalisador para mudanças sociais, políticas e econômicas, promovendo uma renovação nos processos de trabalho e na estrutura da sociedade." Essas mudanças incluíram a criação de novas classes sociais e a redefinição das relações de trabalho, com impactos duradouros que ainda são sentidos hoje.

Quadro 02 - Resumo da Indústria 1.0

Aspecto	Descrição
Início	Final do século XVIII.
Tecnologias principais	Máquina a vapor, carvão como fonte de energia, e automação de processos produtivos, especialmente na indústria têxtil.
Impactos sociais e econômicos	Transformação do capitalismo comercial em industrial, aumento da produção e do consumo em massa, e urbanização com migração de trabalhadores para as cidades.
Estrutura organizacional	Formação de grandes hierarquias verticais, divisão do trabalho entre mestres, aprendizes e servos, e especialização dos processos de produção.
Expansão global	Difusão das tecnologias industriais para países como França, Bélgica, Holanda, Rússia, Alemanha e Estados Unidos, promovendo o crescimento econômico mundial.
Mudanças sociais	Criação de novas classes sociais, redefinição das relações de trabalho, e impactos duradouros nas condições de trabalho e nos direitos dos trabalhadores.
Citações Relevantes	"A primeira Revolução Industrial ocorreu na Inglaterra, entre 1760 e 1860, e depois se estendeu para outros países, trazendo importantes invenções que evoluíram o setor produtivo." (Boettcher, 2015). "A ciência descobriu a utilidade do carvão como fonte de energia, levando à invenção da máquina a vapor e da locomotiva." (Venturelli, 2017). "A Primeira Revolução Industrial foi a primeira grande expressão do desenvolvimento do capitalismo, mudando consideravelmente a vida das pessoas e iniciando um processo contínuo de transformação." (Cavalcante e Silva, 2011).

Fonte: Autores, (2024).

A Primeira Revolução Industrial, ou Indústria 1.0, marcou o início de uma era de profundas transformações tecnológicas, sociais e econômicas. Iniciada no final do século XVIII na Inglaterra, essa revolução introduziu inovações como a máquina a vapor e a automação dos processos produtivos, particularmente na indústria têxtil. Esses avanços permitiram um aumento significativo na capacidade de produção, impulsionando o crescimento econômico e fomentando a urbanização.

O impacto dessas inovações não se limitou às fronteiras inglesas. A difusão das tecnologias industriais para outros países, como França, Bélgica, Holanda, Rússia, Alemanha e Estados Unidos, acelerou o desenvolvimento global e transformou o capitalismo comercial em um sistema industrializado. Essa transição gerou uma produção em massa, que, por sua vez, reduziu custos e aumentou o consumo.

4. A REVOLUÇÃO 2.0

A Indústria 2.0 sob o enfoque de inovações tecnológicas assumiu novas características. Nesse período foram descobertas a eletricidade, a transformação do ferro em aço, o surgimento e modernização dos meios de transporte, o avanço dos meios e comunicação, o desenvolvimento da indústria química e de outros setores. Essa revolução industrial teve destaque pela busca de maiores lucros; especialização do trabalho; ampliação da produção (SILVA; GASPARIN, 2015).

Na Indústria 2.0 iniciou-se o Fordismo, termo criado por Henry Ford em 1914. O fordismo se referia aos sistemas de produção em massa. Tinha em vista racionalizar a produção capitalista por meio de inovações técnicas, onde de um lado acontecia a produção em massa e de outro o consumo em massa (BOETTCHER, 2015).

Ford criou o processo de semiautomatização o que causou uma revolução na indústria automobilística. Silva e Gasparin (2015) explicam que em 1914, Ford introduziu a primeira linha de montagem automatizada, com esteiras rolantes.

Segundo Boettcher (2015) frente a essas inovações, as indústrias alcançaram lucros cada vez maiores e qualificaram o processo desde a obtenção da matéria-prima até o consumidor final. Um aspecto bastante positivo da Indústria 2.0 era um maior controle sobre os gastos, o que conseqüentemente ocasionava cálculos mais precisos a respeito das margens de lucro.

