Pedro Alencar Gomes Pereira

Uma análise sobre o impacto da Indústria 4.0 aplicada ao Sistema Bancário

EPR-UnB

2021

Pedro Alencar Gomes Pereira

Uma análise sobre o impacto da Indústria 4.0 aplicada ao Sistema Bancário

Projeto de Graduação apresentado como requisito parcial obrigatório à conclusão do grau de bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília.

Universidade de Brasilía – UnB

Departamento de Engenharia de Produção

Projeto de Graduação

Orientador: Profa. Dra. Márcia Longen Zindel

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Fernandes Paixão

EPR-UnB

2021

Pedro Alencar Gomes Pereira
Uma análise sobre o impacto da
Indústria 4.0 aplicada ao Sistema Bancário/ Pedro Alencar Gomes Pereira. – EPR-UnB, 2021-
51 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Profa. Dra. Márcia Longen Zindel

PG – Universidade de Brasilía – UnB
Departamento de Engenharia de Produção
Projeto de Graduação, 2021.

1. Indústria 4.0 2. Inovação. 3. Sistema Bancário. I. Orientador Zindel, MTL. II. Universidade de Brasília. III. Engenharia de Produção IV. Graduação

Pedro Alencar Gomes Pereira

Uma análise sobre o impacto da Indústria 4.0 aplicada ao Sistema Bancário

Projeto de Graduação apresentado como requisito parcial obrigatório à conclusão do grau de bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília.

Trabalho aprovado. EPR-UnB, **21/05/2021**:

Profa. Dra. Márcia Longen Zindel
UnB
Orientador

Prof. Dr. Ricardo Fernandes Paixão
UnB
Coorientador

Anderson Dorrow
UNIFEBE
Membro da Banca

EPR-UnB
2021

Dedico este trabalho à minha mãe, Rosângela e ao meu pai, Cesar

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Márcia Zindel e Ricardo Paixão, que despertaram o meu interesse pela área de inovação, em especial no setor financeiro. Sem a presença deles, tenho certeza que minha graduação não seria tão engrandecedora.

Aos meus irmãos e respectivos cônjuges, Ricardo Pereira, Sylvia Daltro, Leonardo Leite, Lilian Souto, Marina Pereira e Marcos Souza, por me aturarem.

Aos demais membros familiares, em especial minha vó Olarina Leite. Aproveito também para agradecer meus padrinhos, Durang Alencar e Graça Falcão pelos diversos momentos de diversão.

Aos meus amigos do ensino médio, Beatriz Haack, Henrique Torres, Rafael Zerbini, Palloma Rodrigues, Paola Zerbini, Lucas Fernandes, Lara Bevilacqua e Rodrigo Nunes, que me acompanham desde então e sempre me incentivaram a buscar mais e ser melhor. E aos meus amigos mais recentes, em especial à Fernanda Sena e ao Giovanni Lourenzatto.

Às pessoas que deram dicas e revisaram meu projeto de graduação, Rosângela Alencar e Eduardo Sena.

Aos amigos da produção, Daniel Almeida, Victor Cleto, Eduardo Sena, Patrícia Santos, Victor Ludwig, Débora Vilarinhos, Jade Amorim, Rafael Patrão, Giovana Malnati, Rafaela Bernardes, Camila Mayerhofer, Juca Morais, Vinícius Farage, e Matheus Roveré, que me ajudaram a levar tanta coisa ao mesmo tempo.

E a todos que me ensinaram, agregaram positivamente e estiveram presentes nos diversos momentos de minha vida.

You've met with a terrible fate, haven't you?

Happy Mask Salesman

Resumo

O objetivo deste trabalho é analisar as transformações em curso no sistema bancário, considerando a influência da indústria 4.0 e de tecnologias recém-desenvolvidas dentro desse contexto. Para tanto, foi necessário apresentar, utilizando uma revisão integrativa, um panorama geral sobre a história das Revoluções Industriais, bem como sobre a evolução do Sistema Financeiro, focado no sistema bancário. A partir disso, foi abordado, com o uso da mesma metodologia, o impacto das mais recentes inovações em tecnologias da Indústria 4.0 no sistema bancário, considerando as soluções propostas por empresas e governo, para facilitar ao consumidor o acesso a serviços financeiros em geral, mas antes engessados. Por fim, dado que a sinergia entre as duas revoluções - industrial e bancária - têm ficado cada vez mais forte, o trabalho traz, em sua conclusão, algumas perspectivas de evolução na interação entre tecnologia e sistema financeiro.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Banking 4.0. Inovação.

Abstract

This research aims to present the transformation currently being held in the banking system, considering the influence of the Industry 4.0 and its newly developed technologies. Therefore, it was imperative to give the reader an overview, using integrative review, about the history behind the Industrial Revolutions and the evolution of the Financial System, mainly the banking portion of it. Based on this, using the same methodology, the impact of the latest innovations of the Industry 4.0 technologies in the banking system was addressed, in light of the solutions proposed by companies and the government, to facilitate access to financial services in general, that were previously inflexible. Finally, given that the synergy between the two revolutions - industrial and banking - has become increasingly strong, this work conveys some perspectives for the evolution in the interaction between technology and the financial system.

Keywords: Industry 4.0. Banking 4.0. Innovation.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Evolução do Sistema Bancário
Fonte: (KING, 2018), adaptado 17
Figura 2 – Linha do Tempo das Revoluções (Industriais e Bancárias)
Fonte: Próprio autor com base nas informações de (XU; DAVID; KIM, 2018; TUNZELMANN, 2003; POPKOVA; RAGULINA; BOGOVIZ, 2019; KING, 2018) 18
Figura 3 – Império Britânico em 1800
Fonte: (CHALK, 2021) 19
Figura 4 – Porcentagem do Império Britânico comparada a área do mundo
Fonte: (BOESLER, 2013) 20
Figura 5 – Variação da População na Inglaterra
Fonte: (LAWTON, 1973) 21
Figura 6 – Índices de industrialização *per capita*
Fonte:(BAIROCH, 1982) 22
Figura 7 – Diagrama de Motor a Vapor 24
Figura 8 – Produção de Carvão
Fonte: (POLLARD, 1980) 26
Figura 9 – Funcionamento de uma usina nuclear
Fonte: (BATISTA, 2015) 29
Figura 10 – Principais índices de bolsas de valores do mundo, nos últimos cinco anos 32
Figura 11 – Estatística de uso do Pix
Fonte: (BRASIL, 2021) 45

Lista de tabelas

Tabela 1 – Características das RI
Fonte: (XU; DAVID; KIM, 2018), adaptado 30

Lista de abreviaturas e siglas

RI	Revoluções Industriais
IF	Instituições Financeiras
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
EUA	Estados Unidos da América
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
OMS	Organização Mundial da Saúde
CPS	*Cyber-Physical Systems*
IoT	*Internet of Things*
GPS	*Global Positioning System*
AI	*Artificial Intelligence*
BLM	*Black Lives Matter*
ATM	*Automated Teller Machines*
MEI	Microempreendedor Individual
BC	Banco Central do Brasil
SPI	Sistema de Pagamento Instantâneo

Sumário

1 INTRODUÇÃO . . . 14
1.1 Objetivos . . . 15
1.1.1 Objetivo Geral . . . 15
1.1.2 Objetos Específicos . . . 15
1.2 Justificativa . . . 15
1.3 Metodologia . . . 15

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . 16
2.1 Sociedade e as RI . . . 19
2.1.1 Primeira Revolução Industrial . . . 24
2.1.2 Segunda Revolução Industrial . . . 26
2.1.3 Terceira Revolução Industrial . . . 27
2.1.4 Resumo das RI Anteriores . . . 30
2.1.4.1 Sumário das RI . . . 30
2.2 Indústria 4.0 . . . 31
2.2.1 Tecnologias . . . 33
2.2.1.1 Sistemas Ciber-Físicos . . . 34
2.2.1.2 Internet das Coisas . . . 34
2.2.1.3 Cidades Inteligentes . . . 35
2.2.1.4 Fábricas Inteligentes . . . 35
2.2.1.5 Processamento de Grande Volume de Dados . . . 35
2.2.1.6 Computação em Nuvem . . . 36
2.2.1.7 Manufatura Aditiva . . . 36
2.2.2 Entraves à ampliação da Indústria 4.0 . . . 37
2.3 Sistema Bancário . . . 38

3 A INDÚSTRIA 4.0 E OS IMPACTOS NO SISTEMA FINANCEIRO 40
3.1 Atualidade: o ciclo virtuoso entre finanças e tecnologia . . . 40
3.2 Bancos Digitais . . . 41
3.3 Serviços de Pagamento de Empresas de Tecnologia: *Apple Pay*, *Google Pay* e *Samsung Pay* . . . 42
3.4 Pix . . . 43
3.5 *Blockchain* e a tecnologia das cripto-moedas . . . 45
3.6 Perspectivas na integração entre tecnologia e finanças . . . 46

4 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS 48

REFERÊNCIAS 49

1 Introdução

Inovação é um processo que, de uma forma ou de outra, se manifesta na história da humanidade ao longo de sua existência com recorrência (GODIN, 2008). Nos primórdios, a inovação estava ligada à construção de ferramentas simples para caça e outros trabalhos individuais, muitos destes capazes de promover mudanças pequenas, mas significativas para a sociedade da época (KING, 1992). Com o passar dos anos, o conceito de inovação e os seus desdobramentos práticos têm se tornado cada vez mais sofisticados, considerando os avanços tecnológicos, a disponibilidade e a transformação antropomórfica dos recursos disponíveis na natureza.

Mais recentemente, a partir do Século XVIII, estes processos de inovação adquiriram uma escala tamanha que transformaram a sociedade como um todo e tiveram consequências nunca antes vividas. A essas formas de inovação, dá-se um nome especial: Revolução Industrial. A raça humana já vivenciou três dessas grandes revoluções: a Primeira, entre 1760 e 1840, trazendo o início da mecanização e o conceito moderno de fábricas; a Segunda, entre 1850 e 1914, com a criação das fontes energéticas que mais utilizamos hoje em dia, o petróleo e seus derivados; e a Terceira, entre 1960 e 2000, trazendo a automatização do trabalho, com o uso de computadores e robôs (TUNZELMANN, 2003; XU; XU; LI, 2018).

Desde 2007, vive-se o que os pesquisadores categorizam como Indústria 4.0, a Quarta Revolução Industrial (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018; XU; XU; LI, 2018; ZHONG et al., 2017). Nesta, tecnologias digitais trazem oportunidades inéditas e são produtoras de um insumo vital para a própria revolução: os dados. Muito tem se falado sobre as tecnologias que são pilares para a Indústria 4.0 e os obstáculos para o futuro (BIRKEL; HARTMANN, 2019). Além disso, diversos setores têm presenciado os efeitos práticos e dinâmicos dessa revolução, em especial o setor financeiro. Novos competidores surgem frente a bancos tradicionais, agregando valor ao consumidor e, com isso, mudando as perspectivas sobre serviços bancários.

Este trabalho está dividido nas seguintes seções: introdução, revisão bibliográfica das Revoluções Industriais (RIs), apresentação dos principais fatores que definem a Indústria 4.0, da dinâmica atual do sistema bancário e considerações finais.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o impacto da Indústria 4.0 aplicado ao Sistema Bancário por meio de uma revisão bibliográfica.

1.1.2 Objetos Específicos

- Realizar uma revisão sistemática de literatura sobre as Revoluções Industriais;
- Efetuar uma revisão bibliográfica sobre o sistema bancário;
- Apresentar exemplos práticos dos impactos entre a Quarta Revolução Industrial e o Sistema Bancário.

1.2 Justificativa

Do ponto de vista acadêmico, esta pesquisa se justifica por proporcionar um estudo de uma área de grande interesse para a Engenharia de Produção, a Indústria 4.0, com foco em uma área não usualmente tratada dentro do curso, o Sistema Bancário. Não foram encontrados estudos com esse tipo de comparação - detalhada e histórica - até por ser, de certa forma, uma área inexplorada. Com isso, espera-se expandir a perspectiva da aplicação do curso, tanto para os membros discentes, quanto para os membros docentes. Do ponto de vista prático, apresentar a aplicabilidade da Engenharia de Produção, principalmente a área de inovação, e os seus resultados, que geram valor para o indivíduo.

1.3 Metodologia

Este trabalho é uma revisão literária, integrativa, executada utilizando o indexador de bibliotecas aberto, *Google Scholar* (acessível em <https://scholar.google.com.br/>) e, em mais específico, a base *Elsevier*. Os dados apresentados neste trabalho são do tipo secundário e compõe uma análise diagnóstica, realizada pelo autor.

2 Revisão Bibliográfica

A chegada da Revolução Industrial, no século XVIII, e as suas consequências nos momentos posteriores da história da humanidade, trouxeram diversas mudanças sociais, econômicas e culturais que permitiram a transição da população das áreas rurais para áreas urbanas. A estruturação da indústria e das linhas de produção neste período da história e, consequentemente, o aumento da escala de bens materiais disponíveis para consumo são exemplos claros de inovações, cujo impacto perdura até os dias atuais. Desta forma, criou-se o ambiente propício para a evolução da indústria focada no consumo em massa, dado o aumento da produção em si, das jornadas de trabalho e da migração em massa dos indivíduos do campo para as cidades.

Com o passar dos anos, as sucessivas evoluções do meio produtivo e a busca por novas matrizes energéticas – capazes de acompanhar a evolução da demanda criada pela expansão do consumo em massa – foram responsáveis por expandir os desdobramentos da Primeira Revolução e por trazer insumos para se falar da Segunda Revolução Industrial – no período de 1850 até 1914 – e da Terceira, no período de 1960 até 2000 (XU; DAVID; KIM, 2018; TUNZELMANN, 2003; POPKOVA; RAGULINA; BOGOVIZ, 2019). Todas elas possuem características marcantes que as distinguem entre si, mas partem de alguns princípios em comum, tais como: matriz energética utilizada, inovação(ões) tecnológica(s), tipo de indústrias impactadas e inovações na cadeia de suprimentos e logística associadas à produção industrial em massa.

