



O IMPACTO DA INDÚSTRIA 4.0 & DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NAS RELAÇÕES DE TRABALHO



ILAESE

Instituto Latino Americano de Estudos Socioeconômicos



(31) 9697-4672



ilaese@ilaese.page



.com/ilaese



@ilaese.org.br



.com/c/ilaeseorgbr

O IMPACTO DA INDÚSTRIA 4.0 & DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NAS RELAÇÕES DE TRABALHO

Elaborado pelo Instituto Latino Americano de Estudos Socioeconômicos sob coordenação de Gustavo Henrique Lopes Machado.

Todas as informações foram retiradas de relatórios oficiais devidamente indicados.

A elaboração e publicação deste material é de responsabilidade do ILAESE – Instituto Latino Americano de Estudos Socioeconômicos

O ILAESE – Instituto Latino-americano de Estudos Socioeconômicos – é um instituto de formação política e teórica a serviço dos movimentos sociais, cujo objetivo é auxiliar a nova geração de ativistas a se formar no campo do marxismo revolucionário como concepção de luta dos trabalhadores e da juventude. Queremos contribuir para que os sindicatos e as organizações sociais se convertam em alavancas da transformação social.

São Paulo, 2025

EXPEDIENTE

Contato: Rua Curitiba, 862, sala 307. Centro - Belo Horizonte - MG - CEP: 30170-124. Telefone: (31) 2520-2008 - (31) 9697-4672- ilaese@ilaese.org.br - www.ilaese.org.br. CNPJ 05.844.658/0001-01. Diagramação: Anna Sant'Anna.



Introdução

Já em seu discurso de posse, avalizado pelos magnatas das principais Big Techs estadunidenses ali presentes, Trump anunciou uma política industrial agressiva. Prometeu US\$ 500 bilhões para a indústria digital. Em seguida, iniciou uma guerra tarifária contra diversos países do mundo, em particular a China. O objetivo era garantir a liderança americana na Indústria 4.0. Os focos principais eram inteligência artificial, computação em nuvem e automação industrial, por meio de tarifas, barreiras comerciais e restrições tecnológicas. Queriam frear o avanço chinês em áreas estratégicas. Entre elas, a produção de semicondutores e as redes 5G. Essas tecnologias são vitais para a Internet das Coisas (IoT) e a manufatura avançada. Essa disputa tecnológica, no entanto, não se limita a uma competição econômica pura e simples, mas assume contornos de uma disputa imperialista mundial, com ambos os países buscando estabelecer padrões globais para a próxima geração de infraestrutura digital, enquanto empresas ocidentais e asiáticas travam uma corrida por patentes e mercados emergentes. Assim, consolidam uma nova fase do capitalismo marcada pela integração entre big data, automação e controle dos respectivos mercados.

Esses fatos, por si só, indicam, nos dias de hoje, a relevância dos desenvolvimentos tecnológicos no interior da divisão internacional do trabalho, da disputa imperialista entre os capitais dos respectivos países. Este Estudo, portanto, tem por objetivo analisar a extensão, o escopo e os impactos das alterações em curso nesse campo.

O conceito de indústria 4.0 surgiu em 2011 na Feira Industrial de Hannover por iniciativa do governo e empresas alemãs. A possibilidade de uma nova revolução tecnológica que altere de forma qualitativa a cadeia produtiva de toda a indústria gera, comumente, apreensão e medo na classe trabalhadora. O temor não é sem razão. No curso dos últimos séculos ocorreram algumas transformações tecnológicas significativas com impactos os mais diversos para a classe trabalhadora: redução de empregos, maior instabilidade, áreas de trabalho consolidadas tornaram-se obsoletas etc... É uma contradição histórica de grande envergadura que, no capitalismo, cada passo para frente signifique, ao mesmo tempo, saltos para trás. Quais serão as consequências para a classe trabalhadora da nova revolução tecnológica que se anuncia?

Neste estudo, porém, não pretendemos oferecer respostas rápidas ou simplistas sobre o tema. O motivo é simples: em todas as revoluções tecnológicas do passado, nem mesmo os principais agentes conseguiram prever adequadamente os rumos da indústria e do mercado diante das novas técnicas, produtos e necessidades que surgiam. Para introduzir o assunto, contaremos nesta Introdução uma história





reveladora sobre a última grande revolução tecnológica: a revolução da informática e eletroeletrônica dos anos 1970 e 1980.

Nos anos 1970, uma única empresa dominava o emergente mercado da informática: a IBM (*International Business Machines Corporation*). Seu controle sobre hardware e software era tão absoluto que gerava teorias conspiratórias. Um exemplo marcante: quando Stanley Kubrick lançou seu clássico “2001: Uma Odisseia no Espaço” (1968), muitos viram no computador HAL uma referência à IBM - afinal, avançando cada letra de “HAL” no alfabeto, obtém-se “IBM”.

Ironicamente, essa mesma IBM, então todo-poderosa, previu que o avanço tecnológico levaria a um mundo onde apenas 4 ou 5 supercomputadores supririam toda a demanda global de processamento. Sua estratégia focou em desenvolver máquinas cada vez mais potentes e caras. Enquanto isso, empresas menores apostaram em outra visão: computadores pessoais em cada casa. Surgiam os PCs.

A IBM subestimou completamente essa tendência. Quando finalmente lançou seu PC, fez como um projeto secundário: usou componentes de terceiros (processador da Intel) e sistema operacional (DOS) de uma pequena empresa chamada Microsoft. O resultado? O sucesso estrondoso do PC IBM transformou a Microsoft e a Intel em gigantes do setor - posteriormente superadas apenas pelo surgimento da Google na era da internet. Uma lição histórica sobre como até as maiores empresas do mundo não são capazes de prever as consequências históricas e sociais das próprias tecnologias que dominam.

Embora ainda seja uma multinacional relevante, a IBM perdeu sua hegemonia tecnológica. O conceito de supercomputadores isolados tornou-se obsoleto - hoje, sistemas distribuídos que conectam múltiplos processadores comuns (similares aos dos computadores domésticos) alcançam capacidades de processamento muito superiores às máquinas que a IBM imaginava como futuro. A revolução digital seguiu um caminho radicalmente diferente do previsto pela empresa: em vez de poucos supercomputadores centrais, temos agora capacidade computacional embarcada em smartphones, televisores, equipamentos industriais e incontáveis dispositivos IoT (Internet das Coisas). A ubiquidade da computação, característica fundamental da chamada Terceira Revolução Industrial, provou-se diametralmente oposta às projeções que a gigante de Armonk fez nos primórdios da era da informática.

Ironicamente, a visão centralizadora da IBM sobre supercomputadores parece ressurgir, de forma inesperada, na era da computação em nuvem e dos grandes data centers. Empresas como Amazon (AWS), Microsoft (Azure) e Google Cloud estão recriando, em nova escala, o modelo de processamento concentrado que a IBM imaginou - só que agora com milhões de servidores interconectados em megacentros de dados espalhados pelo mundo. Essa nova forma de “supercomputação distribuída” alimenta todo o ecossistema digital moderno, desde inteligência artificial até streaming global, demonstrando que, em última instância, o poder computacional





voltou a se concentrar em poucas mãos, ainda que de maneira mais complexa e descentralizada geograficamente do que a IBM originalmente previu.

Não relatamos estes acontecimentos para dizer que nada pode ser dito a respeito da chamada revolução 4.0. Como veremos, é o contrário, muito pode ser dito. No entanto, a questão aqui não é tanto prever e especular sobre quais serão exatamente as consequências futuras. Diversamente, pretendemos focar nossa análise nos processos que já estão acontecendo, tanto no que diz respeito as matrizes produtivas e empresas individuais, quanto no atual sistema internacional de Estados.

Com esse objetivo, dividimos o presente estudo em seis capítulos.

No primeiro deles tratamos de uma questão prévia, sumamente importante para a correta compreensão de tudo que se segue: a distinção entre divisão social do trabalho e divisão técnica do trabalho.

No segundo capítulo tratamos dos três outros processos que são denominados revoluções industriais, analisando brevemente suas características e impactos sociais mais significativos.

No terceiro capítulo examinamos as origens da assim chamada Revolução Industrial 4.0, sobretudo no que ficou conhecido como Sistema Hyundai de Produção. Apresentamos alguns exemplos de caso com o objetivo de mensurarmos a extensão das mudanças e seus efeitos.

Somente no quarto capítulo consideramos as transformações mais recentes, sobretudo a digitalização dos valores de uso e a servitização, as novas ferramentas de inteligência artificial, bem como as alterações na matriz energética e as alterações na matriz minerária com os minérios de terras raras.

No quinto capítulo, abordamos especificamente os impactos da indústria 4.0 nos vários setores, abordando separadamente a indústria, o comércio, os transportes, a comunicação a Educação e a Saúde. Nesse mesmo capítulo fazemos algumas considerações sobre uma modalidade de trabalho que tem se disseminado em todos esses setores: o salário por peça ou por serviço prestado.

Por fim, no sexto capítulo introduzimos o tema do ciclo de dominação em que o Brasil se encontra aprisionado há décadas, fazendo com que as atuais revoluções tecnológicas torne ainda mais grave o desmantelamento estrutural do país e sua queda na divisão internacional do trabalho.





Índice

INTRODUÇÃO

1 – DIVISÃO TÉCNICA E SOCIAL DO TRABALHO	8
1.1) O que permanece o mesmo sob o capitalismo: a divisão social do trabalho	9
1.2) O que sempre se revoluciona no capitalismo: a divisão técnica do trabalho	11
2 – AS TRÊS PRIMEIRAS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS	14
2.1) Primeira revolução industrial: Indústria 1.0	15
2.2) Segunda revolução industrial: Indústria 2.0	17
2.3) Terceira revolução industrial: Indústria 3.0	19
2.4) Existe uma nova revolução industrial?	22
3 – AS ORIGENS DA ATUAL REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA	25
3.1) O caso da Hyundai coreana: o Sistema Hyundai de Produção	27
4 – A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E A DIGITALIZAÇÃO DOS VALORES DE USO	32
4.1) A digitalização dos valores de uso e a servitização	33
4.2) As novas ferramentas de inteligência artificial: CHATGPT, DEEPSEEK etc.	38
4.3) As alterações na matriz energética: alterações climáticas?	41
4.4) As alterações na matriz minerária: minérios de terras raras	44
5 – POSSÍVEIS IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 PARA A CLASSE TRABALHADORA	47
5.1) Transformações na Indústria	47
5.2) Transformações no Comércio	49
5.3) O salário por peça ou por serviço prestado	50
5.4) Transformações nos Transportes: Uber, Lyft e Didi etc.	53
5.5) Transformações na Comunicação: Facebook, Youtube, TikTok etc.	54
5.6) Transformações nos Serviços: Educação e Saúde	55
5.7) Transformações no setor bancário	57
5.7.1) Automação no trabalho bancário	63





6 – O BRASIL DIANTE DE UMA NOVA REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA	66
6.1) A desindustrialização relativa	68
6.2) Um novo ciclo de dominação no país	69
CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS	86





1. Divisão Técnica e Social Do Trabalho

Neste capítulo, nosso objetivo é elucidar a diferença entre uma revolução tecnológica e uma revolução nas relações sociais. Somente ao estabelecer essa distinção, poderemos discutir as consequências de uma revolução tecnológica no contexto das relações sociais existentes.