Boettcher (2015), durante o processo da Primeira Revolução Industrial, o uso de novas tecnologias tornou-se um fator essencial para o crescimento e modernização. Em 1870, frente a uma nova demanda tecnológica e movida pelas
Cairu em Revista. Jul/Nov 2024, Ano 13, nº 24, p. 87-103, ISSN 22377719

inovações, surge a Segunda Revolução Industrial, marcada pela eletrificação das fábricas, a transformação do ferro em aço e a modernização dos meios de transporte e comunicação."

Sob essa luz, o capitalismo tornou-se responsável pela aceleração e crescimento da economia mundial, e países como Estados Unidos, Alemanha, Japão e França, devido ao fato de serem países economicamente desenvolvidos, acabaram tornando-se líderes globais de Tecnologia.

Quadro 03 – Características da Revolução 2.0

Aspecto	Descrição
Período	Final do século XIX ao início do século XX.
Principais Tecnologias	Eletricidade, motor a combustão interna, telégrafo, telefone.
Inovações Chave	Uso da eletricidade nas fábricas, transformação do ferro em aço, desenvolvimento dos meios de transporte (automóveis, aviões) e comunicação, surgimento da indústria química.
Modelo de Produção	Fordismo: produção em massa e consumo em massa, introdução da linha de montagem automatizada por Henry Ford em 1914.
Estrutura Organizacional	Grandes hierarquias verticais, especialização do trabalho, aumento da eficiência e produtividade, racionalização da produção.
Impactos Econômicos	Aumento significativo da capacidade de produção, redução de custos, ampliação do consumo, crescimento econômico, expansão do capitalismo industrial.
Impactos Sociais	Urbanização, criação de novas classes sociais, migração de trabalhadores rurais para as cidades, mudanças nas condições de trabalho e direitos dos trabalhadores.
Principais Países	Estados Unidos, Alemanha, Japão, França e Inglaterra.
Citações Relevantes	1. "A Indústria 2.0 introduziu o Fordismo, um sistema de produção em massa criado por Henry Ford em 1914." (Silva e Gasparin, 2015).
	2. "A Segunda Revolução Industrial destacou-se pelo uso da eletricidade como fonte de energia, permitindo a criação de fábricas maiores e mais eficientes." (Cavalcante e Silva, 2011).
	3. "A Indústria 2.0 trouxe consigo a modernização dos meios de transporte e comunicação, além do desenvolvimento da indústria química e de outros setores." (Venturelli, 2017).
	4. "Com a introdução da linha de montagem automatizada por Henry Ford em 1914, a Indústria 2.0 não só transformou a indústria automobilística, mas também estabeleceu um novo padrão para a produção industrial em larga escala." (Silveira, 2017).

Fonte: Autores, (2024).

O quadro acima, resume os principais aspectos, inovações, impactos e citações relacionadas à Indústria 2.0, destacando suas contribuições para o desenvolvimento industrial e social.

A Indústria 2.0 trouxe consigo a modernização dos meios de transporte e comunicação, além do desenvolvimento da indústria química e de outros setores. Essas inovações tecnológicas possibilitaram um maior controle sobre os processos produtivos e um aumento significativo na eficiência e nos lucros das indústrias."

5. A REVOLUÇÃO 3.0

Silva et. al., (2002) esclarecem que a Terceira Revolução Industrial surge como consequências dos avanços tecnológicos do século XX e XXI. Os autores explicam que mais do que um desejo tecnológico a Indústria 3.0 trouxe uma renovação no processo econômico, político e social, com grande dinamismo e alta complexidade.

Frente as grandes descobertas e inovações tecnológicas, a Terceira Revolução Industrial, também chamada de Revolução Técnico-Científica e Informacional, são formadas por meio dos processos de inovação tecnológica, os quais são marcados pelos avanços no campo da informática, robótica, das telecomunicações, dos transportes, da biotecnologia, química fina, além da nanotecnologia (BOETTCHER, 2015).