Nos tempos atuais, mais especificamente a partir de 2007, considera-se que estejamos vivendo a Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0. Ela tem como principal característica o uso estratégico da tecnologia, de forma a acelerar as transformações no oferecimento de produtos e serviços já conhecidos. A variedade de recursos tecnológicos e as inovações incrementais, em pontos cruciais das linhas de produção de bens e serviços, terminam por promover ganhos em nível de escala em um novo mundo globalizado e cada vez mais interdependente (XU; DAVID; KIM, 2018).

Aplicando a lógica revolucionária da Indústria 4.0 para o sistema bancário, pode-se dizer que este é um dos setores que mais tem sofrido influência dos avanços tecnológicos na oferta de serviços. Hoje é crucial pensar em facilidades financeiras no nível global e a evolução tecnológica no oferecimento deste tipo de serviço como um binômio. Inclusive, segundo o autor King (2018), a evolução no desenvolvimento do setor bancário, apoiado pelo desenvolvimento tecnológico promovido pela Quarta Revolução, também é pautada em quatro fases, conforme na Figura 1.

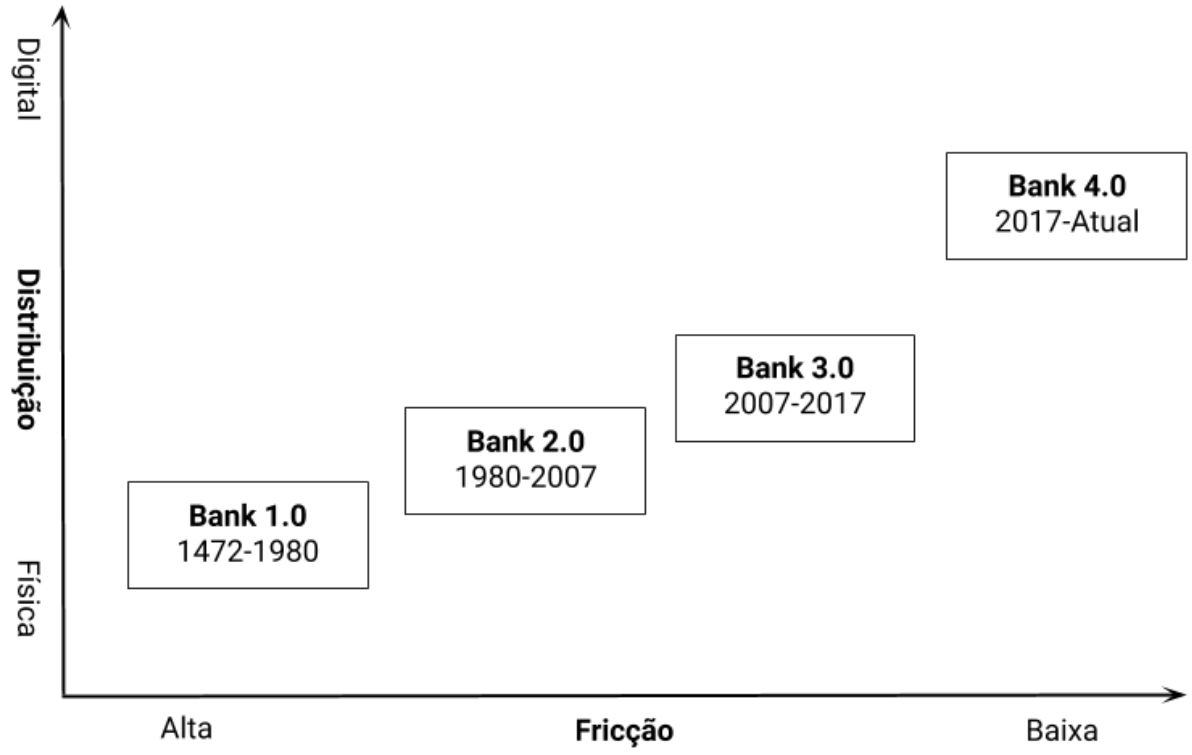

Figura 1 – Evolução do Sistema Bancário
Fonte: (KING, 2018), adaptado

A figura acima apresenta as etapas da evolução deste sistema em função de duas variáveis: fricção e distribuição. A primeira associa fricção ao comportamento do consumidor quando se trata de adesão a novas tecnologias na facilidade de utilização de serviços financeiros. Já a segunda, associa a distribuição dessa tecnologia para a população, na forma de apresentação desta: analógica ou digital. É importante ressaltar que, para King (2018), todas essas etapas da evolução do sistema bancário estão presentes atualmente, ou seja, coexistindo. O nível de instrução e de acompanhamento da população na adesão reforçam o convívio entre as quatro etapas.

É interessante perceber que as fases de evolução do sistema bancário nem sempre estiveram sincronizadas com as Revoluções Industriais. Isto fica evidenciado na Figura 2.

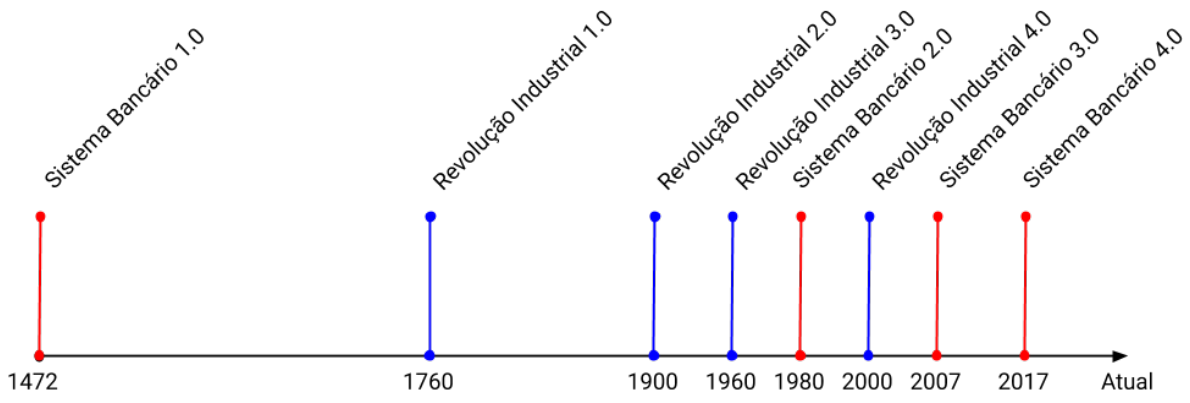

Figura 2 – Linha do Tempo das Revoluções (Industriais e Bancárias)
Fonte: Próprio autor com base nas informações de (XU; DAVID; KIM, 2018; TUNZELMANN, 2003; POPKOVA; RAGULINA; BOGOVIZ, 2019; KING, 2018)

O primeiro ponto a destacar na figura é que se percebe o quanto o avanço tecnológico, na forma de estreitamento da comunicação e do acesso aos serviços bancários, começa a ser expandido apenas no final do século XX, quando há um casamento entre a tecnologia possível para o oferta deste tipo de serviço e a demanda *per se*. Dessa forma, a proximidade entre as linhas deixa claro que havia uma lacuna tecnológica a ser suprida, antes de se pensar em uma revolução no sistema financeiro em nível global.

Um segundo e último ponto diz respeito à diferença entre as três primeiras Revoluções Industriais e a Indústria 4.0: se antes a preocupação era maior com a oferta de bens em larga escala - considerando mercado consumidor ávido e facilidade logística de distribuição, bem como observando o impacto da publicidade física para um alcance assertivo do público-alvo respectivo -, agora a preocupação é com o alcance no mundo virtual, que requer menos gastos físicos, porém necessita de uma tecnologia de ponta para que a conexão (de comunicação) seja estável e proporcione, a qualquer tempo, ferramentas que mantenham o apetite do consumidor pelo que está sendo produzido.

Neste sentido, o sistema financeiro, especificamente o sistema bancário entra como um dos tipos de serviços afetados pela tecnologia e merecedores de atenção na sua linha histórica de evolução – inicialmente apresentada na Figura 2.

2.1 Sociedade e as RI

No período anterior à Primeira RI, a maior parte da população mundial vivia em áreas rurais, com baixa escolaridade e acesso a itens produzidos majoritariamente em suas comunidades ou comunidades próximas, cuja distância entre elas era possível de ser percorrida a pé ou a cavalo. Nesse sentido, a gama de produtos disponíveis para consumo imediato ou não era restrita, e itens vindos de lugares mais distantes eram considerados exóticos.

Naquela época, o Império Britânico era o maior reino em extensão territorial descontínua na Terra, como pode-se observar na Figura 3 a seguir. Dado o fato de possuir territórios nos mais diversos continentes e dada a forma de conquista deles – fomentada parcialmente pelo seu grande avanço em tecnologia naval – o Império contava com a capacidade de realizar comércio amplamente e de promover um intercâmbio maior entre os seus domínios. Portanto, com a possibilidade de comércio, muitos donos de terras na Inglaterra alteraram suas fazendas, antes arrendatárias, para focar apenas na produção em massa de um recurso: a lã. A escolha de produzir lã, que dependia da criação de ovelhas, teve razões técnicas. A lã era um recurso altamente demandado naquela época, além de ser extremamente durável e de fácil transporte.

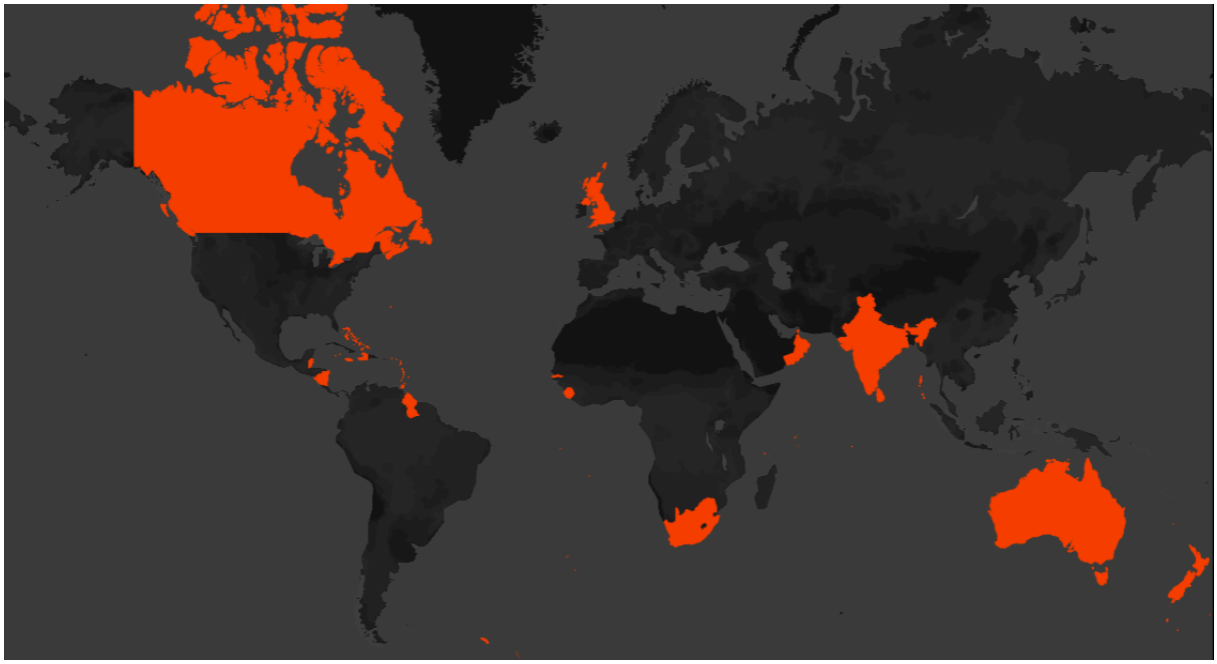

Figura 3 – Império Britânico em 1800
Fonte: (CHALK, 2021)

Como mostra a Figura 3, a extensão do Império Britânico era tamanha, que no período citado contava com terras em todos os continentes habitados. Além de uma imagem

apresentada anteriormente, pode-se mensurar a vastidão do Império Britânico em relação a área total habitável da Terra. Dalio (2015) apresenta este gráfico, Figura 4, que mostra a porcentagem do mapa territorial apresentado na Figura 3. Pela sua vasta extensão, o Império possuía a capacidade de realizar comércio em escala global (FERGUSON, 2008).

Figura 4 – Porcentagem do Império Britânico comparada a área do mundo
Fonte: (BOESLER, 2013)

Essa mudança na produção de recursos nas fazendas da Inglaterra trouxe o aumento da oferta de lã no mercado global, mas trouxe também consigo uma nova questão a ser pensada e resolvida: a desocupação promovida pelos arrendadores e, por consequência, a saída dos arrendatários das terras, agora destinadas à produção da lã. Pode-se dizer que o desalojamento acabou por criar um excedente de mão-de-obra, que precisava ser alocado em outro espaço, e isso proporcionou a migração forçada daqueles arrendatários para os centros urbanos da época (como demonstrado na Figura 5 a seguir). A percepção geral era de que, nas cidades, dada a recente prosperidade industrial, haveria mais oportunidades de trabalho. Desta forma, um dos processos mais importantes para entender o desenvolvimento dos centros urbanos e a expansão da indústria à época estava constituído: a urbanização, um dos pilares para à consolidação da Primeira RI.