Esse tema é crucial e serve como um ponto de partida necessário, uma vez que gera grandes confusões nas elaborações atualmente dominantes, mesmo entre supostos especialistas. Isso se deve ao fato de que, quando ocorre uma revolução tecnológica, a vida cotidiana é completamente transformada. Em primeiro lugar, surgem novos produtos e novas necessidades. Tomemos como exemplo os meios de comunicação: desde os primórdios do século XVIII, a forma dominante de difusão de informações era o jornal impresso, diário ou semanal. O público era altamente restrito, pois a alfabetização dos consumidores limitava o alcance, representando até o século XX a menor parte da população, mesmo na Europa. Com o advento do rádio no início do século XX, houve a possibilidade de transmitir informações simultaneamente para milhares ou milhões de pessoas. Em seguida, surgiram a televisão, os computadores e a internet. Hoje, a comunicação é instantânea e relativamente acessível em qualquer parte do globo. As atividades em que as pessoas dedicam seu tempo livre passaram por uma sucessão de revoluções nas últimas décadas. O modo de vida atual seria irreconhecível para alguém que viveu há 30 ou 40 anos, talvez até menos.

No interior do sistema produtivo, as transformações também foram abruptas. Com os contínuos aprimoramentos nos meios de produção, as pessoas passaram a trabalhar com formas e metodologias bastante variadas. Isso levou ao surgimento de diversos modelos de cooperação industrial, como taylorismo, fordismo, toyotismo e neofordismo.

Esse cenário sugere que a sociedade se altera por completo, em todos os seus aspectos, a cada 20 ou 30 anos. O mundo que emergirá a partir da indústria 4.0 será tão distinto que talvez nem devêssemos chamá-lo de capitalista. No entanto, nada poderia ser mais falso. Essa falsidade reside na confusão entre a divisão social e a divisão técnica do trabalho. Todas as revoluções tecnológicas — seja a eletroeletrônica, a máquina a vapor, a 4.0, ou qualquer outra denominação — dizem respeito unicamente ao aspecto técnico do trabalho e se desenvolvem a partir





de, e são fomentadas por, aspectos sociais. Por esse motivo, no próximo tópico, discutiremos a questão da divisão social do trabalho, que é a base a partir da qual devemos compreender qualquer desenvolvimento técnico.

É importante esclarecer que não estamos tentando diminuir ou secundarizar o papel das revoluções tecnológicas. Elas são peças-chave nas engrenagens de todo sistema. O objetivo é compreender o lugar que ocupam e o papel real que desempenham, além das aparências e superficialidades com que o tema frequentemente é tratado.

1.1) O que permanece o mesmo sob o capitalismo: a divisão social do trabalho

O economista russo Isaak Rubin assim diferencia a divisão técnica do trabalho da divisão social do trabalho: “**Divisão técnica do trabalho:** organização do trabalho dentro de uma empresa.

Divisão social do trabalho: divisão do trabalho entre produtores privados isolados”. Essa definição, embora pareça simples à primeira vista, carrega uma profundidade significativa. Neste item, concentraremos nossa análise na divisão social do trabalho.

O ponto central não reside nos objetos, nas máquinas ou nos produtos, mas sim em como os homens se organizam para produzi-los, distribuí-los e consumi-los. Sob esse ângulo, observamos que, nos últimos séculos, longe de se tratar de uma revolução contínua, o que realmente ocorreu foi uma intensificação, tanto em extensão quanto em profundidade, de uma mesma forma social. Esquemáticamente,

- **Empresas isoladas e formalmente independentes:** A vinculação entre elas ocorre apenas através da compra e venda no mercado, resultando em que tudo seja produzido como mercadoria. Assim, todo produto do trabalho assume a forma de mercadoria, cujo valor é expresso e mediado pelo dinheiro.
- **Divisão da sociedade em duas classes antagônicas fundamentais:** Uma classe vende sua força de trabalho como mercadoria para sobreviver, enquanto a outra, proprietária dos meios de produção, compra essa força de trabalho e vende no mercado os produtos gerados pelos primeiros.
- **Acumulação de trabalho excedente na forma de mais-valia:** O trabalho excedente é acumulado na forma da mais-valia: isto é, a diferença entre o valor da força de trabalho e os valores produzidos por meio do trabalho.





- **Produção orientada à acumulação de capital:** A produção não está, em primeiro plano, voltada para a satisfação das necessidades dos membros da sociedade, mas sim para a acumulação de capital. O dinheiro é investido como capital com o objetivo de obter uma soma maior ao final do processo.
- **Redistribuição da riqueza produzida pelo capital industrial:** Esta redistribuição ocorre por meio de diversas relações sociais. O Estado, através dos impostos, se apropria de uma parte dos valores produzidos para cumprir suas funções. Os bancos, por meio dos juros, capturam uma fração do excedente para financiar o sistema. O comércio, pela elevação dos preços, se apropria de uma parte dos valores para intermediar as operações de compra e venda das mercadorias. Além disso, a propriedade imobiliária é remunerada com uma fração da mais-valia, e assim por diante.

Se pensarmos cuidadosamente, todos os aspectos mencionados acima não se alteraram significativamente nos últimos dois séculos. Pelo contrário: intensificaram-se. Portanto, é completamente equivocado acreditar que as revoluções tecnológicas provocam mudanças drásticas na forma social de produção e distribuição da riqueza. Essas revoluções apenas reafirmam e intensificam essa forma de produção, não sem contradições, como veremos adiante.

Na verdade, é da própria natureza do capitalismo a necessidade de revolucionar continuamente os meios técnicos de produção. Uma revolução tecnológica permite ao capitalista aumentar a produtividade do trabalho dentro de cada unidade produtiva, reduzindo o preço das mercadorias e, assim, ampliando o mercado potencial para seus produtos e, conseqüentemente, elevando os salários dos trabalhadores. Além disso, revoluções tecnológicas possibilitam a criação de novos produtos, anteriormente inexistentes, gerando novos ramos de produção e, por conseguinte, novos campos para a acumulação de capital. Em suma, é pela elevação da produtividade do trabalho e pela revolução dos meios técnicos de produção que se torna possível a contínua elevação da taxa de exploração dos trabalhadores, o barateamento dos produtos e a ampliação das necessidades da sociedade como um todo, permitindo que o capital se acumule de forma crescente e ampliada.

Qualquer processo de inovação tecnológica que eleve a produtividade do trabalho ou atenda a novas necessidades de consumo se propaga necessariamente por todo o sistema, em função da concorrência entre as múltiplas empresas individuais. Assim, é no interior da divisão técnica do trabalho — ou seja, no processo de trabalho dentro de cada empresa — que ocorrem os processos de revolução tecnológica. Esse será o tema que abordaremos a seguir.





1.2) O que sempre se revoluciona no capitalismo: a divisão técnica do trabalho

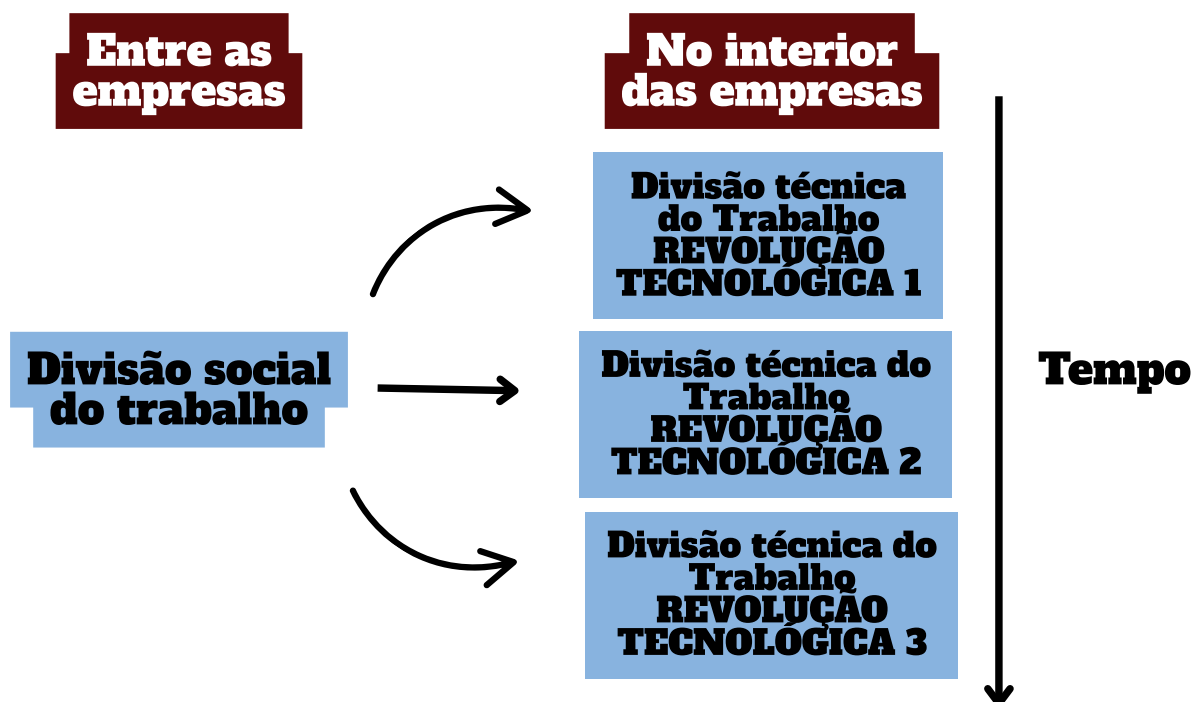
Do que foi indicado acima, claro está que as revoluções tecnológicas não significam uma mudança permanente da forma de organização da sociedade. Ao contrário, uma revolução tecnológica é uma exigência para que essa mesma forma de organização social se mantenha.