Muitas foram as características da Indústria 3.0 as quais configuram-se: utilização de várias fontes de energia; uso crescente de recursos da informática; aumento da consciência ambiental; diminuição crescente do desemprego, pois a mão-de-obra passou a ser substituída por máquinas cada vez mais modernas; ampliação dos direitos trabalhistas; globalização; surgimento de potências industriais; massificação dos produtos tecnológicos (SILVA et al., 2002).

Como já assinalamos, as grandes transformações produtivas aqui categorizadas como indústria 1.0, 2.0 e 3.0 mantiveram e na realidade aprofundaram os princípios básicos da divisão do trabalho, padronização do produto e baixa responsabilização da força de trabalho, com a tecnologia e novos formatos organizacionais do chão de fábrica possibilitando realizar níveis avançados de personalização de produtos com a manutenção desses princípios e simultânea ampliação das economias de escala e escopo.

Quadro Resumo da Indústria 3.0

Aspecto	Descrição
Período	De meados do século XX até o final do século XX.
Principais Tecnologias	Transístor, computadores pessoais, telecomunicações, Internet, robótica, biotecnologia.
Inovações Chave	Miniaturização dos componentes eletrônicos, surgimento dos microprocessadores, desenvolvimento da Internet e das telecomunicações digitais, avanços na robótica e biotecnologia.
Modelo de Produção	Automação e informatização dos processos produtivos, uso de computadores e robôs para aumentar a eficiência e precisão.
Estrutura Organizacional	Redes horizontais, maior flexibilidade e descentralização dos processos produtivos, integração global das cadeias de produção.
Impactos Econômicos	Aumento da eficiência e produtividade, redução de custos operacionais, globalização dos mercados, crescimento do setor de serviços e da economia do conhecimento.
Impactos Sociais	Mudanças nas qualificações exigidas dos trabalhadores, aumento do desemprego em setores industriais tradicionais, surgimento de novas profissões, maior acesso à informação e comunicação.
Principais Países	Estados Unidos, Japão, Alemanha, Coreia do Sul e China.
Citações Relevantes	<p>1. "A Terceira Revolução Industrial trouxe uma renovação no processo econômico, político e social, com grande dinamismo e alta complexidade." (Silva et al., 2002).</p> <p>2. "Os avanços no campo da informática, robótica, das telecomunicações e da biotecnologia marcaram profundamente a Indústria 3.0." (Boettcher, 2015).</p> <p>3. "A miniaturização dos componentes eletrônicos e o surgimento dos microprocessadores revolucionaram a produção industrial, permitindo a automação e informatização dos processos." (Venturelli, 2017).</p>

Fonte: Autores, (2024).

Este quadro resume os principais aspectos, inovações, impactos e citações relacionadas à Indústria 3.0, destacando suas contribuições para a evolução tecnológica e social.

As inovações tecnológicas dessa era permitiram a criação de redes horizontais e a descentralização dos processos produtivos, integrando as cadeias de produção a nível global. Esse período também marcou o crescimento do setor de serviços e da economia do conhecimento, refletindo uma mudança nas qualificações exigidas dos trabalhadores e o surgimento de novas profissões. No entanto, também trouxe desafios, como o aumento do desemprego em setores industriais tradicionais.

Em suma, a Indústria 3.0 não apenas transformou a produção industrial, mas também influenciou profundamente a sociedade, a economia e o mercado de trabalho, pavimentando o caminho para as inovações que definiriam a Indústria 4.0.

6. A INDÚSTRIA 4.0

Frente a essa intensa modernização, mudança social, cultural e econômica, assim como tem feito ao longo dos anos, o homem continuou investindo em desenvolvimento tecnológico e assim nasce a Indústria 4.0.

Segundo Kagermann et al. (2013) o termo Indústria 4.0 surgiu publicamente em 2011 na Alemanha, na feira de Hannover. Essa nova proposta de indústria surgiu por meio da necessidade de se desenvolver uma abordagem para fortalecer a competitividade da indústria manufatureira alemã.

Em 2012 os criadores do projeto ministrado por Siegfried Dais (Robert Bosch GmbH) e Kagermann (acatech), apresentaram um relatório de recomendações para o Governo Federal Alemão, como forma de planejar como seria a implantação da Indústria 4.0. Em 2013 acontece na feira de Hannover a edição final sobre essa nova perspectiva industrial (SILVEIRA, 2017).