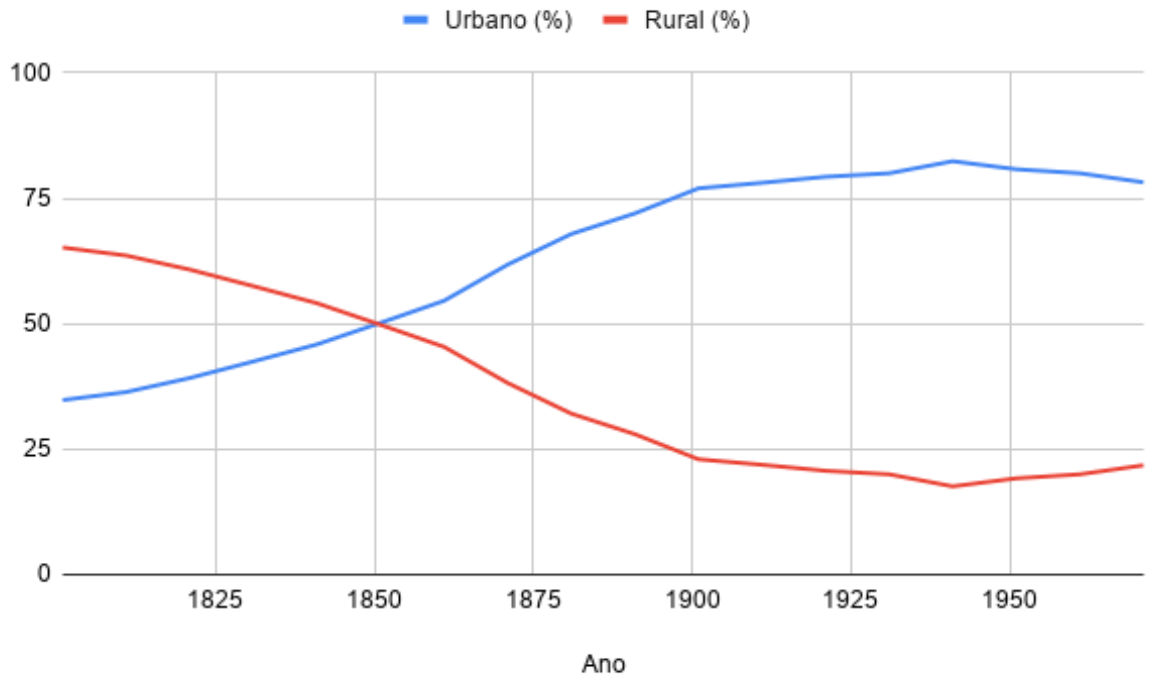

Figura 5 – Variação da População na Inglaterra
Fonte: (LAWTON, 1973)

A Figura 5 mostra como a urbanização ocorreu no período da Primeira, Segunda e Terceira RIs. Vê-se que foi um processo gradual e que o êxodo rural foi parcialmente responsável pela Primeira RI.

Se com o êxodo rural crescente, a oferta de mão-de-obra se tornou um fator preponderante na expansão da indústria, por outro também apresentou suas questões. Havia a oferta de mão de obra necessária, porém não qualificada, o que tornou cada vez mais necessário dispender atenção para trabalhar esse aspecto. Com isso, a evolução no treinamento do trabalhador e na disposição fabril foi algo iniciado na Primeira RI e extremamente desenvolvido na Segunda RI. Neste sentido, se antes era um problema dar escalabilidade à produção de fios de lã porque faltavam trabalhadores qualificados nas fábricas, o contexto da Primeira RI foi fundamental para mudar este panorama e, enquanto o consumo em massa continuou sendo um pilar importante para o sucesso fabril, este aspecto foi tomando protagonismo.

Vale ressaltar que, ao mesmo tempo em que essas pessoas migravam para os centros urbanos - da forma como era possível à época -, as implementações de novas tecnologias - que possibilitariam acelerar o processo produtivo e a liberdade legal e institucional - foram fatores igualmente importantes no sucesso da Primeira RI, bem como na evolução social decorrente da mudança nas relações de trabalho ali percebida. Haveria de se constituir uma

nova divisão social do trabalho, com impactos profundos em todas as RIs (PEARSON; FOXON, 2012; BRULAND; MOWERY, 2013).

Outro fator relevante para a Primeira RI foi a existência, na Inglaterra, de lei de patentes muito à frente de seus pares, que garantia o uso das inovações e pagamento aos inventores. E houve também a criação de políticas de desenvolvimento industrial e evolução da complexidade das operações nas Instituições Financeiras (IFs), dada a necessidade de financiamento para a sobrevivência das indústrias nascentes (MACLEOD, 2002).

Na Segunda RI, tem-se como ponto relevante o estudo da produtividade do trabalhador e do ambiente de trabalho. O deslumbramento da produção em massa e da possibilidade dos ganhos de produção – a princípio, infinita – condicionaram a produção acadêmica em paralelo com a mesma temática, iniciando assim o estudo da administração.

O estudo, o ensino, os treinamentos de técnicas de produção fabril eficazes começaram a trazer uma nova percepção quanto ao espaço físico da produção e ao consequente monopólio inglês do desenvolvimento industrial. A partir daí, e em especial na Terceira RI, o local de origem dos grandes centros fabris sofreu um deslocamento, sendo pulverizado para outras localidades do planeta. Dessa forma, os países começaram a viver as revoluções de maneira mais concomitante (conforme Figura 6 a seguir), ressalvadas as diferenças de tecnologia, acesso a recursos materiais e apoio institucional e financeiro, necessários à expansão industrial de cada país (TUNZELMANN, 2003).

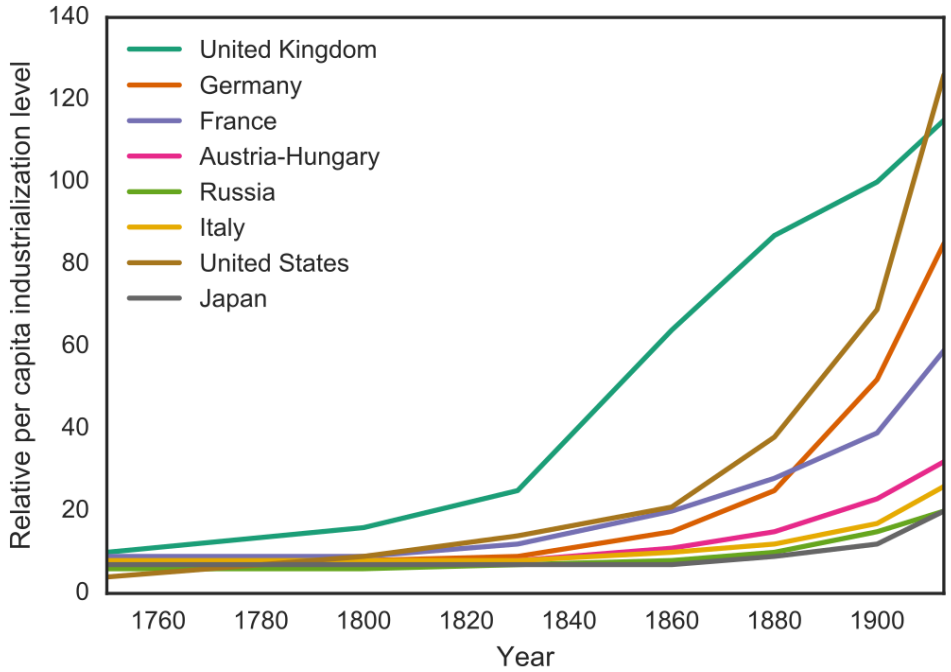

Figura 6 – Índices de industrialização *per capita*
Fonte:(BAIROCH, 1982)

Como se pode notar, a Figura 6 explicita os países que integraram a Segunda RI. É possível observar que diversos países tiveram a revolução concomitantemente e que, mesmo a Inglaterra sendo a pioneira, foi ultrapassada pela Alemanha, no nível de industrialização *per capita*.

Com a Segunda RI, veio também a criação de grandes pesquisas em universidades (e Institutos Politécnicos), principalmente na área da química, na região hoje conhecida como Alemanha. Dessa época também é a criação de centros de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Nota-se, portanto, o fortalecimento do sistema de educação e um consequente aumento da interação da universidade (ciência)-indústria, trazendo ainda mais benefícios à RI.

Os Estados Unidos da América (EUA) seguiam um caminho semelhante ao da Alemanha. O mesmo já não se pode dizer da Inglaterra, que optou por não investir fortemente em educação, principalmente na técnica. Além disso, comparando dados de crescimento no acesso à universidade da época (STRIEN, 2011), a Inglaterra teve um aumento significativamente menor que a Alemanha, por exemplo, e isso acabou se traduzindo no acompanhamento das próximas RIs, em termos de competitividade.

Seguindo para a Terceira RI, vê-se que a globalização e a interdependência entre os sistemas produtivos dos países já são recorrentes no cenário internacional. Sistemas de comunicação mundial tornaram-se cada vez mais importantes, aproximando as pessoas e a forma como interagiam, por contato direto ou por meio de informação advinda de noticiários. A preocupação em expandir as possibilidades do consumo em massa, a partir do momento que outros fatores primordiais ao sucesso das RIs anteriores foi superado, passou a ser o da publicidade e propaganda dos produtos disponibilizados para a população. Dessa forma, os noticiários, cartazes e *outdoors* tomaram uma grande proporção nos investimentos por parte das indústrias e na estratégia de promoção dos produtos. Com isso, o acesso à informação seguia concentrado em grandes veículos de mídia.

Entretanto, a produção acadêmica nos grandes centros de pesquisa já dava sinais de criticar o modelo vigente de crescimento industrial, ao expor as fragilidades deste (como a baixa proteção dos direitos trabalhistas) e os problemas sociais decorrentes. Ademais, trazendo o debate para os dias de hoje, ainda há receio de como as tecnologias digitais irão influenciar o ambiente de trabalho, dado o ritmo que a evolução tecnológica assumiu.

A partir dessa Terceira RI, discussões importantes surgem em nível mundial e serão cruciais para o surgimento e a consolidação da Indústria 4.0, aparecendo em forma de desafios sociais, políticos, econômicos e, mesmo sustentáveis, para seguir validando esse modelo de expansão. Exemplos disto são a preservação da privacidade das pessoas no meio digital, as formas de divulgação da informação nos meios físicos e digitais e a manipulação destas informações para atingir públicos-alvo muito específicos, mas com grande representatividade em seus respectivos países.

É possível falar de alguns dos impactos da Indústria 4.0 (SHERMAN, 2020; KELION, 2020). Inúmeras facilidades foram disponibilizadas para o usuário final e trouxeram ganhos para a sociedade. Porém, o custo para utilizar a comodidade sempre acaba sendo a manutenção da privacidade, visto que esta se tornou moeda de troca para se ter acesso às facilidades. Essa dicotomia é um tema discutido amplamente nos dias de hoje (ROBLEK; MEŠKO; KRAPEŽ, 2016; SADEGHI; WACHSMANN; WAIDNER, 2015), pois, por se utilizarem de tecnologias embasadas em matemática avançada, cujo conhecimento está fora daquele nível comum, a maioria dos indivíduos não tem interesse ou condições de compreender os recursos que possibilitam falar da invasão dessa privacidade.

Dessa forma, nas próximas seções, serão apresentadas informações técnicas importantes para compreender o arcabouço histórico, que permitiu pensar a Indústria 4.0, e a evolução do sistema bancário.

2.1.1 Primeira Revolução Industrial

Em se tratando de aspectos técnicos, a indústria têxtil britânica foi catapultada por uma grande inovação, a lançadeira transportadora, patenteada por John Kay. Essa lançadeira aumentou a velocidade da tecelagem e, por tabela, incrementou em muito a demanda por fios de lã, recurso que estava com grande oferta no mercado.

Como forma de acelerar ainda mais o processo produtivo, outras inovações ocorreram, como a máquina de fiar Jenny – responsável por fios de baixa resistência – e, eventualmente, a máquina de fiar hidráulica, de Richard Arkwright, mudando a fonte energética do esforço braçal do ser humano para a utilização de uma roda d'água. Posteriormente, a roda d'água foi substituída pelo motor (ou máquina) a vapor. Um diagrama deste sistema pode ser visto na Figura 7.

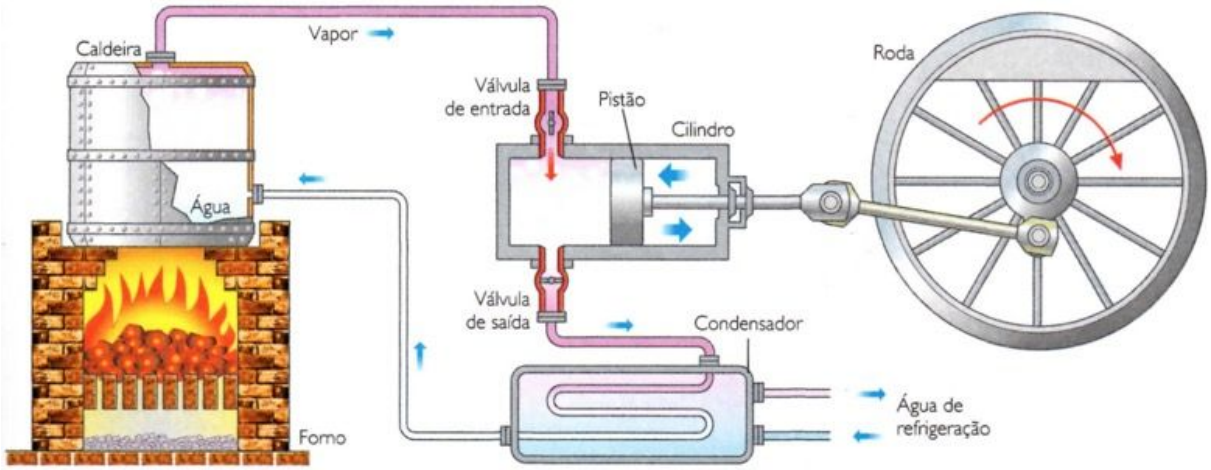

Figura 7 – Diagrama de Motor a Vapor

No sistema apresentado na Figura 7, tem-se o seguinte funcionamento:

- Esquenta-se água com uma fonte de energia externa - queima do carvão -, transformando-a em vapor;
- Este vapor expande uma câmara, movimentando um pistão que realiza um trabalho;
- O vapor passa por uma condensadora, para resfriar (voltando ao estado líquido);
- A água então volta a caldeira, para repetir o ciclo.