A divisão técnica do trabalho, ou qualquer atributo meramente técnico, diz respeito aos instrumentos, materiais e meios utilizados para se atingir um determinado fim. Assim, o processo técnico independe, a princípio, da forma de organização social. A técnica está ligada, fundamentalmente, aos valores de uso e ao trabalho concreto. Está associada ao modo como operamos os produtos do trabalho existentes, isto é, à relação entre os homens e a natureza ou entre os homens e as coisas por eles produzidas. A divisão social do trabalho, por outro lado, está ligada unicamente ao modo como os homens se organizam entre si, com vistas a se apropriarem da natureza e dos recursos nela disponíveis.

É possível, por exemplo, que a forma social capitalista seja revolucionada, como em uma revolução socialista. Nesse caso, os homens se organizarão entre si de forma distinta. A riqueza não assumirá mais a forma de mercadoria, nem será distribuída de forma impessoal por meio do mercado orientado à acumulação de capital. Teremos homens que planejam, de modo consciente, o que produzir, como valorar a riqueza produzida e os critérios de sua distribuição. Essa alteração social, no entanto, não significa uma revolução na técnica. Celulares, carros e eletrodomésticos podem muito bem continuar a ser produzidos com a mesma técnica anteriormente existente e com uma divisão técnica do trabalho similar.

Isso significa que, em uma mesma forma de organização social, podemos passar por inúmeras revoluções tecnológicas. Traduzimos abaixo um esquema abstrato que indica a relação entre divisão social e revoluções na divisão técnica do trabalho.





- **Divisão técnica do trabalho:** organização do trabalho dentro de uma empresa.
- **Divisão social do trabalho:** divisão do trabalho entre produtores privados isolados.

Apesar do aspecto técnico ser distinto do aspecto social, ambos os aspectos, o social e o técnico, ajustam-se um ao outro. Se é verdade que revoluções técnicas não alteram, por si só, a estrutura social, elas podem ter impactos quantitativos relevantes em seu interior. Por exemplo, ao se revolucionar a base técnica, toda a conformação quantitativa dos elementos que compõem a divisão social do trabalho são também alteradas. A mais-valia pode passar a ser redistribuída em frações distintas entre os trabalhadores e os múltiplos setores capitais. Surge a possibilidade de novos ramos de produção que pode abrir novas possibilidades para países capitalistas que se colocam na vanguarda, criando novos monopólios e, por vezes, alterando a hierarquia de dominação imperialista. Tecnicamente, não apenas se altera o processo no interior das empresas, como setores produtores de novos produtos ganham proeminência e outros são deslocados para um papel de menor importância e assim por diante.

O grande problema do capitalismo, no entanto, não é a técnica e as revoluções tecnológicas em si mesmas, mas o fato de que, nessa forma de organização social, as revoluções técnicas estão inteiramente subordinadas ao processo de acumulação de capital. Dito de outro modo, uma revolução técnica expressa sempre uma elevação

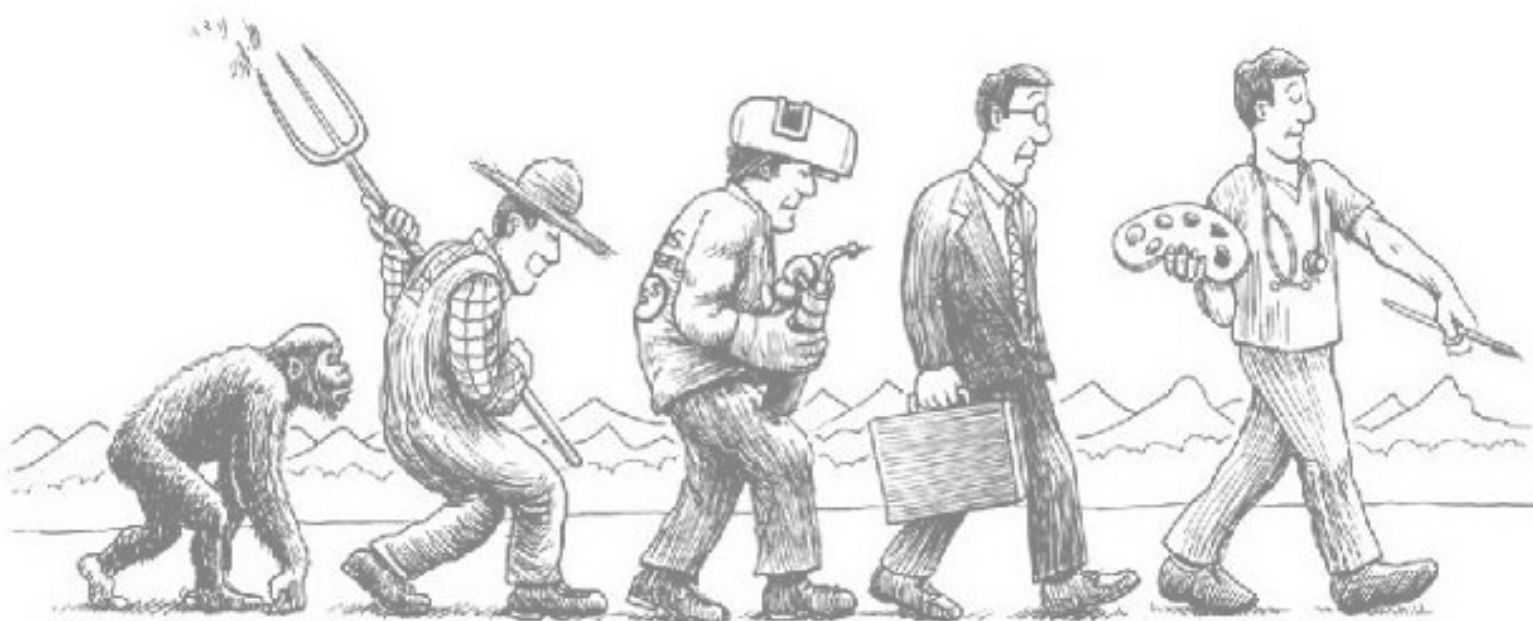




das capacidades gerais dos homens, de sua apropriação da natureza. Por isso, em si mesma, toda revolução técnica é uma conquista humana.

No entanto, sob a forma capitalista, ordinariamente, ela se converte em seu oposto. Isto é, em uma ferramenta de dominação da classe trabalhadora por meio da elevação do desemprego e da exploração. Ao ter como finalidade o processo de acumulação do capital, comumente, ela se traduz em uma apropriação irracional dos recursos naturais, esgotando-os e impedindo a sua reprodução. A natureza exterior é solenemente ignorada pelo movimento vivo do capital. A conservação dos recursos naturais é externa e alheia ao movimento de valorização do capital. Os indivíduos vivos e os recursos naturais que esses transformam pelo processo de trabalho, apesar de serem as verdadeiras condições de existência do capital – bem como de qualquer outra forma de organização social – são, para o capital, inexistentes até o momento de sua efetiva apropriação. O caráter desmedido e ilimitado da acumulação de capital choca-se com os limites naturais que esse movimento exclui, ignora, apaga, elide, omite.

Nesse sentido, no próximo item, discutimos as principais revoluções tecnológicas que verificamos desde a origem do capitalismo, assinalando algumas alterações que produziram e impactos do ponto de vista quantitativo na divisão social do trabalho.





2. As Três Primeiras Revoluções Industriais



O termo Indústria 4.0 refere-se ao que se considera a quarta revolução tecnológica, processo atualmente em desenvolvimento. Essa classificação pressupõe a existência de três revoluções industriais anteriores, desde o final do século XVIII. No entanto, é fundamental ressaltar que tais demarcações históricas funcionam sobretudo como referenciais abstratos, pois uma revolução tecnológica não se consolida de maneira abrupta. Mesmo descobertas de impacto revolucionário, quando surgem, frequentemente demandam anos – quando não décadas – até que sejam plenamente incorporadas aos processos produtivos, alcançando aplicação generalizada e eficiente.

Esse caráter gradual das transformações técnicas pode ser observado em todas as revoluções industriais precedentes. A primeira, marcada pela mecanização e pelo uso do vapor, não eliminou imediatamente o trabalho manual, assim como a segunda, impulsionada pela eletricidade e pela produção em massa, coexistiu por longo período com formas anteriores de organização fabril. A terceira revolução, associada à automação e à informática, igualmente não suplantou de modo instantâneo os paradigmas produtivos vigentes.

Diante dessas considerações, apresentamos a seguir um esquema que sintetiza as principais revoluções industriais até então ocorridas, destacando seus avanços tecnológicos centrais e seus efeitos sobre a organização do trabalho e da sociedade.





2.1) Primeira revolução industrial: Indústria 1.0

O principal marco daquilo que chamamos primeira revolução industrial foi o desenvolvimento da máquina a vapor, há cerca de 250 anos. Ao fim do século XVIII, o relojoeiro Watt aperfeiçoou a máquina a vapor, o barbeiro Arkwright inventou o tear contínuo, e o joalheiro Fulton desenvolveu o navio a vapor. Não se trata, é importante que se diga, de uma mera ampliação da produtividade do trabalho, mas de uma transformação radical nos fundamentos da produção.

Tal revolução implicou profundas mudanças na organização espacial e técnica da indústria. Até então, a produção manufatureira desenvolvia-se predominantemente no ambiente rural, onde a localização das fábricas dependia da existência de cursos d'água com queda suficiente para mover rodas hidráulicas. Moinhos e oficinas, necessariamente instalados próximos a rios, frequentemente situavam-se a grandes distâncias uns dos outros, integrando um sistema mais rural do que urbano. A substituição da força hidráulica pelo vapor permitiu a concentração das fábricas em centros urbanos ou em localidades onde carvão e água – essenciais para a geração de vapor – estavam disponíveis em abundância. A máquina a vapor não apenas impulsionou a mecanização, mas tornou-se a base física das cidades industriais. O setor têxtil, então a tecnologia de ponta, emergiu como o primeiro ramo plenamente mecanizado da produção.

Paralelamente à revolução técnica, ocorreu uma transformação decisiva nas formas de cooperação do trabalho. Uma das características distintivas do capitalismo industrial foi a subordinação do trabalhador à máquina, reduzindo-o a um apêndice de seus movimentos e ritmos. Embora os princípios do taylorismo tenham sido sistematizados por Taylor apenas no início do século XX, suas bases já estavam presentes como tendência desde a primeira revolução industrial: a racionalização extrema do trabalho, com divisão metódica de funções, especialização de tarefas e eliminação de movimentos “desnecessários”. Essa lógica buscava a fragmentação máxima do processo produtivo, elevando ao mesmo tempo a hierarquia e a subordinação unilateral dentro do sistema fabril.