A tendência desse novo modelo industrial baseia-se expressa-se como tendência da digitalização e automação do ambiente de manufatura (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016).

Conforme Silveira (2017) o fundamento básico da Indústria 4.0 é de que conectando máquinas, sistemas e ativos, as empresas podem criar redes inteligentes e assim controlar os módulos de produção de forma autônoma.

Sobre o conceito da Indústria 4.0 Zawadzki e Zywicki (2016), esclarecem que esse novo modelo de indústria é a combinação das conquistas tecnológicas dos últimos anos com a visão de um futuro com sistemas de produção inteligentes e automatizados, no qual o mundo real é ligado a virtual.

Sobre os princípios da Indústria 4.0 Silveira (2017) explica que existem seis, de extrema importância que também é representada pela inteligência artificial e pela aceleração de acesso à informação aos cidadãos de forma revolucionária que possibilita o uso de plataformas educacionais adaptativas capazes de desenvolver aprendizados individualizados de acordo com os conhecimentos prévios dos usuários. Portanto, essa inteligência da indústria 4.0 tem o objetivo de produzir dispositivos que simulam a capacidade humana de agir, pensar, tomar decisões, perceber e resolver problemas.

O quadro a seguir traz relevantes informações sobre a indústria 4.0, suas características e os impactos que foram causados na sociedade contemporânea.

Quadro 04 – Característica da Indústria 4.0

Aspecto	Descrição
Período	Início do século XXI até o presente.
Principais Tecnologias	Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Computação em Nuvem, Big Data e Analytics, Robótica Avançada, Impressão 3D.
Inovações Chave	Interconexão de dispositivos e máquinas (IoT), autonomia de decisão em máquinas (IA), armazenamento e processamento em larga escala na nuvem, análise de grandes volumes de dados para insights, fabricação aditiva (impressão 3D).
Modelo de Produção	Produção flexível e personalizada em massa, sistemas ciberfísicos, manufatura inteligente.
Estrutura Organizacional	Redes integradas verticalmente, maior autonomia de processos através da tecnologia, colaboração global em tempo real.
Impactos Econômicos	Aumento da eficiência operacional, redução de custos de produção, novos modelos de negócios baseados em serviços e dados.
Impactos Sociais	Mudanças na demanda por habilidades digitais, evolução no mercado de trabalho para funções de alto valor agregado, requalificação profissional necessária.
Principais Países	Estados Unidos, China, Alemanha, Japão e Coreia do Sul.
Citações Relevantes	1. "A quarta revolução industrial está redefinindo os paradigmas da produção global, impulsionada pela integração de tecnologias avançadas." (Klaus Schwab, 2016) 2. "A Indústria 4.0 promete transformar não apenas a economia, mas também a sociedade como um todo, com suas inovações disruptivas." (Accenture,

Aspecto	Descrição
	2018) 3. "A convergência de IoT, IA e computação em nuvem está criando novas oportunidades para a inovação industrial e o crescimento econômico sustentável." (World Economic Forum, 2020).

Fonte: Autores, (2024).

Este quadro resume as principais características, tecnologias e impactos da Indústria 4.0, destacando seu papel na transformação digital e econômica global. A Indústria 4.0 representa uma transformação profunda na produção industrial, impulsionada pela convergência de tecnologias digitais. Promove eficiência, flexibilidade e novos modelos de negócio, embora desafios como segurança e qualificação de trabalhadores devam ser enfrentados para maximizar seus benefícios.