Estas modificações, a princípio simples, foram essenciais para alavancar a produção dos tecidos da indústria, pois poupavam parte do esforço humano envolvido nas tarefas e conseguiam alocar essa mão-de-obra em outras atividades essenciais à indústria.

Além disto, é importante traçar um paralelo entre a introdução do motor a vapor (ou máquina a vapor) e o sistema que foi criado. Estes motores precisavam de energia de baixo custo, representado na época pelo carvão. A Inglaterra possuía grandes reservas desse recurso próximas à superfície, fazendo que sua extração tivesse o custo reduzido. Porém, as minas de carvão ao serem perfuradas em maior profundidade, inundavam com frequência, dificultando sua extração.

Para solucionar este problema, Thomas Newcomen criou a primeira máquina atmosférica, que drenava água eficientemente. Esta máquina, movida a carvão, barateava a sua extração, causando retroalimentação positiva na extração de carvão. A partir de então, esse recurso se tornou essencial para operar máquinas a vapor, barateando a extração do carvão. Este tema de retroalimentação positiva (ou da forma mais comum, em inglês, como *feedback* positivo) é recorrente durante a Segunda RI e se tornou essencial para o sucesso dela como um todo.

Além das inovações mecânicas supracitadas, ocorreram também inovações químicas decorrentes dos avanços na mecânica da extração do carvão, tais como a extração de chumbo e a sua consequente utilização na pigmentação da indústria têxtil e a similar extração do enxofre, com a mesma finalidade. Ambos os compostos se encontravam fixados em camadas mais profundas do solo. Com a resolução do problema do alagamento das minas, a perfuração permitiu explorar outros compostos naturais. A partir daí, é possível falar dos avanços e das inovações disruptivas e incrementais da Segunda RI.

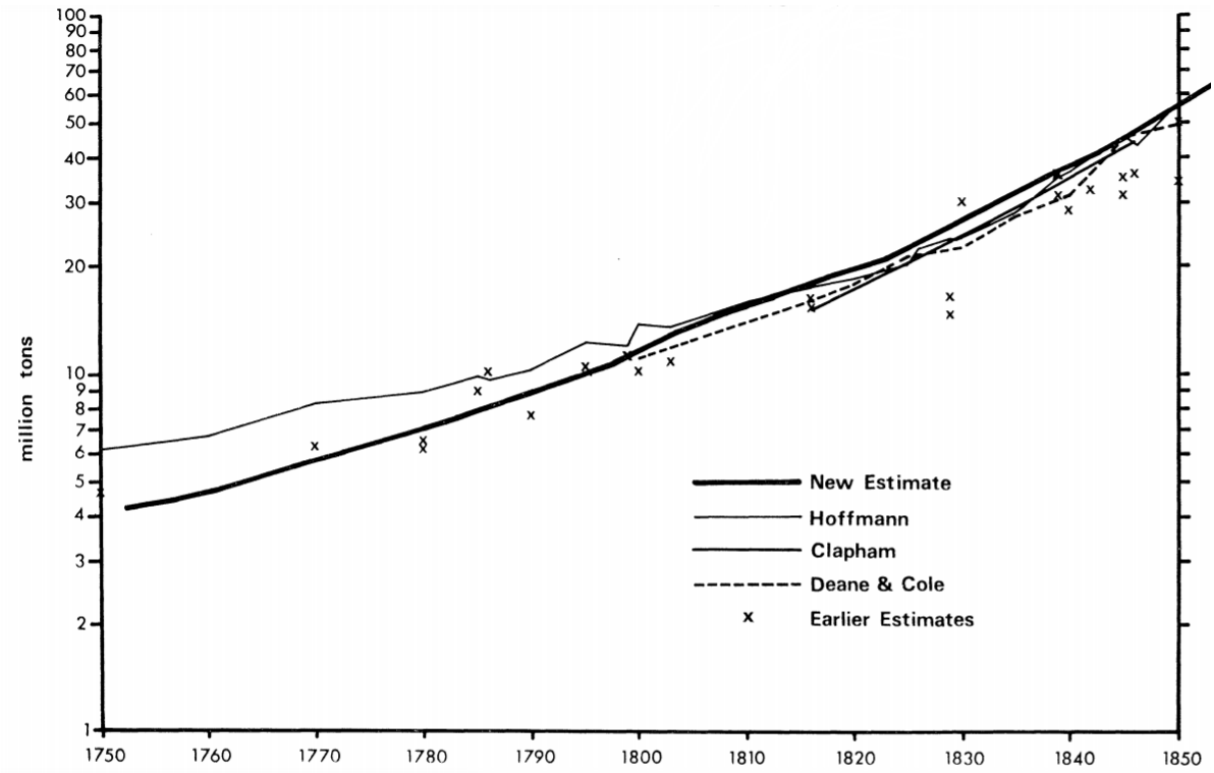

Figura 8 – Produção de Carvão
Fonte: (POLLARD, 1980)

Na Figura 8 é possível visualizar a produção de carvão durante a Primeira RI. Cada linha representa um estudo distinto, com estimativas de produção de carvão. No início da revolução, a produção era da ordem de 10^6 toneladas. Ao final desta, sua produção havia crescido praticamente duas ordens de grandeza.

2.1.2 Segunda Revolução Industrial

Diferentemente da Primeira, que se concentrava basicamente em uma indústria simples como a têxtil, a Segunda tratou de trabalhar o uso de recursos mais avançados, como o uso do aço, a produção de maquinários avançados, tais como carros, e o estabelecimento de novos setores industriais como a de químicos complexos, eletricidade e óptica. Outro *feedback* positivo decorrente de avanços da Primeira RI tem seu sucesso aqui: para facilitar o escoamento de produção, era necessário aumentar a malha ferroviária e, para isso, era preciso produzir mais aço, que só era transportado por trem, devido ao seu peso.

Neste momento, também ocorreu a aproximação da ciência com a indústria, mas vale ressaltar que essa relação ainda estava incipiente. A Revolução em si não foi levada pelos avanços tecnológicos na ciência de ponta, pois ainda havia certa defasagem de tempo entre o que a ciência de ponta estava descobrindo e o que a indústria estava implementando

para aplicações rotineiras. O alcance, a comunicação e a troca de experiências precisavam se alinhar a um novo ritmo de crescimento e produtividade, que estava se caracterizando dentro da Segunda RI.

Com isso, muitas inovações estavam mais ligadas ao desenvolvimento de novos maquinários, que utilizassem conhecimentos mecânicos e alterassem elementos estruturais, tais como concepção e design, do que de novidades na tecnologia *per se*. Para a criação desses novos equipamentos não se faziam necessários tantos conhecimentos científicos, pois havia complexidade maior intrínseca à garantia da possibilidade de mudança do processo produtivo, por meio do aumento da competitividade. Por outro lado, com o avanço da ciência, eventualmente surgiram indústrias totalmente novas, como a indústria do petróleo e do seu refinamento, muito impulsionada pelos grandes avanços da indústria química.

Há ainda outros dois pontos que precisam ser tratados como decorrentes das transformações ocorridas na Segunda RI, os quais tem um caráter mais social que técnico. O primeiro sendo a divisão social do trabalho, que passou por mudança de perspectiva, pois era necessário melhorar a capacitação técnica dos trabalhadores envolvidos no sistema de produção, por meio de treinamento formal, de participação de firmas externas - que conduziam estes treinamentos -, e o aumento da pesquisa empírica utilizando respostas dos próprios funcionários. Neste sentido, as próprias relações de trabalho sofreram mudanças, pois as jornadas extensas começaram a ser questionadas pela mão-de-obra disponível (BRULAND; MOWERY, 2013).

O segundo ponto está relacionado ao crescimento de veículos de comunicação como os principais difusores de informação e se tornaram importantes para as revoluções seguintes. Vale ressaltar que este crescimento ocorreu simultâneo à ascensão no uso da eletricidade e na construção das telecomunicações, sendo essencial para a consolidação da Terceira Revolução Industrial. Por fim, todos esses avanços tiveram um impacto grande na relação tecnologia-sociedade, promovendo espaço para se pensar a gestão moderna de negócios, processos produtivos e de como tornar o espaço de trabalho mais produtivo.

2.1.3 Terceira Revolução Industrial

O contexto do surgimento desta RI ocorre após a Segunda Grande Guerra Mundial, quando o mundo estava se adaptando às diversas inovações geradas ao final da guerra, como o motor a jato e a bomba nuclear. Este período também antecede o início da Guerra Fria entre os EUA e a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), outro marco histórico no desenvolvimento industrial, afetando setores tais como a indústria aeroespacial.

O desenvolvimento das tecnologias sempre teve um responsável majoritário pelo processo. Na Terceira RI, o papel das Forças Aliadas na Segunda Guerra Mundial foi determinante na etapa inicial, pois o sucesso em guerra estava muito associado ao incrível avanço produtivo deles na Segunda RI. Os EUA, por exemplo, possuíam grande capacidade de produção de equipamentos militares, garantindo a permanência no combate. Além disto, o uso de uma nova tecnologia - a bomba atômica - mostrou o quão valiosa era a participação de cientistas e suas pesquisas na tecnologia de ponta. Já a URSS produzia quantidades de aço e, consequentemente, armamento em grandes volumes, e acabava participando também da mesma corrida pelo protagonismo militar e industrial que os EUA.

Ao final da Segunda Guerra, tendo em vista que um novo confronto estava se formando, essas duas então grandes potências - EUA e URSS - começaram seus planos de captar tecnologias e cientistas alemães, concomitantemente, buscando desenvolver seus programas de P&D internos, para obter vantagem militar. Neste momento também começou o início do desenvolvimento da tecnologia que iria revolucionar esta RI e servir de base para a próxima: a computação, utilizada para decifrar a máquina de criptografia alemã Enigma.

Com o avanço da Guerra Fria e a necessidade de se manter à frente de seu inimigo, os EUA precisavam fomentar ainda mais a P&D. Porém, este trabalho seria muito extenso para o governo, apenas pelo número de novas tecnologias que se apresentavam e pela necessidade de prontidão frente a uma possível guerra.

Portanto, ocorre uma mudança de estratégia do Governo Americano, que concentrou seus esforços no desenvolvimento de tecnologias militares e críticas, mas fomentou a indústria local para desenvolver componentes necessários à inovação industrial, que eram economicamente viáveis, como computadores eletrônicos, *softwares* e componentes semicondutores. Com isto, reduziu-se o risco no processo de desenvolvimento e garantiu-se o fornecimento eficiente para componentes críticos e, consequentemente, fomentou-se o desenvolvimento industrial local sob uma nova perspectiva.

Desse modo, é possível dizer que ocorreu um grande avanço na indústria de semicondutores naquela época, principalmente nos EUA, além do início do desenvolvimento de grandes empresas, referência em produção de semicondutores até os dias atuais.

Outro setor que também teve grande crescimento no pós-guerra, foi o setor farmacêutico que, tendo laços fortes com o avanço da indústria química na Segunda RI, começou a se aproximar mais de universidades e com grandes investimentos do Governo dos EUA, viu uma prosperidade extrema.

Mais um setor industrial que teve suas atividades iniciadas no mesmo período, para fins pacíficos, foi o de geração de energia proveniente de fontes nucleares, em combinação com o motor a vapor (mesmo princípio físico). A utilização desta forma de produção de energia perdura até os dias atuais. Elas são, inclusive, uma das formas de produção de energia mais barata e limpa que a humanidade teve acesso desde sua descoberta (DINCER; ACAR, 2015).

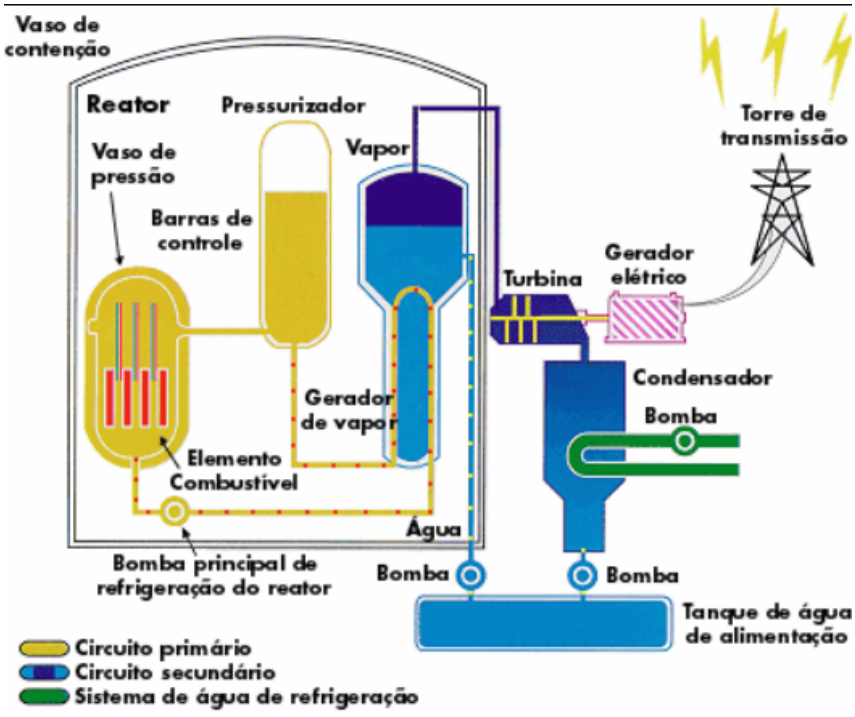

Figura 9 – Funcionamento de uma usina nuclear
Fonte: (BATISTA, 2015)

Pode-se constatar pela Figura 9, que o princípio do motor a vapor apresentado na Figura 7 é mantido (mesmo princípio físico). Claro, a fonte de energia muda do carvão para a nuclear e existem mais etapas de controle, porém a lógica se mantém: Gera-se vapor, que movimenta uma turbina, gerando assim energia.