Em síntese, temos:

Principais inovações tecnológicas:

- ✓ **Máquina a vapor (Watt, 1769)** - substituiu a energia hidráulica, liberando a produção da dependência de cursos d'água.
- ✓ **Tear mecânico (Arkwright, 1769)** - mecanizou a produção têxtil, aumentando exponencialmente a produtividade.

Consequências sociais:

- ✓ **Urbanização acelerada** - migração em massa do campo para as cidades industriais.
- ✓ **Formação da classe operária moderna** - concentração de trabalhadores assalariados em fábricas.

Setores de tecnologia de ponta:

- ✓ **Indústria têxtil** - primeiro setor totalmente mecanizado, carro-chefe da revolução.
- ✓ **Indústria ferroviária (a partir de 1825)** - revolucionou transportes e integrou mercados.

Procedimento cooperativo dominante:

- ✓ **Taylorismo (embriônico):** Embora o taylorismo tenha sido sistematizado no século XX, seus princípios fundamentais (racionalização extrema do trabalho) já estavam presentes como tendência desde o final do século XVIII.
- ✓ **Divisão científica do trabalho** - fragmentação das tarefas em gestos simples.
- ✓ **Controle cronometrado** - eliminação de "tempos mortos" na produção.
- ✓ **Hierarquização extrema** - separação radical entre concepção (engenheiros) e execução (operários).

A primeira revolução industrial, impulsionada pela máquina a vapor e pela mecanização da tecelagem, consolidou monopólios principalmente no comércio e infraestrutura, como as Companhias das Índias Ocidentais e Orientais, que dominavam rotas mercantis e exploração colonial. O capitalismo baseado na mais pura e cristalina livre concorrência jamais existiu. O capitalismo se desenvolve, já em seus primórdios, a partir de monopólios comerciais globais, tais como a Companhia das Índias Orientais inglesas (EIC) e holandesas (VOC), fundadas respectivamente em 1600 e 1602. Desde o início, sociedades anônimas por ações negociadas na Bolsa de Valores de modo a viabilizar esse empreendimento colossal com a associação de múltiplos capitalistas. Ainda no século XIX, na Europa e nos Estados Unidos, já





se constituíam gigantescos monopólios ferroviários, também estruturados por meio de sociedades anônimas por ações, tais como a PRR (1846), UP (1862), GWR (1833), LNWR (1846) e Nord (1845) etc.

No entanto, a produção industrial em si permanecia relativamente fragmentada, com fábricas de pequeno e médio porte, muitas vezes com apenas algumas centenas de trabalhadores, operando de forma descentralizada. A indústria têxtil, setor de ponta da época, não exigia escala gigantesca, permitindo uma certa dispersão do capital produtivo. O monopólio estava mais no controle do comércio e dos transportes, como as ferrovias, do que na produção fabril em si, que ainda era pulverizada entre diversos proprietários. O simples fato do setor têxtil ser, aqui, o setor industrial de ponta, já nos indica as enormes transformações que se seguiram. Hoje, esse setor, embora relevante, está na retaguarda do capitalismo contemporâneo, com baixo valor agregado e constitui uma fração pouco significativa do capital acumulado a nível mundial.

2.2) Segunda revolução industrial: Indústria 2.0

O marco central da segunda revolução industrial foi o desenvolvimento da energia elétrica e, sobretudo, a introdução em 1913, na empresa de Henry Ford, da primeira linha de montagem industrial, que proporcionou um salto sem precedentes na produtividade fabril. Como já destacamos, tais marcos possuem certo grau de arbitrariedade: muitos elementos constitutivos da chamada segunda revolução industrial começaram a se desenvolver em meados do século XIX, só atingindo plena maturação após a Segunda Guerra Mundial.

Inicia-se, então, a era da indústria automobilística como setor de ponta. O ritmo individual do trabalho é completamente suplantado pelo ritmo imposto pela esteira rolante. Os princípios tayloristas, já presentes na fase anterior, radicalizam-se agora através da padronização absoluta dos produtos e processos. A produção em massa exige investimentos de capital tão vultosos que restringem drasticamente o surgimento de novas empresas competitivas, especialmente em países periféricos, consolidando o domínio dos grandes conglomerados industriais.



**Principais inovações tecnológicas:**

- ✓ **Linha de montagem móvel** (Ford, 1913) - revolucionou a produção em massa ao sincronizar o trabalho humano com o ritmo mecânico
- ✓ **Energia elétrica industrial** - permitiu a flexibilidade na localização de fábricas e a iluminação para turnos noturnos
- ✓ **Motor de combustão interna** - base tecnológica para o setor automotivo

Consequências sociais:

- ✓ **Explosão demográfica urbana** - as cidades industriais multiplicam sua população
- ✓ **Massificação do trabalho fabril** - fábricas passam de centenas para dezenas de milhares de operários
- ✓ **Surgimento do "operário-massa"** - perda progressiva da qualificação profissional
- ✓ **Bens duráveis tornam-se acessíveis à classe trabalhadora**

Setores de tecnologia de ponta:

- ✓ **Indústria automobilística** - símbolo máximo da produção em massa
- ✓ **Eletrodomésticos** - nova fronteira do consumo familiar
- ✓ **Siderurgia e petroquímica** - bases materiais para os novos produtos

Procedimento cooperativo dominante:

- ✓ **Fordismo (aperfeiçoamento do taylorismo):**
 - Produção em massa padronizada
 - Controle total do tempo e movimento dos trabalhadores
 - Integração vertical da produção

Efeitos colaterais:

- ✓ Padronização cultural através dos produtos
- ✓ Rigidez produtiva (incompatível com variedade)
- ✓ Necessidade de expansão constante de mercado.

A segunda revolução industrial, marcada pela eletricidade, produção em massa e indústrias pesadas como a automotiva, permitiu uma centralização sem precedentes do capital industrial. Grandes corporações, como Ford e General Electric, dominaram setores inteiros, enquanto a produção se deslocou para regiões próximas aos mercados consumidores, criando “submetrópoles” — países como Brasil, México e África do Sul, que abrigavam filiais de multinacionais sem deter o controle do capital. Essas nações tornaram-se polos industriais dominados, atendendo demandas internas em expansão, mas sempre subordinadas às matrizes nos países centrais. A concentração de capital atingiu níveis inéditos, com oligopólios controlando setores estratégicos, como aço, petróleo e automóveis, reduzindo drasticamente a fragmentação produtiva da era anterior.





Temos a especificidade que abre a época imperialista é que tais monopólios se expandem para todos os tipos de capital, em particular o capital industrial. A produção capitalista, em seu conjunto, torna-se predominantemente monopolista. Temos a emergência do capital financeiro ou a fusão entre o capital bancário e industrial, originando uma aristocracia financeira, uma classe de magnatas que concentram o capital em todas as suas formas.

Conforma-se uma estrutura hierárquica sob a qual se eleva o capital financeiro e monopolista que alguns poucos países poderão se sobressair na disputa pela mais-valia global a partir das principais empresas monopolistas neles sediadas. Empresas essas com os segredos técnicos e comerciais cada vez mais complexos e inacessíveis, agora salvaguardados pelos seus respectivos Estados. Sob essa base, a transferência de riqueza de um país para outro se dá predominantemente por meio da exportação de capital em suas várias formas, de tal modo que uma fração da mais-valia global pode ser transferida por meio de dividendos oriundos de uma mesma empresa que opera em países dispersos no mundo inteiro, por meio de títulos das dívidas públicas interna ou externa, quando não, pela aquisição direta de empresas ou ações de empresas situadas em qualquer lugar do globo.

2.3) Terceira revolução industrial: Indústria 3.0

A terceira revolução industrial emerge em meados dos anos 1970, marcada pelo advento dos primeiros sistemas de automação industrial. Computadores, máquinas de inserção de componentes, centros de usinagem CNC e robôs industriais começam a substituir progressivamente o trabalho humano em tarefas repetitivas, otimizando processos que antes dependiam integralmente de operários.

Esta revolução tecnológica permitiu uma reconfiguração geográfica da produção. Enquanto na era fordista as montadoras de automóveis e fábricas de eletrodomésticos necessitavam localizar-se próximas aos mercados consumidores, a nova fase industrial possibilitou a concentração da manufatura em polos globais estratégicos, com posterior distribuição mundial. Este rearranjo acentuou as disparidades econômicas entre nações industrializadas, centros da ordem social imperialista, e periféricas.

A complexidade tecnológica dos novos produtos erigiu barreiras ainda mais intransponíveis para o surgimento de novas empresas. Além dos vultosos investimentos de capital já requeridos na fase anterior, tornou-se imprescindível o domínio de conhecimentos técnicos especializados - fruto de décadas de acumulação





científica e industrial - para competir nos setores de ponta.

Neste contexto emerge o toyotismo como paradigma organizacional. Com a automação parcial, a base do processo produtivo torna-se menos uniforme, ampliando a necessidade de certos conhecimentos técnicos especializados. Mantém-se a hierarquia fabril, mas introduzem-se mecanismos de compartilhamento de conhecimentos. A produção passa a ser organizada espacialmente de forma mais integrada, abandonando a rígida compartimentalização fordista. O sistema *just-in-time* minimiza estoques, alinhando a produção à demanda real. Contudo, como veremos, o toyotismo nas últimas décadas representou mais uma adaptação flexível do fordismo do que sua superação plena. Será a quarta revolução industrial que permitirá a implementação mais ampla de seus princípios.