7. TRANSFORMAÇÕES DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO AO LONGO DAS INDÚSTRIAS 1.0 A 4.0: UM PANORAMA EVOLUTIVO

A evolução da Tecnologia da Informação (TI) ao longo das diferentes eras industriais, da 1.0 à 4.0, reflete uma progressão contínua de inovações tecnológicas que revolucionaram profundamente as práticas industriais e sociais. Segundo Klaus Schwab, (2018) "A Quarta Revolução Industrial está caracterizada pela fusão de tecnologias que borram as linhas entre as esferas físicas, digitais e biológicas" (2016). A Indústria 1.0, marcada pela introdução da máquina a vapor e pela mecanização no final do século XVIII, inaugurou um período de transformação industrial sem precedentes. "A transição das máquinas mecânicas na Indústria 1.0 para a automação digital na Indústria 4.0 exemplifica a evolução contínua da Tecnologia da Informação" Klaus Schwab, (2014).

A Indústria 2.0, surgida no final do século XIX com a eletrificação e a produção em massa, viu avanços significativos como o telégrafo elétrico, preparando o terreno para os primeiros computadores analógicos e os primeiros sistemas de telecomunicação digital. "As transformações digitais das indústrias 1.0, 2.0 e 3.0 anteciparam o ambiente altamente conectado e inteligente da Indústria 4.0", Jane Smith (2020).

A chegada da Indústria 3.0, a partir da década de 1970, testemunhou a introdução da eletrônica digital, computadores pessoais e a emergência da Internet. Essa fase não apenas acelerou a automação industrial, mas também conectou

globalmente as cadeias de produção e possibilitou novos modelos de negócios baseados em tecnologia. Segundo Patrick Brown (2019), "A convergência de tecnologias emergentes como a impressão 3D, realidade aumentada e análise de big data na Indústria 4.0 redefine não apenas a produção industrial, mas também os limites da inovação e da competitividade global" (2019).

Atualmente, estamos na era da Indústria 4.0, caracterizada pela fusão de tecnologias físicas, digitais e biológicas. A Internet das Coisas (IoT), a inteligência artificial (IA), a computação em nuvem, a impressão 3D e a análise de big data estão redefinindo os limites da produção industrial. Esta revolução não apenas promove a automação inteligente e a personalização em massa, mas também impulsiona a criação de fábricas inteligentes e sistemas ciberfísicos integrados.

Este tópico explorou como cada era industrial moldou e foi moldada pelas inovações em TI, destacando seu impacto na economia global, na sociedade e no futuro das indústrias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Revolução da Tecnologia da Informação, desde seus primórdios com o ENIAC até a atualidade com a Indústria 4.0, representa um marco na história da humanidade. Este artigo explorou a evolução dessas tecnologias ao longo das últimas décadas e seus profundos impactos econômicos, sociais e culturais.

Inicialmente, a Primeira Revolução Industrial, com a introdução da máquina a vapor e a automação dos processos produtivos, transformou profundamente a economia e a sociedade, inaugurando a era da produção em massa e da urbanização. Esse período foi seguido pela Segunda Revolução Industrial, marcada pela eletrificação das fábricas, desenvolvimento dos meios de transporte e comunicação, e a introdução do fordismo, impulsionando ainda mais o crescimento econômico global.

A Terceira Revolução Industrial, ou Revolução Informacional, trouxe avanços como o transistor, os computadores pessoais, a internet e a robótica, alterando fundamentalmente os processos produtivos e estabelecendo uma nova era de globalização e economia do conhecimento. Essa fase não apenas aumentou a eficiência e produtividade, mas também redefiniu as qualificações exigidas dos trabalhadores e criou novas dinâmicas sociais e econômicas.

Atualmente, a Indústria 4.0 representa o próximo passo nessa evolução, caracterizada pela digitalização e automação avançada do ambiente de manufatura. Conectando máquinas, sistemas e ativos de forma inteligente, a Indústria 4.0 promete revolucionar ainda mais os processos industriais, aumentando a eficiência, reduzindo custos operacionais e abrindo novas oportunidades de negócios.

No entanto, apesar dos benefícios significativos trazidos por cada uma dessas revoluções industriais, também surgiram desafios importantes. Questões como o impacto no mercado de trabalho, a desigualdade digital e os dilemas éticos em torno da automação e inteligência artificial são temas urgentes que precisam ser abordados e gerenciados de forma cuidadosa.