Com ampla adesão de computadores para inúmeras atividades, tanto corporativas quanto governamentais, estes tiveram seu papel ainda mais estabelecido. Um projeto militar americano de comunicação fora disponibilizado, o que se tornou a internet, a base para a Indústria 4.0.

2.1.4 Resumo das RI Anteriores

A seguir, na Tabela 1 pode-se observar as características de cada Revolução Industrial apresentada até agora.

RI	**Principal Matriz Energética**	**Principais Inovações Tecnológicas**	**Principais Indústrias Impactadas**	**Principal Inovação Logística**
Primeira	Carvão	Motor a vapor	Indústria Têxtil	Trem
Segunda	Petróleo	Motor de combustão interna	Metalúrgica, Automotiva e de Construção	Carro
Terceira	Nuclear	Computadores, robôs	Automotiva, Química	Avião

Tabela 1 – Características das RI
Fonte: (XU; DAVID; KIM, 2018), adaptado

Como relatado, as revoluções industriais estão intrinsecamente ligadas com o contexto de suas respectivas épocas e, de certa forma, com as oportunidades (ou necessidades) que as impulsionaram. Para se analisar o contexto da Indústria 4.0 com o Sistema Bancário, existem alguns pontos que são mais relevantes e valem ser destacados na Seção Sumário das RI.

2.1.4.1 Sumário das RI

- Primeira Revolução Industrial
    1. Oportunidade de mercado;
    2. Foco no volume da produção;
    3. Trabalho humano assistido por máquinas.
- Segunda Revolução Industrial
    1. Aproximação com a ciência;
    2. Início da globalização;
    3. Foco no volume e variedade da produção;
    4. Trabalho de máquinas assistido por humanos.
- Terceira Revolução Industrial
    1. Estabelecimento da ciência como prioridade;
    2. Globalização é concretizada;

3. Foco no volume, variedade, qualidade e tempo de entrega da produção;
4. Início da automatização;
5. Uso e abandono de tecnologia analógica;
6. Uso de tecnologia digital

2.2 Indústria 4.0

A Quarta Revolução Industrial é a transição que se vivencia atualmente e pode ser classificada como uma nova revolução, ao invés de um prolongamento da Terceira por aspectos como: a velocidade, o escopo e o impacto das transformações propostas atingem novas dimensões nessa revolução (XU; DAVID; KIM, 2018). Mesmo tendo diversas questões ainda incertas, ou até mesmo desconhecidas, a Indústria 4.0 tem atraído grande atenção - governos, indústrias e pesquisadores - tendo sido encarada como uma promessa em termos de mudança dos paradigmas de oferecimento de bens e serviços, e de pensamento de como a tecnologia afeta as relações humanas (YIN; STECKE; LI, 2018).

A sociedade evoluiu, demandando não só produtos de qualidade e personalizados (FONSECA, 2018), como também tem apresentado maiores preocupações com a privacidade e com uma comunicação mais eficiente (JOURNAL et al., 2019). A globalização, bem estabelecida atualmente, cria oportunidades na cadeia logística e uma dinâmica global econômica de co-dependência entre os países, em escala antes não imaginada nas outras revoluções industriais. A maleabilidade e as facilidades de interface trazidas pelos avanços tecnológicos mostram que, ainda que bem coordenado, o processo produtivo - por ter origem e destino quaisquer - pode ser melhorado nos aspectos que as pessoas acabam demandando. Custos antes intrínsecos à produção, custos de transporte e custos de publicidade estão sendo redimensionados e podem ser alocados para agregar maior valor aos produtos em questão.

Este fenômeno ficou evidente durante o ano de 2020, quando se iniciou o espalhamento de uma doença respiratória altamente contagiosa, o coronavírus Sars-CoV-2, apelidado de Covid-19. A proporção de impacto classificou a doença – segundo os parâmetros da Organização Mundial da Saúde (OMS) – como pandemia, pois não há, atualmente, um país que não tenha sido ou esteja ainda sendo altamente impactado pela doença.

Um agravante sobre o surgimento da doença, foi o fato dela ter ocorrido na China, um dos maiores e mais importantes atores no fluxo global de produção de tecnologia, de circulação de recursos e de fluxo financeiro transacional total. Esse será um fator essencial para entender o impacto da indústria 4.0 no mundo atualmente.

Ademais e a partir daí, começou uma onda global de desabastecimento de produtos e a doença se espalhou para o mundo. Com isto, diversas economias foram afetadas

(podemos ver isto pelas bolsas de valores de diversos países, vide Figura 10) e a indústria global sofreu uma pausa forçada em sua produção.

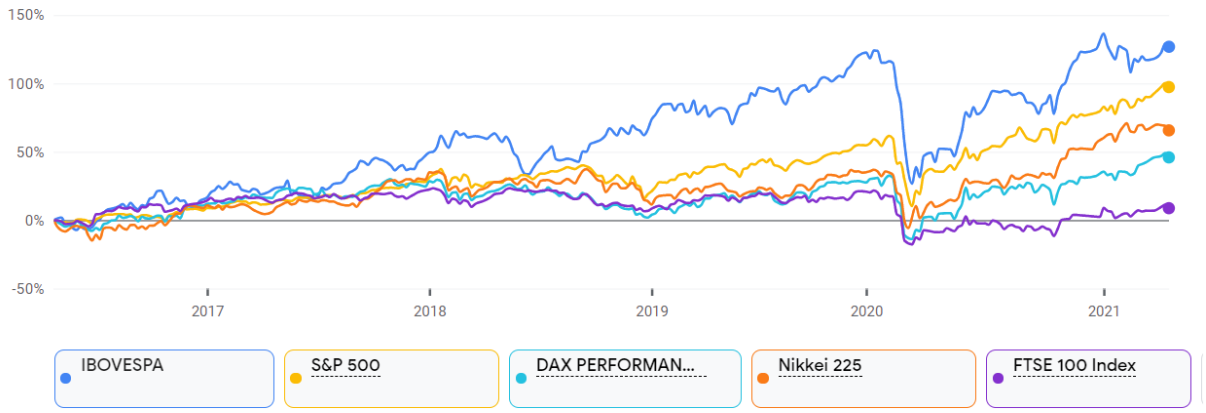

Figura 10 – Principais índices de bolsas de valores do mundo, nos últimos cinco anos

A Figura 10 deixa claro o momento do início da pandemia quando todas as bolsas tiveram uma queda drástica. É importante ressaltar, porém, que a maioria delas já se recuperou e algumas estão em patamares maiores do que pré-Covid.

Além do efeito econômico, para garantir a saúde pública, diversos países recomendaram o isolamento social, compelindo seus cidadãos a ficarem em casa e evitarem sair. Isto pode ter trazido um malefício à saúde mental das pessoas, algo que será estudado nos próximos anos, porém acelerou muito os aspectos fundamentais da Indústria 4.0, como o uso de tecnologias para interações humanas, o aumento na interconexão de tecnologias antes isoladas e, principalmente, o uso de dados em massa para tomada de decisões corporativas e governamentais.

Segundo Lu (2017), existem diversas definições para a Indústria 4.0, relacionando conceitos de melhoria na cadeia de valor e gestão da vida do produto ou, mais abrangentes, como um conjunto de tecnologias aplicadas à cadeia de valor. Em particular, uma definição se mostra bastante aplicável ao cenário atual, quando se fala de integração de sistemas complexos com sensores e *softwares* utilizados para predizer, controlar e planejar melhores resultados para a sociedade. A facilidade no controle de operações complexas representa um dos benefícios que a Indústria 4.0 vem trazendo para a sociedade.

Não há dúvida de que a Indústria 4.0 dá uma atenção maior à utilização de tecnologias, integradas com sistemas físicos e/ou digitais, em busca de objetivos próprios. Porém, é importante trazer uma definição acadêmica desses objetivos. Ainda, conforme as definições de Lu, tem-se que:

> Os objetivos da Indústria 4.0 são: Proporcionar a customização em massa de bens manufaturados com auxílio de Tecnologia da Informação; Fazer adaptações automáticas e flexíveis na cadeia de produção; Garantir a rastreabilidade de peças e produtos; Facilitar a comunicação entre partes, produtos e máquinas; Auxiliar nas interações entre humanos e máquinas; Alcançar a produção otimizada em "fábricas inteligentes"por meio de internet das coisas; Por fim, prover novos tipos de serviços e interações de modelos de negócios na cadeia de valor [traduzido](LU, 2017)

Analisando os objetivos acima, pode-se observar que esta revolução tem como foco a melhoria da cadeia de valor, a otimização da cadeia de produção e a promoção de modelos de negócios mais efetivos e rentáveis. Além disto, vê-se a recorrência de algumas tecnologias, que são fundamentais para a revolução atual e serão discutidas mais adiante.

Outro ponto analisado por Lu (2017) são os princípios da Indústria 4.0.

- Interoperabilidade;
- Virtualização;
- Decentralização;
- Capacidade em tempo real;
- Orientação a serviços;
- Modularidade.

Tais princípios são amplamente encontrados nas tecnologias que serão tratadas a seguir, na Seção Tecnologias e, de certa forma, guiam a inovação atualmente.

2.2.1 Tecnologias

Um ponto em comum entre todas as RIs descritas é o fato de que as mudanças promovidas em cada uma têm o caráter de inovação tecnológica. Ela termina por ser o componente chave que caracteriza as revoluções, uma vez que se analisa os impactos das transformações sofridas pela humanidade no período de tempo. Neste aspecto, a Quarta Revolução Industrial se destaca das outras pela sua amplitude. Além de existirem novas tecnologias, existem também integrações com tecnologias passadas, mudanças de modelos de comércio e negócios, além do uso de uma nova matéria-prima, criada pela própria Revolução: dados. A seguir, serão apresentadas as principais tecnologias discutidas no meio acadêmico (XU; XU; LI, 2018; LU, 2017; VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018; STOCK; SELIGER, 2016; LASI et al., 2014; ZHONG et al., 2017; LEE; BAGHERI; KAO, 2015), que são tidas como as fundamentais para entender a Indústria 4.0.

2.2.1.1 Sistemas Ciber-Físicos

Normalmente referidos na sigla *CPS* (em inglês, Cyber-Physical Systems), são sistemas onde o meio físico e digital se encontram (LEE; BAGHERI; KAO, 2015; XU; XU; LI, 2018). Ou seja, o *CPS* é passo natural para adaptar antigas tecnologias à Indústria 4.0, e se torna essencial na adaptação de versões mais atualizadas de sistemas e aplicativos antes desenvolvidos nas tecnologias anteriores. Um exemplo desta união é a evolução na área de manutenção preventiva, que pode vir a utilizar parâmetros estritamente digitais para avaliar a condição de uma peça e a necessidade de reparo ou troca, sinalizando com precisão o momento exato de rever as condições de operação e troca de peças do maquinário em questão.

Outro exemplo são os sistemas autônomos de direção, tanto para carros (ainda em testes) quanto para aviões (amplamente utilizados). O sistema mecânico (carro ou avião) está sendo controlado e monitorado por computadores, garantindo sua navegabilidade, e os processos mais avançados de uso destes sistemas estão sendo testados constantemente nos países produtores desse tipo de tecnologia. Há uma preocupação geral com a segurança do equipamento provido por sistemas autônomos e dos cidadãos que vierem a interagir com esses tipos de equipamento.

Os exemplos apresentados são de produtos individuais, mas a ideia é escalável para grandes sistemas, como indústrias (Seção Fábricas Inteligentes) e cidades (Seção Cidades Inteligentes).

2.2.1.2 Internet das Coisas

Internet das Coisas, usualmente escrita na sigla em inglês *IoT* (*Internet of Things*) refere-se à rede formada por objetos físicos (coisas) que possuem tecnologia embarcada, tais como sensores e *softwares*, capazes de gerar e transmitir dados com outros objetos ou sistemas da rede (Internet) (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018; ZHONG et al., 2017; XU; XU; LI, 2018).

Com a expansão de tecnologias com sensores embarcados, bem como sua diminuição de custo, diversos produtos hoje em dia participam da *IoT*. Um exemplo disso é um celular, que ao mesmo tempo que se comunica com o carro por meio de *Bluetooth*, manda seus dados de posição utilizando o Sistema de Posicionamento Global (do inglês *Global Positioning System*, ou *GPS*) para a empresa que gerencia o mapa. Esta empresa então, reúne dados de diversos motoristas, realiza cálculos e análises, apresenta um mapa com rotas atualizadas. O celular então sugere o melhor percurso e o mostra no painel do usuário. Isto tudo, sem o usuário perceber.

A *IoT* traz o conceito de processamento em tempo real e descentralização da informação, o que a torna uma ferramenta eficiente para outras tecnologias que serão

discutidas, como Cidades Inteligentes e Fábricas Inteligentes. Porém, ela necessita de duas outras tecnologias para funcionar: o Processamento de Grandes Volumes de Dados e a possibilidade de armazenamento de dados pelo recurso de Computação em Nuvem. Isso mostra que, na Indústria 4.0, as tecnologias estão muito entrelaçadas e, mesmo apresentadas de maneira separada, hoje se torna impossível fazer a utilização delas de forma isolada.