Em síntese, temos:

Principais inovações tecnológicas:

- ✓ Computadores industriais e sistemas CNC (Controle Numérico Computadorizado)
- ✓ Robótica aplicada à produção em série
- ✓ Automação flexível de processos
- ✓ Tecnologias de informação integradas à manufatura

Consequências sociais:

- ✓ Reconfiguração geopolítica da produção:
 - Concentração industrial em polos tecnológicos especializados
 - Deslocamento de fábricas para países com mão-de-obra qualificada e baixos custos
 - Separação entre sede corporativa (países desenvolvidos) e unidades produtivas
- ✓ Surgimento de nova divisão internacional do trabalho:
 - Países centrais: design e tecnologia
 - Países periféricos: manufatura

Setores de tecnologia de ponta:

- ✓ Indústria eletroeletrônica (componentes e dispositivos)
- ✓ Informática industrial e equipamentos de automação
- ✓ Telecomunicações digitais
- ✓ Biotecnologia aplicada

Procedimento cooperativo preconizado:

- ✓ Toyotismo (como evolução crítica do fordismo):
 - Produção enxuta (*just-in-time*)
 - Controle de qualidade
 - Flexibilidade produtiva
 - Redução máxima de estoques
 - Adaptação à demanda real

Efeitos paradoxais:

- ✓ Ao mesmo tempo que descentraliza geograficamente a produção, concentra o controle tecnológico
- ✓ Exacerbação da dependência tecnológica de países periféricos
- ✓ Criação de cadeias globais de valor altamente especializadas





A terceira revolução industrial, impulsionada pela eletrônica, computação e globalização, acelerou a concentração geográfica da produção em regiões de baixo custo, especialmente na China e no Sudeste Asiático. Produtos padronizados, como eletrônicos e bens manufaturados, passaram a ser fabricados em larga escala nesses países e exportados para o mundo todo, consolidando cadeias produtivas verdadeiramente globais. Enquanto isso, o capital se concentrou em corporações transnacionais que, embora dispersassem fisicamente a produção, mantinham o controle tecnológico e financeiro em suas sedes nos EUA, Europa e Japão. A fragmentação produtiva da primeira revolução desapareceu completamente: agora, até mesmo países industrializados tornavam-se dependentes de poucos centros manufatureiros globais, aprofundando a assimetria entre quem detém o capital e quem executa a produção.

A terceira revolução tecnológica possibilitou, assim, profundas transformações no sistema imperialista mundial. A automação industrial e as novas tecnologias de comunicação permitiram a fragmentação transnacional das cadeias produtivas, processo que foi viabilizado financeiramente pela liberalização das contas de capital nos anos 1970-80 - facilitando a exportação de capitais em escala global. Esta reconfiguração foi acompanhada pela desregulamentação comercial (queda de barreiras tarifárias) e pelo abandono do padrão ouro-dólar em 1971, que transferiu para os bancos centrais nacionais, através da política monetária, o papel central de regulação da economia.

A combinação entre revolução tecnológica e financeirização criou um novo paradigma de acumulação capitalista: empresas globais passaram a operar em redes descentralizadas geograficamente, mas com controle financeiro centralizado, enquanto os Estados nacionais viam sua capacidade de intervenção econômica reduzida à gestão de indicadores monetários e da administração da dívida pública, completando a transição para o regime de acumulação flexível característico do que ficou conhecido como neoliberalismo.





2.4) Existe uma nova revolução industrial?

Como destacamos na Introdução, foi durante a edição de 2011 da Hannover Messe – feira internacional de tecnologia realizada anualmente na cidade de Hannover, Alemanha – que se consolidou formalmente o conceito de Indústria 4.0. Essa iniciativa, que representa um marco no desenvolvimento tecnológico industrial, surgiu de uma colaboração estratégica entre o governo alemão, instituições acadêmicas de excelência, centros de pesquisa de ponta e empresas líderes em inovação tecnológica. No entanto, é importante ressaltar que, em grande medida, essa proposta não introduziu processos inteiramente novos, mas sim sistematizou e amplificou tendências já em andamento no cenário industrial global.

No meio acadêmico e industrial, persiste um debate intenso sobre se a Indústria 4.0 deve ser considerada uma quarta revolução industrial ou simplesmente uma extensão mais sofisticada da terceira revolução, marcada pela automação e pela tecnologia da informação. Em nossa avaliação, essa discussão assume, em certa medida, um caráter escolástico, pois, independentemente da nomenclatura e classificação adotada, o fato incontestável é que transformações profundas e qualitativas estão redefinindo a estrutura técnica do trabalho, os mecanismos de produção e as dinâmicas de distribuição de mercadorias em escala global.

Klaus Schwab (2016) aponta três razões fundamentais que comprovam a existência de uma nova revolução industrial em andamento desde o início do século XXI. Essa transformação é marcada por três avanços tecnológicos principais: (1) uma internet mais presente e móvel, (2) sensores menores, mais potentes e mais baratos, e (3) o desenvolvimento da inteligência artificial e do aprendizado de máquina.

Schwab destaca três características essenciais dessa revolução:

- **Velocidade exponencial:** Diferente das revoluções industriais anteriores, que avançavam de forma gradual, essa se desenvolve em ritmo acelerado e exponencial.
- **Amplitude e profundidade sem precedentes:** Ela não se limita a mudanças isoladas, mas combina diversas tecnologias digitais, alterando radicalmente a economia, os negócios, a sociedade e até a vida individual.
- **Impacto sistêmico global:** Sua influência não se restringe a setores ou países específicos – ela transforma sistemas inteiros, afetando governos, empresas, indústrias e a sociedade como um todo.





Essa revolução, portanto, não é apenas uma evolução tecnológica, mas uma reestruturação completa da forma como produzimos, trabalhamos e nos relacionamos.

Os elementos centrais que caracterizam essa transformação podem ser sintetizados da seguinte maneira:

1. **Interconexão Sistêmica e Gestão em Tempo Real:** a integração digital entre todas as etapas do processo produtivo – desde o fornecimento de insumos até a distribuição final – permite um gerenciamento dinâmico e instantâneo, otimizando fluxos e reduzindo desperdícios. Essa conectividade generalizada é viabilizada por sistemas ciberfísicos avançados, que harmonizam operações físicas e digitais.
2. **Personalização em Massa e Modularização das Linhas de Produção:** um dos avanços mais significativos é a capacidade de produzir em larga escala bens altamente customizados, atendendo a demandas específicas sem perder a eficiência industrial. Isso se deve à crescente substituição das tradicionais linhas de montagem por máquinas modulares, que podem ser recombinadas conforme a necessidade. Dessa forma, diferentes módulos de produção são acoplados ou desacoplados rapidamente, permitindo a fabricação de produtos diversificados sem interrupções significativas no processo.
3. **Automação Inteligente e a Internet das Coisas (IoT):** A plena implementação da Indústria 4.0 exige a interligação de todo o ecossistema produtivo em redes informatizadas capazes de tomar decisões autônomas. Isso se concretiza por meio da implantação massiva de sensores inteligentes, que coletam e transmitem dados em tempo real sobre variáveis ambientais, desempenho de equipamentos e até mesmo a interação humana com os sistemas. Essas informações são processadas por algoritmos avançados, que ajustam operações, previnem falhas e otimizam resultados sem exigir intervenção humana direta. Esse fenômeno, conhecido como Internet das Coisas (IoT), representa a espinha dorsal da automação inteligente, onde máquinas, produtos e sistemas comunicam-se entre si de forma autônoma.

As principais tecnologias que compõem o que se denomina Indústria 4.0 não indicadas no diagrama a seguir.





Principais tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0



Fonte: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. Oportunidades para Indústria 4.0 no Brasil: Aspectos da Demanda e Oferta no Brasil. Brasília: CNI, Dezembro de 2017.

Embora trata-se de um processo que ainda está em curso, já é possível entrever várias alterações a partir das transformações assinaladas. A assim chamada quarta revolução industrial, baseada em automação, inteligência artificial e plataformas digitais, elevou o monopólio do capital a um patamar inédito, onde o controle não se restringe mais apenas à produção física, mas aos meios de coordenação econômica e aos próprios valores de uso, tornados agora em larga medida digitais. Gigantes como Google, Amazon e Meta dominam não apenas mercados, mas ecossistemas inteiros, enquanto a manufatura se torna cada vez mais automatizada e concentrada em poucos polos tecnológicos. O capital agora se reproduz em escala global sem necessariamente expandir fábricas, mas sim por meio de algoritmos, dados e sistemas integrados que permitem extrair valor de forma descentralizada, porém sob controle mundialmente centralizado.

Cabe melhor examinar essas transformações em dois capítulos separados. No primeiro deles abordaremos transformações no interior do processo produtivo, em um processo iniciado na montadora de automóveis coreana Hyundai. No segundo deles, abordaremos as transformações mais recentes com a alavancagem da inteligência artificial.





3. As Origens Da Atual Revolução Tecnológica

Para entendermos o real alcance do que se denomina Indústria 4.0 e seus impactos sobre a classe trabalhadora, é preciso, mais uma vez, compreender a diferenciação decisiva entre o significado intrínseco desses revolucionamentos técnicos e, por outro lado, os efeitos que tais revoluções produzem dentro da forma de organização social capitalista.

As revoluções tecnológicas representam uma ampliação da capacidade produtiva humana, possibilitando a produção de mais recursos em menos tempo. Sob uma perspectiva abstrata, elas simbolizam um enorme avanço e progresso. No entanto, na estrutura social capitalista, esses mesmos avanços assumem, para a classe trabalhadora, um significado oposto. Nessa forma de organização social, a técnica não está a serviço do atendimento das necessidades humanas, da redução do esforço no trabalho ou da elevação do padrão de consumo. Em vez disso, serve à valorização do valor e à acumulação de capital. Daí surge o paradoxo da acumulação capitalista: a produção de riqueza em um polo significa, simultaneamente, a produção de pobreza e embrutecimento no polo oposto.

Para esclarecer esse paradoxo, vale recorrer às palavras de John Maynard Keynes, economista capitalista intervencionista, em 1916:

Em função do aumento na produtividade do trabalho, em cem anos não será necessário trabalhar mais que 15 horas semanais.





Ora, se pensarmos bem, o raciocínio de Keynes faz todo sentido. A ampliação da capacidade produtiva humana deveria não apenas ampliar o leque de consumo disponível à população, como também reduzir paulatinamente a jornada de trabalho, já que permite uma maior produção em menor tempo. Ocorre, na verdade, o contrário: ‘...a acumulação de riqueza num polo é, ao mesmo tempo, a acumulação de miséria, o suplício do trabalho, a escravidão, a ignorância, a brutalização e a degradação moral no polo oposto, isto é, do lado da classe que produz seu próprio produto como capital’.

Isso acontece porque, sob o capitalismo, voltado para a valorização do valor, uma revolução tecnológica tende a gerar os seguintes efeitos:

1. **Redução absoluta e relativa dos salários**, já que o aumento da produtividade diminui o valor dos produtos que compõem o consumo da classe trabalhadora, permitindo salários mais baixos que ainda assim garantam sua reprodução como força de trabalho. Afinal, na lógica capitalista, o valor do trabalho é regulado pelo custo necessário para reproduzir a força de trabalho.
2. **Expulsão de parte expressiva dos trabalhadores para o subemprego e o desemprego**, uma vez que o aumento da produtividade reduz a quantidade de trabalhadores necessários por unidade de produto – formando assim **o exército industrial de reserva**.