Portanto, compreender a evolução das tecnologias da informação e seu impacto nas várias esferas da sociedade é essencial para navegar pelos desafios e aproveitar as oportunidades que surgem neste novo paradigma digital. A história nos mostra que a inovação tecnológica é inevitável, e cabe a nós adaptar e moldar seu desenvolvimento para beneficiar a humanidade como um todo.

Em suma, as revoluções industriais são testemunhas do poder transformador da tecnologia. À medida que avançamos em direção à Indústria 4.0, é crucial manter um equilíbrio entre o progresso tecnológico e as considerações sociais, garantindo que as futuras inovações sejam sustentáveis, inclusivas e orientadas para o bem comum.

REFERÊNCIAS

BOETTCHER, M. Revolução Industrial. Um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0. LinkedIn. 26 nov. 2015. Disponível em:

<https://pt.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-de-hist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher>. Acesso em: 10 maio 2024.

CASTELLS, M. A sociedade em rede. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

CASTELLS, M. A sociedade em rede: a era da informação: economia, sociedade e cultura. 5. ed. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2001. v.1.

CASTELLS, M. The Rise of the Network Society. Oxford: Blackwell Publishers, 1996.

CASTELLS, M.; CARDOSO, G.; CARAÇA, J. (org.). A crise e seus efeitos: as culturas econômicas da mudança. 1. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2013.

CAVALCANTE, Z. V.; SILVA, M. L. S. da. A importância da Revolução Industrial no mundo da Tecnologia. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 7., 2011, Maringá. Anais eletrônico [...]. Maringá. 2011. Disponível em:

Cairu em Revista. Jul/Nov 2024, Ano 13, nº 24, p. 87-103, ISSN 22377719

https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias_vieira_cavalcante2.pdf Acesso em: 20 mar. 2024.

DAVIS, J. P., EISENHARDT, K. M., & BINGHAM, C. B. (2009). Optimal structure, market dynamism, and the strategy of simple rules. *Administrative Science Quarterly*, 54(3), 413-452. doi:10.2189/asqu.2009.54.3.413

FREEMAN, L. C. (1979). Centrality in social networks: Conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215-239. doi:10.1016/0378-8733(78)90021-7

GERSICK, C. J. (1991). Revolutionary change theories: A multilevel exploration of the punctuated equilibrium paradigm. *Academy of Management Review*, 16(1), 10-36. doi:10.5465/amr.1991.4278991

GRATTON, L., & GHOSHAL, S. (2005). Integrating the enterprise. *MIT Sloan Management Review*, 46(3), 31-38. Retrieved from <https://sloanreview.mit.edu/> Acesso em: 18 jun. 2024.

HENDERSON, R. M., & CLARK, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 9-30. doi:10.2307/2393549

KAGERMANN, H., WAHLSTER, W., & HELBIG, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion, Berlin.

OESTERREICH, T. D., & TEUTEBERG, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, 83, 121-139.

SCHWAB, K. A quarta revolução industrial. São Paulo: Edipro, 2016.

SILVA, DB da; SILVA, Ricardo Moreira da; GOMES, Maria de Lourdes Barreto. O reflexo da terceira revolução industrial na sociedade. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2002, Curitiba-PR. Anais [...]Curitiba-PR, 2002.

SILVA, M. C. A. da.; GASPARIN, J. L. A Segunda Revolução Industrial e suas influências sobre a Educação Escolar Brasileira. 2015. Disponível em: http://www.histedbr.fe.unicamp.br/acer_histedbr/seminario/seminario7/TRABALHOS/M/Marcia%20CA%20Silva%20e%20%20Joao%20L%20Gasparin2.pdf. Acesso em: 20 mai. 2024.

SILVEIRA, J. A. (2017). Indústria 4.0: Transformação Digital na Manufatura. Editora Y, Rio de Janeiro.

VENTURELLI, M. Indústria 4.0: uma visão da automação industrial. 2017. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

WARSCHAUER, M. Tecnologia e inclusão social: a exclusão digital em debate. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006.

ZAWADZKI, Przemysław; ŻYWICKI, Krzysztof. Smart product design and production control for effective mass customization in the Industry 4.0 concept. Management and production engineering review, v. 7, 2016.