2.2.1.3 Cidades Inteligentes

As Cidades Inteligentes (em inglês, *Smart Cities*) são cidades que utilizam dados obtidos pela *IoT* para melhorar sua operação (LU, 2017).

Como discutido na Seção Primeira Revolução Industrial, ocorreu um grande aumento da população urbana e, atualmente, a maior parte da população mundial vive em grandes centros urbanos. Assim, a necessidade de prover serviços mais eficientes, gerenciar recursos e garantir mínimas condições de vida se tornou imprescindível.

Então, com a implementação de novas tecnologias de rede, como o 5G e a atualização de infraestrutura, é natural que as grandes cidades evoluam para sistemas mais automatizados, preditivos e baseados em dados e, com a evolução para *Smart City*, pessoas e negócios assumam um papel de *Stakeholders* e a tecnologia se torna um facilitador dinâmico nas relações. Atualmente elas prescindem da proximidade física antes necessária, pois as ferramentas e as conexões permitem a interação de humanos com objetos, bem como de humanos com humanos, em tempo real e de maneira assertiva.

2.2.1.4 Fábricas Inteligentes

Semelhante às *Smart Cities*, mas empregadas em um contexto industrial, as Fábricas Inteligentes (em inglês, *Smart Factories*) são aquelas que utilizam *CPS* e *IoT* para serem cada vez mais autogeridas (STOCK; SELIGER, 2016; LU, 2017). A robótica, tecnologia da Terceira RI, agora amparada por inteligência artificial e pelo *IoT*, garante padronização, velocidade e eficiência inéditas para a cadeia de produção. Cada vez mais robôs assumem papéis antes só imaginados para pessoas, não só pelo custo de utilização, mas pela vantagem de não expor o trabalhador a riscos desnecessários. Como os robôs interagem entre si de forma mais eficiente, a produção como um todo fica controlada e, com isso, é possível manter padrões mais rigorosos e complexos de qualidade. Vale ressaltar que ocorre a diminuição de outro custo indireto da operação quando se faz uso de robôs: custo com leis trabalhistas.

2.2.1.5 Processamento de Grande Volume de Dados

Se o *CPS* foi um passo natural, o Processamento de Grandes Volumes de Dados, conhecido como *Big Data* surgiu dentro da Revolução e atualmente puxa a Indústria 4.0

(VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018; ZHONG et al., 2017). Nos últimos anos a humanidade criou mais informação na internet do que nos últimos milênios. Com isto, bastante informação agora está amplamente disponível e sendo gerada, de maneira intencional ou automática (IoT). Esta quantidade de dados gera inúmeras oportunidades, tanto para outras tecnologias funcionarem, como apresentado anteriormente, quanto para a ciência evoluir.

Ainda, a Inteligência Artificial (AI, em inglês) evoluiu muito recentemente, grande parte devido ao avanço tecnológico e aos dados disponíveis para o seu aprendizado. Dispositivos rotineiros foram possibilitados ou afortunados pela AI, como assistentes de voz pessoal e câmeras de *smartphones* com processamento de imagem. A ciência também se beneficiou do *Big Data*, como exemplo tem-se os estudos sobre a disseminação do Covid-19, que puderam ser realizados por meio de análise de dados.

2.2.1.6 Computação em Nuvem

A evolução dos computadores, de sistemas analógicos, com válvulas, para utilização de sistemas digitais, com uso de transistores, veio na Terceira RI. Porém, o seu uso era localizado em redes especificamente projetadas para tal. O conceito de computação em nuvem (no inglês, *cloud computing*) chega na Indústria 4.0 como uma estrutura digital, localizada inteiramente na internet na visão do usuário e de recursos computacionais, que podem ser utilizados à medida que são demandados (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018; XU; XU; LI, 2018). Isto trouxe grandes avanços para a indústria de tecnologia e criou três tipos de empresa: as que proveem infraestrutura, as que proveem serviços e as que proveem ambos. O primeiro caso, porém, está se tornando cada vez mais concentrado em poucas empresas, visto que a maior rentabilidade está na área de serviços.

Além de permitir que diversas empresas, de qualquer porte, utilizem sistemas de última geração para atender seus clientes, essa nuvem também permite a integração de diversas outras tecnologias da Indústria 4.0, sendo um dos principais locais onde a inovação é criada.

2.2.1.7 Manufatura Aditiva

Por fim, o conceito de manufatura aditiva integra esta Revolução por trazer vários princípios como a descentralização e a modularidade no processo de fabricação dos produtos. O processo em si foi criado em meados de 1980, e consiste na deposição de camadas de material (no inglês, *layers*), moldando a peça até chegar ao seu estado final. Por ser um processo simples, escalonável e de baixo custo, tem sido muito utilizado para prototipagem (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018).

Atualmente, é possível comprar uma impressora 3D, que utiliza polímero para criar peças, a um custo acessível para o consumidor final e, muitas vezes, partes da

própria impressora vem "impressa". Ou seja, comprando uma impressora, algumas partes e imprimindo outras, é possível criar uma mini-fábrica localmente.

Claro, este exemplo é simples e muito voltado para protótipos de conceito, mas existem impressoras 3D que utilizam materiais mais aplicáveis no dia a dia, como metal, concreto e, até mesmo, tecido humano. A tecnologia está evoluindo rapidamente e novas aplicações são descobertas com frequência.

2.2.2 Entraves à ampliação da Indústria 4.0

Uma das principais barreiras para a implementação da Indústria 4.0 é o custo da tecnologia utilizada. Mesmo com o avanço na forma de produção, reduzindo assim o seu custo, as adaptações dos recursos tecnológicos do processo produtivo ocorrem com intervalos menores de tempo entre si e, muitas vezes, o maquinário ou mesmo o parque precisam ser renovados por completo. Dessa forma, a redução de custos de produção é anulada pelos novos custos de aquisição e adaptação insurgentes.

Outra barreira é a implementação dessas tecnologias em espaços públicos e por organizações governamentais. O principal fator para isto é a falta de regulação, unido a uma perspectiva de demora de criação de regras consistentes e satisfatórias no curto prazo. Entidades governamentais não têm conseguido acompanhar a evolução tecnológica com eficácia e, com a rápida mudança que afeta pontos sensíveis como a privacidade, sua ineficiência se torna prejudicial.

A principal preocupação desta revolução é, sem dúvida, sobre a privacidade dos usuários e quais são os limites de organizações. Como o usuário é a fonte criadora dos dados, acaba se tornando uma espécie de recurso negociável entre empresas.

O tema é tão crítico que, nas eleições dos EUA de 2016, houve um uso não autorizado de dados por uma empresa inglesa para analisar o perfil de votação da população americana. Há evidências de que isto pode ter influenciado diretamente aquela eleição, algo sem precedentes no histórico eleitoral do país (VALDEZ, 2018).

Há também a preocupação do uso de tecnologias de identificação biométricas pelo governo, como facial, para identificação de pessoas sem o consentimento. Países com regimes de governo com maior controle sobre a população, como a China, possuem sistemas extremamente sofisticados de identificação de pessoas que, além de garantir uma forma de controle, compõe um valor que cada individuo chinês possui, o valor de crédito pessoal (em inglês, *Credit Score*). Outro exemplo recente de uso de detecção facial aconteceu durante protestos do movimento Vidas Negras Importam (em inglês, *Black Lives Matter*, *BLM*), onde manifestantes que exerciam seu direto constitucional de protesto, postando fotos em redes sociais, foram identificados e presos (WATKINS, 2021). Nesse contexto, pessoas integrantes do protesto acabaram identificadas e presas pelo uso do sistema de detecção

facial.

Nos EUA, a falta de regulação neste tema fez com que grandes empresas de tecnologia colocassem seus projetos de detecção facial em hiato até que haja regulação. No Brasil ainda não existem movimentos importantes sobre o tema. Na Europa, o tema ainda está em discussão pelos órgãos governamentais.

2.3 Sistema Bancário

Após fazer uma análise das diversas aplicações da Indústria 4.0 na sociedade, é necessário retomar o tema central deste trabalho: o sistema bancário. Ele pode ser definido como uma parte do sistema financeiro, composto por bancos e instituições de pagamento. O sistema financeiro abrange todo e qualquer meio onde é realizada uma transação de bens. Bolsa de valores, bolsa de mercadorias e futuros e cooperativas também fazem parte deste sistema, mas não serão abordadas neste trabalho. Com isso, nesta seção, a análise será restringida à evolução dos bancos (e eventualmente de instituições de pagamento) e das suas interações com a tecnologia.

Os bancos, da forma institucional que conhecemos atualmente, têm suas origens na Europa do Século XV. Antes disso, era possível encontrar agentes que faziam parte das funções dos bancos, porém não todas elas ou da forma institucionalizada que temos hoje. Essas funções parciais eram realizadas por ourives, que além de fabricar joias, criavam moedas de ouro (moeda da época). Sua função, porém, não era apenas a fabricação das moedas, mas a garantia de que elas eram puras, formadas de ouro apenas e não de ligas, trazendo credibilidade. Eles garantiam a qualidade das moedas produzidas, utilizando brasões, cada vez mais ornados para inibir falsificações.

A institucionalização do sistema começa a aparecer nas cidades com grande movimentação de mercadorias, principalmente na Itália. Os melhores estudos desta época foram feitos pelo historiador Roover (GOLDTHWAITE, 1987), que realizou amplas pesquisas sobre a família Medici, detentora de um dos maiores bancos da época, com várias localizações e até mesmo agentes autônomos (ROOVER, 1946; ROOVER, 1942). Em seu livro, Roover (1999) apresenta a origem dos bancos como conhecemos hoje, cuja evolução foi a de gerar informação por meio da escrita das transações realizadas. Isso é definido por King (2018) como *Banking 1.0* (ou, traduzindo, Sistema Bancário 1.0). É importante ressaltar também que Roover (1999) descreve de maneira indireta as principais funções de um banco moderno: aceitar depósitos, garantir crédito, e transferir fundos.

O autor King (2018) atualiza essas funções para algo mais moderno como:

- Guardar valor - Habilidade de guardar seu dinheiro de maneira segura;
- Acesso a crédito - A facilidade de acesso ao crédito;
- Movimentar dinheiro - Capacidade de mover o dinheiro com segurança.

As próximas mudanças significativas no Sistema Bancário ocorreram séculos depois, em 1980 (*Banking 2.0*) e 2007 (*Banking 3.0*). Até 1980, era necessária a ida a um banco e o serviço era prestado por funcionários do banco. O *Banking 2.0* traz a revolução do autosserviço para essa indústria, com a chegada de *Automated Teller Machines* (*ATM*), que são caixas eletrônicos onde os clientes poderiam realizar operações bancárias sem ir a um banco tradicional. Houve um grande aumento na quantidade desses dispositivos, que são usados até hoje pela maioria dos bancos do mundo, impulsionados pelo surgimento da internet em 1995. A internet é a tecnologia que auxilia o surgimento do *Banking 3.0*, atuando como extensão direta do autosserviço da geração anterior, mas por meio de dispositivos do próprio usuário, como *smartphones*. Nesta geração, já é possível observar diversos elementos da Indústria 4.0, como a capacidade de efetuar transações bancárias em tempo real, por exemplo.

Por fim, o autor traz a definição do Sistema Bancário 4.0 (*Banking 4.0*) como a evolução natural das duas gerações anteriores, onde as operações bancárias são processadas em tempo real, utilizando as tecnologias atuais. São fornecidos exemplos como o uso de inteligências artificiais que usam experiência contextual, garantindo uma interação direta com o usuário.

3 A Indústria 4.0 e os impactos no Sistema Financeiro

Até o momento, foram apresentados, em separado, os panoramas de evolução da indústria e do sistema bancário, com foco em trazer, de maneira didática, como ocorreu, até a atualidade, os avanços da indústria, bem como o aumento da complexidade do sistema financeiro internacional. Neste capítulo, a ideia é apresentar, primeiramente, o ciclo de evolução que permite enxergar as duas indústrias como co-dependentes nos resultados trazidos para a sociedade; em seguida, apresentar exemplos da consolidação da convergência entre eles; e, por último, apresentar considerações sobre o que esperar dessa aliança entre Indústria 4.0 e Sistema Financeiro para os próximos anos.

3.1 Atualidade: o ciclo virtuoso entre finanças e tecnologia

As evoluções trazidas pela tecnologia desenvolvida no âmbito da Indústria 4.0 apresentam pontos positivos e negativos no seu uso. Atualmente, alguns termos, como Internet das Coisas, Nanotecnologia e Realidade Aumentada já não se enquadram mais como novidade. Para o Setor Financeiro, o termo que já tem sido largamente difundido e representa a influência dessa indústria são as *FinTechs*. Estas são conhecidas como *Startups* de oferecimento de serviços financeiros, com a principal característica de democratizar o acesso a demandas antes não valorizadas por instituições financeiras tradicionais.

Nesse sentido, as *FinTechs* contam com a tecnologia e a agilidade em seu favor para trazer ao consumidor padrão o mundo financeiro de maneira mais intuitiva, visual e didática. Se antes havia bastante confusão e receio do consumidor ao contratar serviços financeiros, tais como seguros e serviços bancários, as *FinTechs* vieram, cada uma com seu nicho de mercado inicialmente delimitado, resolver essa situação. E, dessa maneira, as facilidades para o consumidor também trouxeram impacto nos serviços corporativos responsáveis pelo portfólio, antes oferecido pelos bancos e outras instituições financeiras tradicionais. O aumento da concorrência no setor e a perda da necessidade de instalações físicas para assistir o usuário são apenas algumas das novas variáveis, que o sistema bancário tradicional teve de levar em consideração para se modernizar e diminuir a lacuna gerada.