Esses elementos não são opcionais, pois a concorrência capitalista impõe a adoção das novas tecnologias a todos os setores industriais, obrigando-os a seguir os padrões dos segmentos mais produtivos do mercado. Isso significa que é inútil lutar contra as revoluções tecnológicas, como fizeram os ludistas no passado, que destruíam máquinas durante as primeiras revoluções industriais. A questão central, portanto, não é rejeitar o modelo técnico em si, mas compreender seus efeitos e traçar estratégias que orientem a organização e a luta da classe trabalhadora contra a forma social que determina o desenvolvimento dessa técnica.

Um exemplo ilustrativo desse cenário é a empresa automobilística Hyundai, cujo padrão produtivo vem se tornando um modelo na nova revolução tecnológica em curso.





3.1) O caso da Hyundai coreana: o Sistema Hyundai de Produção

Uma das empresas que vêm puxando a nova abordagem produtiva que agora, com algumas alterações no projeto idealizado pelos alemães, denomina-se tecnologia 4.0 é a empresa automotiva sul-coreana Hyundai. A partir o Sistema Toyota de Produção, a Hyundai desenvolveu seu próprio sistema de produção, o Sistema Hyundai de Produção (SHP), baseado em dois princípios fundamentais: automação e modularização.

As regras que norteiam o sistema produtivo da Hyundai é a modularização e a engenharia e tecnologia orientadas para a automação do processo produtivo, com pouco envolvimento do trabalhador. Trata-se de um processo de automação que visa substituir em níveis jamais visto o trabalhador pela máquina, resultando em uma expansão da sua capacidade de produção. Vejamos cada um desses itens

MODULARIZAÇÃO No modelo clássico, de base fordista, as peças eram enviadas pelo fornecedor até a linha de montagem de forma individual e, então, montadas na planta da fábrica. Com a produção modular, os conjuntos de peças são pré-montadas na planta do fornecedor de modo a simplificar as operações de montagem. Este processo possui as seguintes características:

- Método de entrega sincronizada de peças pelo fornecedor que é informado imediatamente, por vezes em sequenciamentos diários, da demanda e reorganização da sequência de peças.
- Custos são terceirizados para o fornecedor, mas este devem atuar na mesma estrutura, ou muito próximo, de onde se dá a montagem. Processo de montagem é, assim, simplificado.





AUTOMAÇÃO: modelo de produção da Hyundai tem liderança dos engenheiros, que tomam todas as decisões da fábrica conjuntamente com os gestores. Longe da propaganda da indústria 4.0, o papel dos trabalhadores torna-se ainda mais limitado. Trata-se unicamente da operação e manutenção da fábrica, com trabalhos repetitivos e sem qualquer complexidade. Daí temos as seguintes consequências:

- A palavra de ordem é: **minimizar a dependência dos trabalhadores**. Não sendo necessária experiência ou grandes habilidades dos trabalhadores, a formação se torna assim pouco relevante, permitindo a empresa se adaptar a distintos locais e culturas com relações de trabalho cada vez mais instáveis. As tarefas atingem tal nível de simplicidade e repetição que os trabalhadores podem ser facilmente substituídos uns pelos outros.
- A análise da qualidade do produto é realizada, com esse procedimento modular e automático, em várias etapas da produção, não apenas ao final. Além disso, a produção é simulada e a maior parte dos problemas são previstos no começo, antes que estes ocorram de fato.

Pois bem, a adoção dessa nova metodologia produziu resultados espantosos na Hyundai. Como indica a tabela abaixo, a empresa praticamente dobrou sua participação percentual no setor automobilístico.

Motadoras	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
TOYOTA	10,20%	11,23%	11,02%	10,05%	12,01%	11,87%	11,55%	11,11%	10,78%	11,04%
VOLKSWAGEN	8,75%	7,98%	9,46%	10,64%	11,00%	10,79%	10,91%	10,88%	10,68%	10,96%
HYUNDAI	4,26%	4,73%	7,43%	8,26%	8,47%	8,32%	8,83%	8,80%	8,32%	7,62%
G.M.	13,93%	13,93%	10,92%	11,28%	11,04%	11,07%	10,59%	8,24%	8,22%	7,24%
FORD	12,54%	9,95%	6,43%	6,89%	6,65%	6,99%	6,58%	7,04%	6,78%	6,74%
NISSAN	4,50%	5,35%	5,13%	5,78%	5,81%	5,69%	5,62%	5,70%	5,86%	6,09%

Fonte: OICA Elaboração: ILAESE





Em 2004, a empresa ocupava a nona posição no ranking de produção anual, com 2.766.321 veículos fabricados. Já em 2017, registrou 7.218.391 de veículos fabricados e o quarto lugar no ranking (OICA, 2018). Trata-se de um crescimento de 217% em pouco mais de uma década; crescimento quase 4 vezes superior a média mundial do setor. Ora, isto ocorre em função da maior produtividade do trabalho, propiciada pela transformação tecnológica. É o que indicamos a seguir:

Produtividade Física por montadoras (veículos por trabalhador)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Média
TOYOTA	26,69	25,34	31,00	30,96	30,91	29,30	29,28	28,72	29,03
VOLKSWAGEN	18,38	16,98	16,83	16,37	16,70	16,18	16,16	16,37	16,75
HYUNDAI	71,90	76,72	72,61	68,93	72,98	71,28	66,68	61,01	70,26
G.M.	41,96	43,63	43,59	43,97	44,49	34,81	34,64	38,09	40,65
FORD	30,41	33,64	32,72	33,58	31,92	32,13	31,99	31,62	32,25
NISSAN	26,25	29,86	31,07	30,84	35,67	34,61	36,45	42,03	33,35
HONDA	20,60	16,25	21,97	22,58	22,73	22,19	23,99	24,71	21,88
FCA	17,49	11,86	9,90	20,75	20,96	20,43	19,96	19,50	17,61
RENAULT	22,16	22,02	21,06	22,20	23,53	25,24	27,02	22,90	23,27
PSA	18,19	17,14	14,25	14,39	15,37	16,37	18,53	21,11	16,92
SUZUKI	56,17	51,69	53,11	50,80	52,24	52,85	47,81	52,42	52,14
B.M.W.	15,52	17,33	19,51	18,18	18,62	18,65	18,92	19,29	18,25

Fonte: OICA e relatórios anuais das respectivas empresas. Elaboração: ILAESE

Como se vê, a adoção do novo modelo tecnológico pelas demais empresas é inevitável. Somente assim pode-se evitar a escada da empresa sul coreana no mercado mundial de automóveis. Sua produtividade física é quase o dobro das concorrentes, o que possibilita maior taxa de lucro. E, de fato, a adoção do modelo produtivo da Hyundai vem acontecendo em todas empresas do setor automobilístico. Não é casual, portanto, que após 10 anos de escalada a participação da Hyundai no mercado automobilístico se estabilizou nos últimos 2 anos e sua produtividade começa a se aproximar dos concorrentes, tal como indicado na tabela acima.

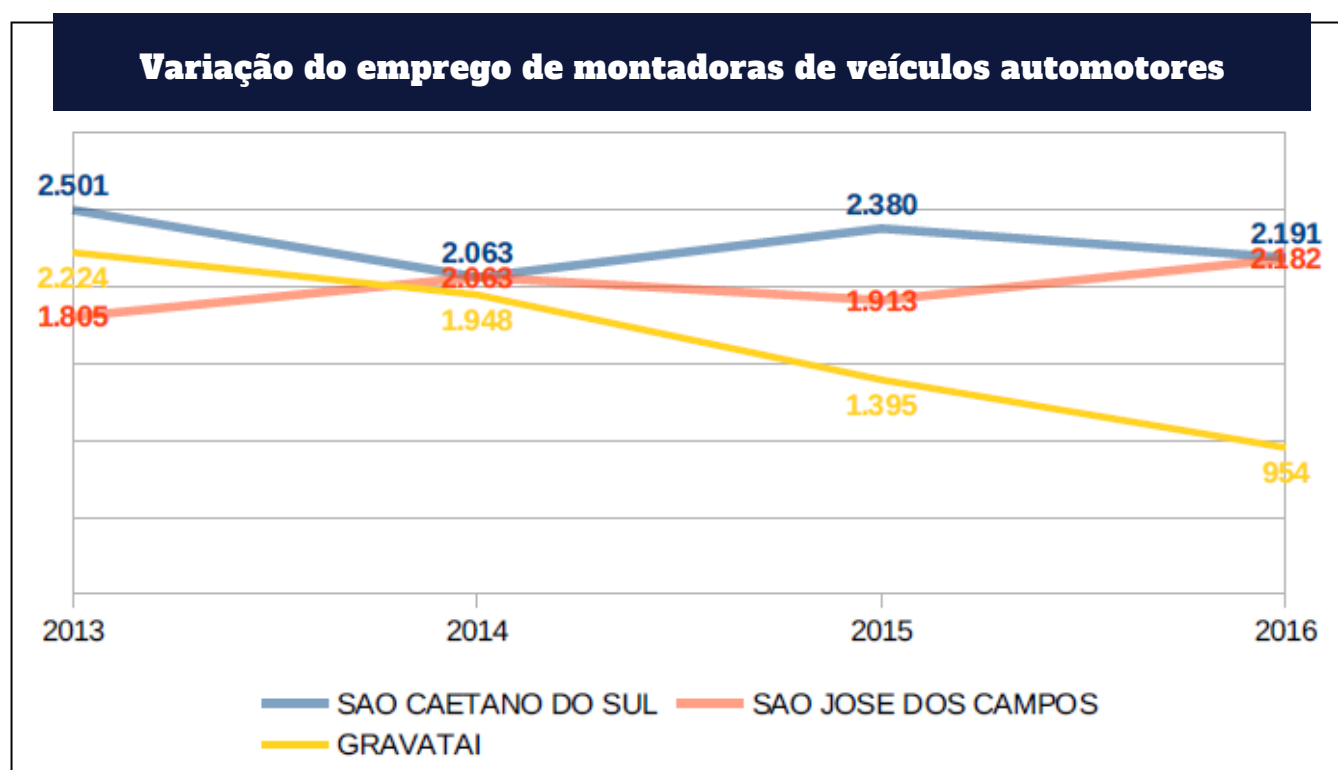
Um exemplo é fábrica da Jeep (FCA) em Goiana em Pernambuco, inaugurada em meados de 2015. Sua organização, considerada científica e racional, nada mais fez do que conjugar em um mesmo espaço físico os fornecedores e a montadora propriamente dita. Todo espaço é fortemente vigiado e qualquer atuação de caráter sindical é severamente punida. Nas reclamações trabalhistas existentes, os operários relatam uma jornada de trabalho que vai das 04:00 horas às 20:00 horas, além de horas extras que por vezes levam a 24 horas de trabalho ininterrupto. Essas são as condições de trabalho escondidas por trás do discurso de desenvolvimento regional e emprego para o nordeste brasileiro.