A variedade de tecnologias oferecidas, a incorporação de novidades trazidas pela Indústria 4.0 – tais como o uso de Inteligência Artificial (IA) em finanças pessoais –, o aumento da precisão na gestão de riscos por meio de *big data* e reforço na confiabilidade das transações, bem como os desafios regulatórios são apenas exemplos de como o sistema finan-

ceiro foi afetado e precisa de readaptações para continuar operando de forma competitiva, especialmente se continuar representado em larga escala pelas suas instituições tradicionais. E aqui se justifica o nascimento de um ciclo virtuoso entre tecnologia e finanças: agora não se pode mais pensar em um sistema financeiro ágil e responsivo sem pensar na adaptação de novas tecnologias que estão surgindo, ao mesmo tempo em que o próprio setor financeiro se tornou um mercado consumidor ávido dessas mesmas tecnologias. Anteriormente, o vocabulário para se referir ao sistema bancário ficava restrito a bancos e instituições de oferecimento de crédito; agora, o termo 'meios de pagamento' parece mais adequado para tratar das transações e das possibilidades de troca de informação no mundo financeiro. E é nessas possibilidades que os exemplos deste capítulo terão seu marco inicial.

3.2 Bancos Digitais

Ao redor do mundo, e em convergência com o cenário atual de agilidade no desenvolvimento de tecnologias, o surgimento de bancos digitais veio para desbancar o funcionamento de bancos tradicionais e diminuir os obstáculos de criação de contas. Em um mundo financeiro cada vez mais influenciado pelo uso de cartões - de débito e de crédito -, aplicativos e sistemas de conferência de informações pessoais bancárias na internet, a facilidade na criação de contas bancárias tem o papel de suprir as lacunas de quem já enfrentou vários problemas de restrição cadastral anteriormente. Ademais, ainda traz consigo a máxima da redução de custos: operações digitais mais econômicas, remotas e com a mesma segurança das operações já existentes. Dessa forma, se pode falar de um *boom* de surgimento de bancos digitais, com as mais diversas propostas de oferta de serviços financeiros.

Em específico no Brasil, a conjunção entre: um país grande territorialmente; um público jovem e ávido por mudanças; um número grande e nascente de empresas; e, o acesso fácil ao conhecimento de tecnologias, que estão revolucionando o capitalismo, favorecem o surgimento e a rápida expansão de bancos digitais. NuBank, Inter, Next e o Neon são apenas exemplos de como, em um panorama temporal dos últimos 5 anos, essas soluções financeiras digitais acabaram por expandir sua atuação no mercado nacional.

Com a ideia de oferecer as facilidades de conta digital, podemos destacar alguns exemplos a seguir, que expandiram a gama de serviços financeiros que estão aptos a oferecer e estreitaram as relações com o governo brasileiro, de forma a ganharem a legitimidade necessária para tal.

O NuBank, por exemplo, passou de um simples provedor de crédito e conta digital para um grande ator no mercado, mudando o status de Instituição Financeira para Banco e adquirindo, recentemente, uma corretora de valores, denominada EasyInvest. Outros bancos, como o Inter, também seguiram pelo mesmo caminho e começaram com

o pioneirismo no oferecimento de contas jurídicas para empreendedores individuais – conhecidos como MEI – ao observar a oportunidade de oferecer serviços financeiros a uma parcela da população, que começava a se profissionalizar no mercado de trabalho. Hoje seu aplicativo conta com seguros e investimentos que vão além das opções iniciais de bancos tradicionais. Nesse rol, há ainda outras empresas menores, mas cuja atuação está alinhada à oferta de serviços financeiros, e que se encaminham para se tornarem bancos, como os casos supracitados, sendo dois claros exemplos o PicPay e o Mercado Pago.

Por fim, a concorrência no setor aumentou a ponto de haver um reposicionamento de mercado dos bancos tradicionais. Estes apresentam uma preocupação maior em aparecer na mídia como pioneiros da transformação digital no mercado nacional. E, nesse movimento, esses grandes bancos tradicionais, como Itaú e Banco do Brasil, começaram a investir em novidades do mundo digital e acompanhar sua evolução, adequando o seu portfólio de serviços e oferecendo até mesmo a possibilidade de, no futuro, disponibilizar um *marketplace* dentro de suas plataformas, de modo a conectar mais as necessidades do consumidor entre si.

3.3 Serviços de Pagamento de Empresas de Tecnologia: *Apple Pay*, *Google Pay* e *Samsung Pay*

Ainda que pioneiro em alguns tipos de soluções, especialmente por apresentar condições favoráveis à convergência em tecnologia e finanças, o Brasil experimenta essa integração de maneira diferenciada dos outros países. No cenário internacional existe uma filosofia diferente, na qual a grandiosidade das empresas de tecnologia, no que diz respeito às suas bases de usuários, fez com que elas buscassem uma forma de participar do modelo de transações econômicas do mercado financeiro. Ainda, dada a quantidade de atores potencialmente envolvida, era necessário apresentar um benefício claro ao usuário, entendido aqui como a facilidade de pagamento.

Dessa forma, as três principais empresas no mercado de *smartphones*, as duas maiores fabricantes – Samsung e Apple – e a detentora do maior sistema operacional de aparelhos *mobile* – Google – criaram sistemas simples que integram a tecnologia com formas de pagamento (cartões) emitidos por bancos. Deste modo, ao facilitar a forma de pagamento, elas se tornam participantes das transações e conseguem ser pagas por isso, gerando uma fonte adicional e recorrente de receita para si.

Explicando em detalhes o funcionamento dessa tecnologia e a facilidade que seu uso diário traz para o consumidor, a ideia reside em reduzir a utilização do cartão físico pelo usuário, proporcionando alternativas virtuais para a realização de compras. Dada a utilização cada vez maior dos *smartphones* para a execução de tarefas diárias, a proposta é de realizar integração entre as operadoras de cartão - as bandeiras -, as adquirentes

nos respectivos estabelecimentos, os bancos e as responsáveis pelo desenvolvimento dos *smartphones*, de modo a validar a transação final sem a necessidade do cartão físico. É necessário que todos estes atores conversem para que, uma vez constatado o saldo na conta corrente do cliente ou no seu limite de crédito fornecido pelo banco, o dinheiro seja corretamente enviado ao receptor, sendo ele pessoa física ou jurídica.

Ao observar a complexidade da execução do serviço acima descrito, vale frisar dois aspectos. O primeiro é a reafirmação de que tecnologia e finanças não conseguem mais caminhar separados, se o mercado consumidor ainda serve de variável importante para medir o sucesso de uma empresa e o nível de adesão aos serviços oferecidos. O segundo é a evolução dentro da empresa de meios de pagamentos como o motor do sistema financeiro atual. As empresas que melhor se adaptarem a essa fusão e entenderem que promover experiências cada vez mais ricas para o usuário serão as mais bem-sucedidas nos próximos anos, sempre reforçando a agilidade e a destreza na adaptação ao cenário. Um exemplo é a Apple, que se arriscou ao lançar, no ano de 2019, em parceria com o banco Goldman-Sachs, um cartão para seus clientes. Além disso, aqueles que entenderem que a integração só trará ganhos, porque a gama de serviços e exigências têm aumentado de maneira significativa, também serão bem-sucedidos dentro do sistema financeiro, pois a qualidade e a segurança são os fatores-chave na entrega de serviços e produtos dentro deste mercado.

3.4 Pix

Até este momento, foram apresentadas algumas formas de interação entre avanços tecnológicos da Indústria 4.0 e do Sistema Financeiro, trazendo um pioneirismo da área privada e do ecossistema de tecnologia e formação, que proporcionou o sucesso atual das inovações em finanças. No entanto, a óptica até agora abordada foi sempre que os grandes bancos e o governo, enquanto agentes tradicionais e reguladores do sistema bancário dentro de seus países, estão tão engessados que sofreriam muito para acompanhar as mudanças e implementá-las em seus sistemas internos.

Ao falarmos da tecnologia alvo desta seção, é preciso trazer o protagonismo na adaptação do governo e das grandes instituições a esse ambiente de constantes mudanças e inovações disruptivas, ao entender um conceito-chave no binômio tecnologia-finanças: o tempo. Questão-chave no desenvolvimento de tecnologias nessa era do 4.0, o tempo para executar transações financeiras entre bancos, a depender da modalidade e do custo envolvido por transação, era um fator que desencorajava, muitas vezes, os agentes econômicos a fazerem transferências bancárias entre si, fazendo uso de dinheiro e comprometendo a criação de novas contas em bancos previamente estabelecidos. Ainda que os grandes bancos oferecessem pacotes para agentes individuais ou empresariais, para contemplar um número determinado de transferências, e começar a cobrança por unidade após a superação das

quantidades contratadas, ainda assim o tempo de entrada de dinheiro na conta, somado ao custo, continuavam sendo entraves significativos para boa parte da população.

O fato de as formas de pagamento dependerem de regulação direta do Banco Central trazia entraves às possibilidades de avanço nesta área. Esse cenário muda no final de 2020, quando o BC lança uma maneira de transferir dinheiro entre contas de forma instantânea: o Pix. Ainda que anunciada previamente a data de sua criação e com limites iniciais considerados baixos para boa parte da população, a solução já trazia, em sua essência, uma inovação que mudaria a forma do governo interagir com o mercado financeiro. Isto, especialmente se for levada em consideração a adesão da população à nova modalidade de pagamento 24h, sem a distinção entre ocorrência em dias úteis ou não. A ideia maior aqui era a de fomentar o fenômeno do *Open Banking*.

A criação do Pix, porém não traz só agilidade nos pagamentos e transferências, bem como espera promover a inclusão financeira de toda a população, considerando qualquer cidadão com um CPF ou empresa aptos a: terem pelo menos um registro no Pix; e aumentarem a competitividade do mercado, principalmente frente às operadoras de cartão de crédito e débito, ainda que de forma indireta. Conhecidas como Chaves-Pix, as informações que podem ser utilizadas hoje para essa modalidade de pagamento são: celular – com DDD –, e-mail, CPF ou CNPJ e uma chave aleatória – gerada pelo próprio aplicativo do banco - quando da escolha do pagamento por Pix.

Tais chaves, por serem de fácil memorização, bem como garantirem a segurança e a confiabilidade das transações, até o momento de finalização deste trabalho de conclusão de curso, apresentava uma crescente adesão ao Pix conforme demonstra a Figura 11. Outro benefício a ser registrado é a facilitação do cotidiano para várias categorias de pessoas e de prestadores de serviço pelo país.

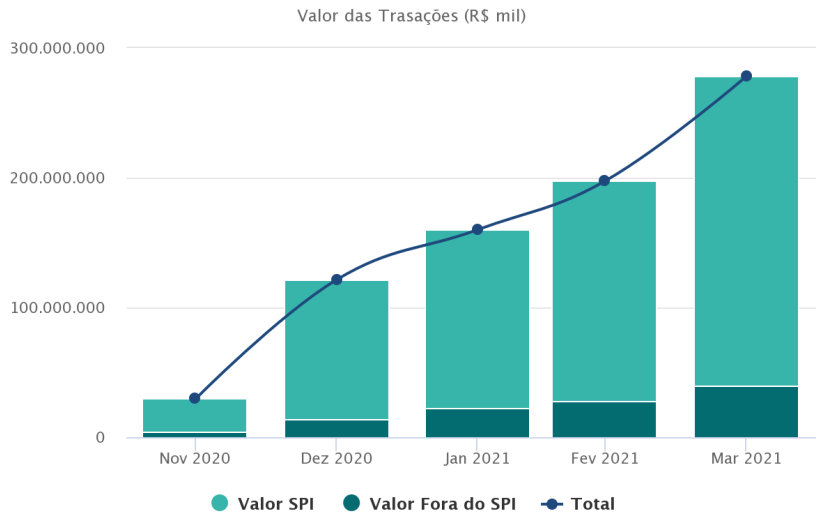

Figura 11 – Estatística de uso do Pix
Fonte: (BRASIL, 2021)

Na Figura 11 vê-se o volume de dinheiro movimentado via Pix. SPI representa o sistema de pagamento instantâneo, criado pelo BC para possibilitar o funcionamento do Pix.

3.5 *Blockchain* e a tecnologia das cripto-moedas

Resguardados maiores detalhes técnicos do tema citado nesta seção, será apresentado apenas um resumo rápido sobre o funcionamento do fenômeno das cripto-moedas, que tem como principal fator uma rede extensa de computadores, que processam transações por meio de bancos de dados. Mais conhecida por *Blockchain*, a ideia dessa tecnologia é a promoção da descentralização do controle das transações financeiras pelos agentes tradicionais do sistema: os bancos centrais de cada país. Partindo da filosofia da democratização dos serviços financeiros e da expansão da oferta desses serviços à população, as cripto-moedas surgiram como mais um produto derivado da *Blockchain*.

A base da geração das cripto-moedas ainda é uma fonte a ser explorada para a criação de outras tecnologias, pela sua grande confiabilidade. O fato de haver um processamento matemático atrelado, dependente de algoritmos complexos, associados à cada transação efetuada pelos usuário, já traz uma dimensão do tamanho do desafio inerente ao uso dessa tecnologia e do rigor envolvido. A rede de computadores que processam transações de cripto-moeda é descentralizada, ou seja, não é mantida e operada por uma única corporação. Isso não teria sido possível sem os avanços da tecnologia desenvolvida dentro da Indústria 4.0, considerando, por exemplo, o armazenamento generalizado de informações em nuvem. Porém, o motivo de citar as cripto-moedas vai além da complexidade

tecnológica envolvida; ele considera os efeitos práticos do uso delas na economia dos países.

Como apresentado no capítulo anterior, as moedas, enquanto instrumento fiduciário de representação das transações financeiras, possuem três funções especificas primordiais: guardar valor, garantir crédito e movimentar dinheiro. Nesse sentido, as cripto-moedas têm sido, em larga escala, utilizadas para guardar valor e movimentar dinheiro - conseguindo representar dois dos três valores citados - e facilitando a criação de cenários em que a especulação sobre o seu valor acaba sendo o maior motor, capaz de promover as suas respectivas valorização e desvalorização. É preciso ressaltar que, o fato de serem acessíveis – em teoria – pela população como um todo e de representarem fonte de guarda de valor, podem trazer a ilusão de que são a fonte mais segura de investimento, e isso nem sempre é verdade. A sua volatilidade é muito maior que aquela apresentada pelos valores de ações das bolsas de valores e pode ocasionar ganhos magníficos ou perdas devastadoras.

Mesmo com a alta variação no valor das cripto-moedas (cripto), cada vez mais investidores têm usado criptos para guardar o valor do seu dinheiro, principalmente em economias instáveis ou frente a eventos adversos. Elas seguem sendo percebidas como fonte de segurança em cenários de mudanças bruscas na taxa de câmbio de moedas já existentes e fortes no cenário internacional. Isto porque sua independência, sua instantaneidade e sua inexistência de limites de transferência são fatores que atraem os detentores de grandes riquezas. Principalmente, se considerados os métodos atuais de transferências internacionais e o tempo transcorrido para que sejam efetuados. Nesse sentido, alguns estabelecimentos do varejo e do setor de alimentação, em alguns países, já vêm aceitando a utilização de cripto-moedas como pagamento válido pelos serviços/bens adquiridos.

3.6 Perspectivas na integração entre tecnologia e finanças

Para encerrar o capítulo, vale considerar que, pensando na evolução da indústria e do sistema financeiro internacional, as soluções tratadas anteriormente são apenas um espectro do que há por vir. A inventividade e a necessidade de fornecer respostas, cada vez mais ágeis aos consumidores, acabam se tornando os principais motores no desenvolvimento de novas soluções capazes de aumentar a democratização dos serviços financeiros para as populações. Já foi apontado que empresas, que entendam como transformar de maneira positiva as experiências do usuário, seguirão sendo bem-sucedidas. Também já foi colocada que o reposicionamento correto de mercado, na seleção de quais produtos e serviços oferecer, pode ser outro fator de sucesso.

No entanto, um último fator a ser considerado é a administração dos próprios desafios, que a expansão na oferta de serviços pode trazer nas relações entre os agentes desse mercado financeiro. Com o aumento na quantidade e na diversidade de atuação, as relações entre os agentes e a capacidade de integração - entre eles e com a tecnologia -

também se tornam fatores determinantes para o sucesso de ambos.

A ação coordenada desses agentes promove a consolidação nas propostas trazidas pela Indústria 4.0 para o mercado financeiro, e pode facilitar o debate institucional e legal, intrínseco ao papel do governo e das instituições tradicionais do setor. Também pode criar possibilidades de expansão do uso da tecnologia, enquanto promotor do desenvolvimento democrático do sistema financeiro.

Devido à pandemia que o mundo vem sofrendo desde o ano de 2020, ficou evidente o quão dependente da globalização os países se encontram atualmente. De modo igual, o quanto as tecnologias foram necessárias para manter as atividades rotineiras funcionando (escolas, trabalho, entre outros), mesmo que de maneira virtual. Ainda com a pandemia, foi possível observar o quão digitalizado o comércio e os bancos estão. Mesmo com agências fechadas, nenhum banco faliu ou teve consequências anormais frente a outros setores.

4 Conclusão e Perspectivas

Este trabalho teve por objetivo realizar uma análise sobre o impacto da Indústria 4.0 aplicado ao Sistema Bancário, considerando que o cenário atual é propício para a integração de ambos e para trazer, de maneira clara, os impactos diretos e indiretos, que podem ser observados nas relações sociais. Com o exposto, o objetivo do trabalho foi alcançado. Ainda, os exemplos de desenvolvimento de tecnologias ao longo dos últimos séculos – consideradas as RIs – são a prova da influência aqui discutida.

Tendo em vista o panorama histórico de apresentação das informações sobre ambos os sistemas – industrial e financeiro – percebe-se que os temas aqui abordados foram colocados de modo a situar, didaticamente, o horizonte de tempo necessário para enxergar o papel da tecnologia nos saltos de evolução experimentados, principalmente pelo setor financeiro, nos últimos 40 anos. As mudanças de equipamentos, de fontes de energia, de regras para relações trabalhistas e de desenvolvimento computacional foram determinantes para o ser humano pensar em novas e mais sofisticadas forma de revolucionar a própria relação com o trabalho, o ambiente em que vive e as soluções desenvolvidas para facilitar atividades cotidianas.

A Indústria 4.0 é um fenômeno que ainda poderá trazer muitos resultados práticos no dia a dia. Vê-se que, comparado a outras revoluções industriais, as aplicações possíveis da 4.0 vão muito além do que as pessoas estavam acostumadas a presenciar. Com clareza os avanços digitais apresentados de forma contínua, para a população em geral, não cessam de gerar impactos significativos no cotidiano e na criatividade de terceiros, para pensar em soluções que amenizem outras dores diárias.

As soluções bancárias citadas neste trabalho são apenas exemplos das inovações – sejam elas disruptivas ou incrementais – possibilitadas pelos avanços dessa última RI e não têm por propósito esgotar a gama de possibilidades, que pode surgir dentro da revolução que acontece no sistema financeiro em nível global. Os exemplos mostram que os princípios, implementados pela Indústria 4.0, se mostram vantajosos para uso das instituições financeiras e, com os resultados positivos, é de se esperar a adoção de outras tecnologias dentro do setor.

Para o futuro, pode-se esperar a adoção de novas tecnologias, interações humano-máquina ainda mais sutis e, com os diversos problemas ocorridos no início de 2021 - na garantia da segurança e da proteção de dados de populações -, uma maior atenção dos órgãos reguladores às tecnologias para com as tecnologias utilizadas no dia a dia e seus potenciais impactos para a sociedade.

Referências

BAIROCH, P. International industrialization levels from 1750 to 1980. *Journal of European Economic History*, Banco di Roma, v. 11, n. 2, p. 269, 1982. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 22.

BATISTA, C. *Usina Nuclear*. Toda Matéria, 2015. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/usina-nuclear/>. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 29.

BIRKEL, H. S.; HARTMANN, E. Impact of IoT challenges and risks for SCM. *Supply Chain Management*, v. 24, n. 1, p. 39–61, 2019. ISSN 13598546. Citado na página 14.

BOESLER, M. *Here Was The Size Of The British Empire As A Percentage Of Total World Land Mass*. Markets Insider, 2013. Disponível em: <https://www.businessinsider.com/charting-the-decline-of-the-british-empire-2013-12>. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 20.

BRASIL, B. C. do. 2021. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/estatisticaspix>. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 45.

BRULAND, K.; MOWERY, D. Innovation in timber. *Structures and Architecture*, p. 495a–495a, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 27.

CHALK, D. *Entering and Exiting the Empire*. 2021. Disponível em: <https://www.britishempire.co.uk/timeline/colonies.htm>. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 19.

DALIO, R. How the economic machine works–leveragings and deleveragings. economic principles, draft version. *Ray Dalio, Copyright*, 2015. Citado na página 20.

DINCER, I.; ACAR, C. A review on clean energy solutions for better sustainability. *International Journal of Energy Research*, Wiley Online Library, v. 39, n. 5, p. 585–606, 2015. Citado na página 29.

FERGUSON, N. *Empire: The rise and demise of the British world order and the lessons for global power*. [S.l.]: Basic books, 2008. Citado na página 20.

FONSECA, L. M. Industry 4.0 and the digital society: concepts, dimensions and envisioned benefits. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*, v. 12, n. 1, p. 386–397, 2018. ISSN 2558-9652. Citado na página 31.

GODIN, B. Innovation: the history of a category. Institut national de la recherche scientifique, Centre Urbanisation Culture . . . , 2008. Citado na página 14.

GOLDTHWAITE, R. A. The medici bank and the world of florentine capitalism. *Past & present*, JSTOR, n. 114, p. 3–31, 1987. Citado na página 38.

JOURNAL, I. et al. Repositório ISCTE-IUL. n. 351, 2019. Citado na página 31.

KELION, L. *EU reveals plan to regulate Big Tech*. BBC News, 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/technology-55318225>. Citado na página 24.

KING, B. BANK 4.0: Banking Everywhere, Never at a Bank. *Bank 4.0*, p. 27, 2018. Citado 6 vezes nas páginas 9, 16, 17, 18, 38 e 39.

KING, N. Modelling the innovation process: An empirical comparison of approaches. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, Wiley Online Library, v. 65, n. 2, p. 89–100, 1992. Citado na página 14.

LASI, H. et al. Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, v. 6, n. 4, p. 239–242, 2014. ISSN 18670202. Citado na página 33.

LAWTON, R. Rural depopulation in nineteenth century england. In: _____. *English Rural Communities: The Impact of a Specialised Economy*. London: Macmillan Education UK, 1973. p. 195–219. ISBN 978-1-349-15516-3. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-349-15516-3_10>. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 21.

LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, Society of Manufacturing Engineers (SME), v. 3, p. 18–23, 2015. ISSN 22138463. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.

LU, Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, Elsevier Inc., v. 6, p. 1–10, 2017. ISSN 2452414X. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>. Citado 3 vezes nas páginas 32, 33 e 35.

MACLEOD, C. *Inventing the industrial revolution: The English patent system, 1660-1800*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2002. Citado na página 22.

PEARSON, P. J.; FOXON, T. J. A low carbon industrial revolution? Insights and challenges from past technological and economic transformations. *Energy Policy*, Elsevier, v. 50, p. 117–127, 2012. ISSN 03014215. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.061>. Citado na página 22.

POLLARD, S. A new estimate of british coal production, 1750-1850. *The Economic History Review*, JSTOR, v. 33, n. 2, p. 212–235, 1980. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 26.

POPKOVA, E. G.; RAGULINA, Y. V.; BOGOVIZ, A. V. Fundamental differences of transition to industry 4.0 from previous industrial revolutions. *Studies in Systems, Decision and Control*, v. 169, p. 21–29, 2019. ISSN 21984190. Citado 3 vezes nas páginas 9, 16 e 18.

ROBLEK, V.; MEŠKO, M.; KRAPEŽ, A. A complex view of industry 4.0. *Sage Open*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 6, n. 2, p. 2158244016653987, 2016. Citado na página 24.

ROOVER, R. D. Money, banking, and credit in medieval bruges1. *The Journal of Economic History*, Cambridge University Press, v. 2, n. S1, p. 52–65, 1942. Citado na página 38.

ROOVER, R. D. The medici bank organization and management. *The Journal of Economic History*, JSTOR, v. 6, n. 1, p. 24–52, 1946. Citado na página 38.

ROOVER, R. D. *The rise and decline of the Medici Bank, 1397-1494*. [S.l.]: Beard Books, 1999. v. 21. Citado na página 38.

SADEGHI, A.-R.; WACHSMANN, C.; WAIDNER, M. Security and privacy challenges in industrial internet of things. In: IEEE. *2015 52nd ACM/EDAC/IEEE Design Automation Conference (DAC)*. [S.l.], 2015. p. 1–6. Citado na página 24.

SHERMAN, J. *The Senate's Section 230 Circus Sent a Bad Global Signal*. WIRED, 2020. Disponível em: <https://www.wired.com/story/opinion-the-senates-section-230-circus-sent-a-bad-global-signal/>. Citado na página 24.

STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, Elsevier B.V., v. 40, n. Icc, p. 536–541, 2016. ISSN 22128271. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 35.

STRIEN, F. van. *Education and the Second Industrial Revolution. How can education explain the differences in economic development between Britain Germany and The Netherlands*. Dissertação (Mestrado), 2011. Citado na página 23.

TUNZELMANN, N. von. Historical coevolution of governance and technology in the industrial revolutions. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 14, n. 4, p. 365–384, 2003. ISSN 0954349X. Citado 5 vezes nas páginas 9, 14, 16, 18 e 22.

VAIDYA, S.; AMBAD, P.; BHOSLE, S. Industry 4.0 - A Glimpse. *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., v. 20, p. 233–238, 2018. ISSN 23519789. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.034>. Citado 4 vezes nas páginas 14, 33, 34 e 36.

VALDEZ, A. *Everything You Need to Know About Facebook and Cambridge Analytica*. WIRED, 2018. Disponível em: <https://www.wired.com/story/wired-facebook-cambridge-analytica-coverage/>. Citado na página 37.

WATKINS, A. *The New York Times*, 2021. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2020/08/07/nyregion/ny-protest-arrests.html>. Citado na página 37.

XU, L. D.; XU, E. L.; LI, L. Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 8, p. 2941–2962, 2018. ISSN 1366588X. Citado 4 vezes nas páginas 14, 33, 34 e 36.

XU, M.; DAVID, J. M.; KIM, S. H. The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *International Journal of Financial Research*, v. 9, n. 2, p. 90–95, 2018. ISSN 19234031. Citado 6 vezes nas páginas 9, 10, 16, 18, 30 e 31.

YIN, Y.; STECKE, K. E.; LI, D. The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 1-2, p. 848–861, 2018. ISSN 1366588X. Citado na página 31.

ZHONG, R. Y. et al. Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*, Elsevier LTD on behalf of Chinese Academy of Engineering and Higher Education Press Limited Company, v. 3, n. 5, p. 616–630, 2017. ISSN 20958099. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>. Citado 4 vezes nas páginas 14, 33, 34 e 36.