O mesmo processo se verifica na unidade da General Motors em Gravataí no Rio Grande do Sul. Com sua expansão realizada em 2019, a fábrica possui capacidade para 3 mil trabalhadores. A novidade, contudo são outros 4 mil trabalhadores integrados em dezoito plataformas sistemistas, que são fornecedores de peças e componentes para os carros a serem montados na fábrica, que ficam dentro da área do complexo. A unidade de Gravataí é, atualmente, de longe a que possui maior produtividade do trabalho em todas suas unidades brasileiras e, simultaneamente, a que possui salários mais reduzidos e maior rotatividade do trabalho.

Com a crise iniciada no Brasil em 2014, ela passou em um curto período de tempo de 2.224 trabalhadores para 954, enquanto nas demais o emprego se manteve razoavelmente estável.



Fonte: Rais-MTE e Caged. Elaboração: ILAEE

Ao mesmo tempo, os salários pagos na unidade da General Motors em Gravataí não chega a metade daquele verificado nas outras duas unidades em São José dos Campos e São Caetano do sul. Estudos já realizados no Brasil dão conta de que o mesmo processo produtivo da Hyundai já foi apropriado e executado na indústria calçadista do país. Certamente, estudos específicos irão indicar que tais processos estão a ser apropriados por outros setores produtivos.

Resumimos da seguinte forma os principais avanços técnicos e consequências sociais desse processo.





- **Tecnologias da Indústria 4.0:** A Indústria 4.0 representa um avanço tecnológico inegável, integrando sistemas ciber-físicos (CPS - sistemas que combinam computação, redes e processos físicos), Internet das Coisas (IoT - interconexão digital de objetos cotidianos), inteligência artificial e outras inovações que Schwab (2016) classifica como “megatendências”. Contudo, no atual modelo produtivo, essas transformações vêm acompanhadas da substituição acelerada do trabalho humano, além de sua simplificação, gerando insegurança ocupacional e aumento da rotatividade no mercado de trabalho.
- **Smart Factories:** As Smart Factories (fábricas inteligentes) demonstram impressionantes ganhos de eficiência através da integração entre máquinas, sistemas e pessoas. Temos a integração entre os processos de logística e produção e entre máquinas e pessoas. No entanto, na dinâmica capitalista, essa integração frequentemente significa que os trabalhadores são relegados à funções residuais.
- **CPS na manufatura:** Os Sistemas Ciber-Físicos (CPS) permitem máquinas inteligentes, sistemas de armazenamento e instalações de produção trocarem informações e agirem autonomamente, otimizando processos industriais. Embora isso represente um avanço técnico, na prática capitalista traduz-se em redução de postos de trabalho e intensificação da pressão sobre os trabalhadores remanescentes, que devem acompanhar ritmos cada vez mais acelerados ditados pelo sistema automático.
- **Internet dos Serviços – IoS:** A Internet dos Serviços (IoS - integração de serviços digitais na produção) agrega valor à cadeia de suprimentos ao permitir serviços logísticos integrados. Entretanto, sob a lógica do capital, essa integração frequentemente resulta na terceirização e precarização de funções antes estáveis, transformando empregos formais em contratos temporários ou trabalho via plataformas digitais.
- **Customização e demanda do consumidor:** A capacidade de atender demandas individuais dos clientes através de novos modelos de negócios é um avanço notável da Indústria 4.0. A customização em massa de produtos possibilita a produção de bens personalizados conforme as preferências e necessidades do consumidor, com tamanha eficiência que mesmo baixos volumes permitirão altos lucros. No entanto, no capitalismo contemporâneo, essa flexibilidade se traduz em regimes de trabalho intermitentes, onde os trabalhadores enfrentam jornadas irregulares e constante insegurança quanto à manutenção de seus empregos e os rendimentos associados.





4. A Inteligência Artificial e a Digitalização dos Valores de Uso



Como indicamos no capítulo anterior, a Indústria 4.0 surgiu há mais de 15 anos no âmbito do sistema Hyundai de produção, marcando uma transição para processos mais automatizados e customizáveis, integrando unidades produtivas e fornecedores em um mesmo espaço físico. Essa fase inicial simplificou o trabalho e aumentou a eficiência, mas a verdadeira inflexão ocorreu recentemente, com o advento da inteligência artificial, da internet 5G e da digitalização de valores de uso. Setores como o fonográfico e os serviços online exemplificam essa mudança, substituindo produtos físicos por plataformas digitais e algoritmos que redefinem o consumo.

Hoje, essa revolução se expande para além da manufatura, impactando setores como o energético, com a ascensão de redes elétricas inteligentes, fontes renováveis e armazenamento em larga escala. No automobilismo, os carros elétricos e a IA na condução estão paralisando investimentos nos modelos tradicionais, enquanto gigantes tecnológicos centralizam o controle sobre infraestruturas digitais e físicas. Dados e algoritmos não substituem as máquinas, mas as tornam mais precisas e adaptáveis, consolidando uma nova era em que produção, energia e informação operam como um sistema integrado.

Neste capítulo, discutimos as alterações mais recentes no interior das transformações tecnológicas em curso, cujas consequências apenas podem ser indicadas, não sem grandes incertezas e especulação, pois estamos no início do processo.





4.1) A digitalização dos valores de uso e a servitização

O primeiro ponto que gostaríamos de destacar é que a Indústria 4.0 transforma não apenas os processos produtivos, mas também a própria natureza dos produtos, com sua crescente digitalização e hibridização entre o físico e o digital.

As alterações, em maior ou menor medida, abarcam todos os setores. Apresentamos uma lista de mercadorias e serviços que estão sendo digitalizados na revolução tecnológica em curso, com uma breve descrição de cada um:

1. Varejo e Comércio

- **Lojas físicas → E-commerce (Amazon, Mercado Livre, Shein)** – Compras online substituindo estabelecimentos tradicionais.
- **Supermercados → Delivery de alimentos (iFood, Rappi, Uber Eats)** – Compras de mercado e refeições sendo feitas por apps.
- **Shopping centers → Marketplaces digitais (Shopee, AliExpress)** – Consumo concentrado em plataformas virtuais.

2. Entretenimento e Mídia

- **CDs, DVDs → Streaming (Spotify, Netflix, Disney+)** – Música e filmes consumidos digitalmente.
- **Livros físicos → E-books e audiobooks (Kindle, Audible)** – Leitura migrando para formatos digitais.
- **Jogos físicos → Jogos digitais e cloud gaming (Steam, Xbox Cloud)** – Distribuição de games sem mídia física.
- **TV aberta e por assinatura → Streaming e YouTube** – Conteúdo audiovisual dominado por plataformas sob demanda.





3. Serviços Financeiros

- **Dinheiro físico → Pagamentos digitais (Pix, PayPal, Venmo)** – Transações sem uso de cédulas.
- **Bancos tradicionais → Fintechs e bancos digitais (Nubank, Revolut)** – Serviços bancários 100% online.
- **Moedas nacionais → Criptomoedas e CBDCs (Bitcoin, Ethereum, Digital Yuan)** – Ativos financeiros descentralizados ou digitais.
- **Investimentos presenciais → Robo-advisors e corretoras online (Tesouro Direto, Binance)** – Aplicações financeiras automatizadas.

4. Comunicação e Socialização

- **Correspondência física → E-mails e mensageiros (Gmail, WhatsApp, Telegram)** – Comunicação instantânea digital.
- **Telefonia fixa → Chamadas por VoIP (Zoom, Skype, Google Meet)** – Ligações via internet.
- **Encontros presenciais → Redes sociais e apps de relacionamento (Instagram, Tinder)** – Interações mediadas por plataformas.

5. Mobilidade e Transporte

- **Táxis → Aplicativos de mobilidade (Uber, 99, Bolt)** – Transporte sob demanda via smartphone.
- **Aluguel de carros → Carros por assinatura e compartilhados (Localiza Meoo, Blablacar)** – Modelos flexíveis de uso temporário.
- **Carteiras de motorista → Sistemas de identificação digital (CNH-e, Apple Wallet)** – Documentos em versão eletrônica.

6. Saúde e Bem-estar

- **Consultas presenciais → Telemedicina (Doctoralia, Teladoc)** – Atendimento médico remoto.
- **Prontuários em papel → Registros eletrônicos (Sistemas de EHR)** – Dados de pacientes digitalizados.
- **Academias tradicionais → Apps de exercícios (Freeletics, Nike Training Club)** – Treinos guiados por plataformas.





7. Educação e Trabalho

- **Salas de aula presenciais → EAD e cursos online (Coursera, Udemy, Khan Academy)** – Ensino à distância em expansão.
- **Escritórios físicos → Home office e coworking digital (Slack, Zoom, Notion)** – Trabalho remoto e colaboração virtual.
- **Diplomas físicos → Certificados digitais (Blockchain credenciais, Badges)** – Validação acadêmica em formato digital.

8. Serviços Públicos e Govern

- **Documentos físicos → Identidade digital (Gov.br, e-Título)** – Autenticação online de documentos.
- **Atendimento presencial → Chatbots e plataformas digitais (Reclame Aqui, SAC online)** – Resolução de demandas por IA.
- **Votações presenciais → Voto eletrônico e blockchain (projetos piloto em alguns países)** – Sistemas eleitorais digitais.

9. Alimentação e Gastronomia

- **Cardápios físicos → QR Codes e apps de restaurante** – Pedidos digitais em estabelecimentos.
- **Receitas de livros → Apps de culinária (Tasty, Yummly)** – Aprendizado de cozinha via plataformas.
- **Mercados tradicionais → Assinaturas de comida (ChefClub, Blue Apron)** – Refeições entregues com ingredientes pré-selecionados.

10. Moda e Beleza

- **Provadores físicos → Realidade aumentada (AR Try-On, L'Oréal Modiface)** – Experimentação virtual de roupas e maquiagem.
- **Lojas de cosméticos → Beleza digital (apps de skincare, consultoria online)** – Personalização de produtos via algoritmos.

A transformação em curso tem um alcance muito maior do que se poderia pensar a primeira vista. Ela abarca não apenas a substituição de produtos físicos por bens digitais ou híbridos – como: música, filmes e livros – substituídos por streaming





(Spotify, Netflix) e plataformas digitais ou serviços tradicionais – completamente organizados por meio de aplicativos e plataformas digitais (Uber, Airbnb) – como também produtos físicos com “gêmeos digitais” – carros com software integrado (Tesla), eletrodomésticos conectados (IoT).

A Indústria 4.0 não se limita a transformar processos produtivos – ela redefine a própria natureza dos produtos, convertendo-os em serviços ou direitos de uso. Como destacam Porter e Heppelmann (2014 e 2015), as empresas estão sendo desafiadas a repensar suas ofertas, desenvolvendo **Sistemas Produto-Serviço (PSS)**, nos quais a propriedade do bem físico deixa de ser transferida para o consumidor. Em vez disso, o que se vende é o acesso ao produto, acompanhado de serviços digitais integrados.

O cerne dessa transformação está na hibridização entre o físico e o digital. Produtos industriais, antes vendidos como unidades físicas, agora são plataformas para serviços contínuos, viabilizados por sensores, IoT (Internet das Coisas), conectividade e análise de dados. Essa mudança não significa simplesmente substituir produtos por serviços. Não existe, nem nunca existirá, serviço que não seja vinculado à produção. O que se faz é criar um modelo híbrido em que grandes empresas deixam de vender diretamente o bem material, vendendo-o, por assim dizer, em parcelas ao oferecer aos consumidores apenas o seu uso. Em alguns casos, o produto é vendido ao consumidor, no entanto atrelado a serviços que vigoram durante todo o seu tempo de uso.

Mencionemos alguns exemplos:

- **Motores de aeronaves (Rolls-Royce e GE):** As companhias aéreas não compram mais turbinas, mas pagam por horas de voo ou desempenho garantido, com manutenção preditiva feita via sensores. A fabricante assume a gestão do ativo, reduzindo custos para o cliente e criando fluxos de receita recorrente.
- **Impressoras (HP):** Equipamentos conectados coletam dados de uso, permitindo que a HP ofereça assinaturas com reposição automática de tinta. O cliente paga pelo serviço de impressão, não pela máquina.
- **Setor automotivo (Tesla, BMW):** Carros atualizam-se via software, oferecendo serviços como direção autônoma ou manutenção remota. A receita vem de assinaturas (ex.: acesso a recursos premium) e não apenas da venda do veículo. A automação dos veículos e a digitalização de suas operações introduzem um modelo de negócios em que as empresas podem capitalizar não apenas a venda inicial, mas também cada interação subsequente. Isso significa que, enquanto os consumidores utilizam o carro autônomo, as empresas podem gerar receita através de serviços como atualizações de software, manutenção preditiva e até mesmo o gerenciamento de dados de uso. Nesse cenário, a transformação tecnológica se torna um vetor de acumulação de capital, onde a relação entre o consumidor e o produto é profundamente alterada.



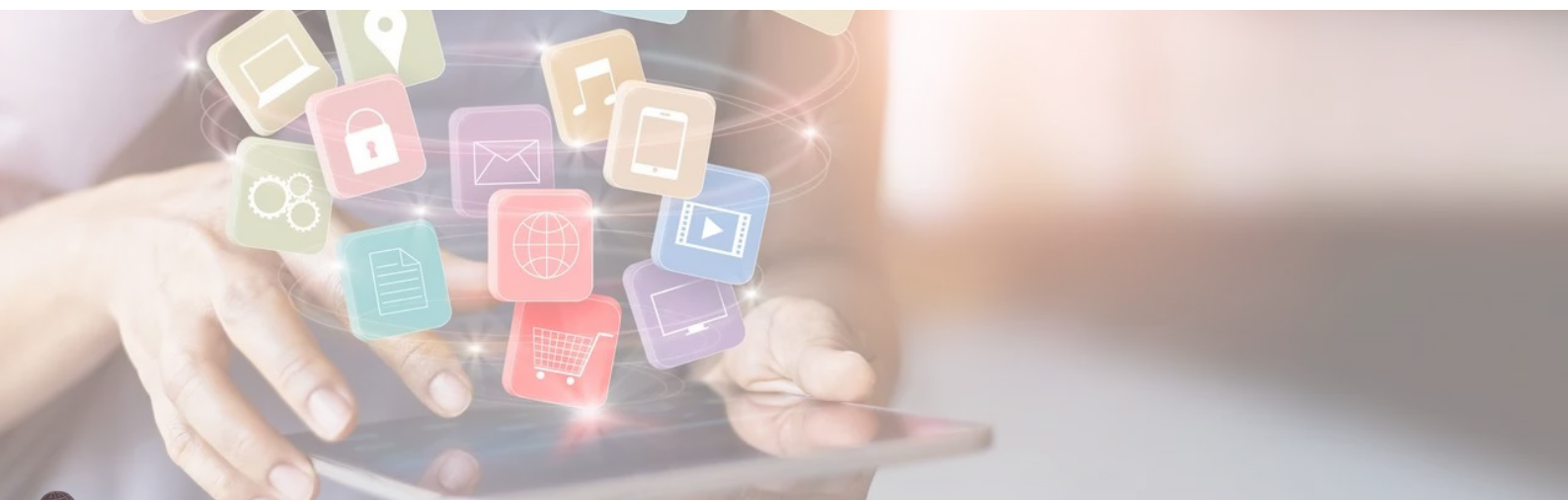


- **Indústria pesada (Bosch, Thyssenkrupp):** Fabricantes vendem “performance de máquinas” ou manutenção preditiva de elevadores, capitalizando dados operacionais.

Cabe perguntar: por que as Empresas Adotam esse Modelo? Não se trata apenas de um aprimoramento dos produtos. Ao eliminar custos iniciais de aquisição, as empresas ampliam seu mercado, de tal modo que, além do produto em si, Assinaturas e contratos de uso geram fluxos financeiros estáveis, em contraste com vendas únicas. Na maior parte dos casos, a empresa mantém a propriedade dos dados e do ativo físico, permitindo atualizações remotas e obsolescência programada.

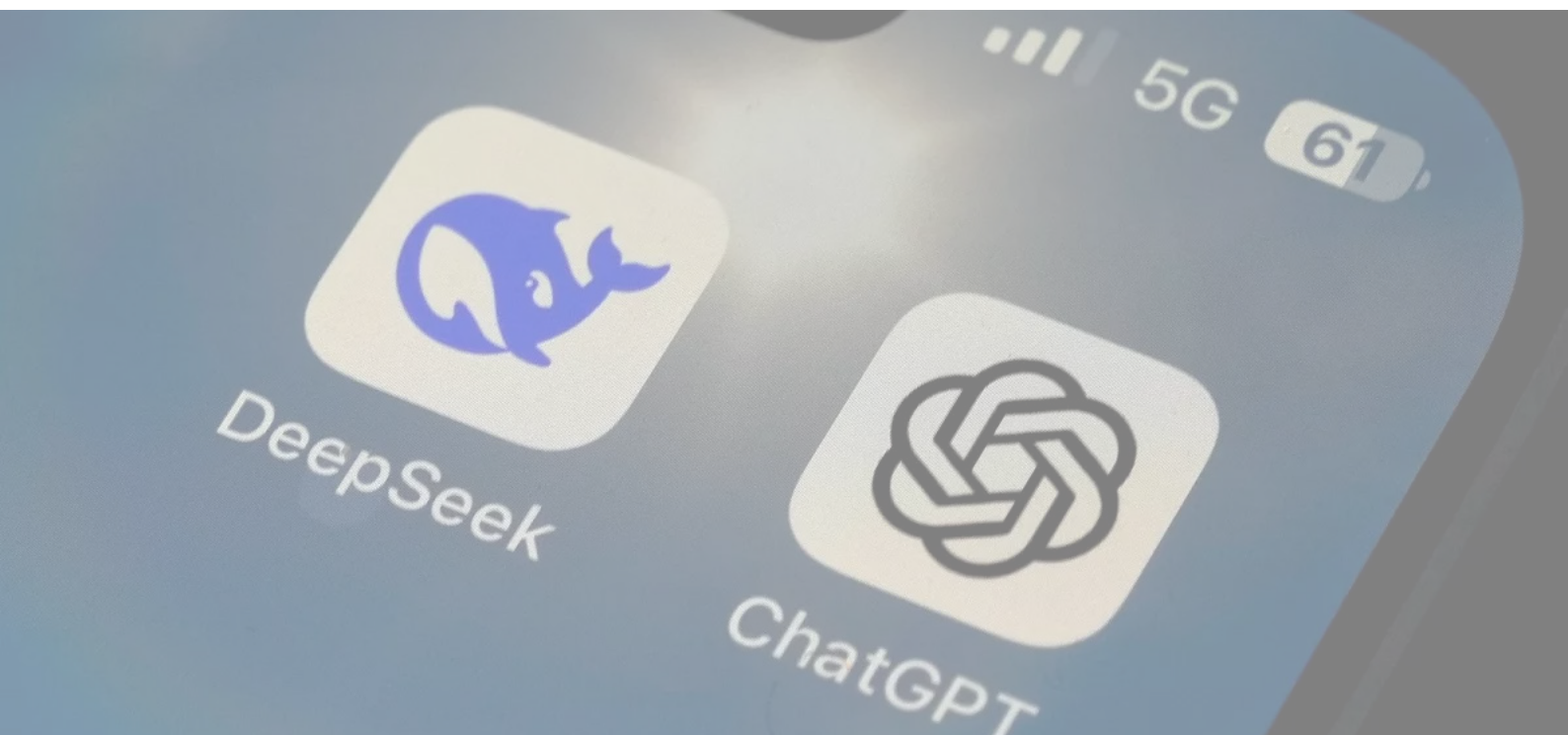
Esse modelo permite que empresas acumulem capital em setores antes inacessíveis. Por exemplo: fabricantes de elevadores agora lucram com serviços de manutenção, um mercado antes dominado por terceiros; montadoras de veículos transformam-se em provedoras de mobilidade como serviço, concorrendo com transportadoras e apps de ride-sharing. Cada bem durável se transforma em um ativo que gera fluxo contínuo de receita. A valorização do produto não termina com a compra; ela se estende ao longo de toda a vida útil do produto, criando um ciclo de dependência que beneficia as empresas. O que anteriormente era um simples ato de consumo agora se torna uma interação complexa, onde a empresa mantém um vínculo constante com o usuário, permitindo uma extração contínua de valor.

Ao capitalizar dados e controlar a infraestrutura digital, as corporações capturam parcelas maiores da cadeia de valor. Ao mesmo tempo, centralizam o capital ao eliminar ou abarcar em suas próprias estruturas setores antes ligados a manutenção e suporte. A Indústria 4.0, assim, não é apenas uma revolução técnica – é uma reconfiguração do capitalismo, centralizando o capital em setores subsidiários que, anteriormente, eram dispersos e pulverizados.





4.2) As novas ferramentas de inteligência artificial: CHATGPT, DEEPSEEK etc.



Antes de nos aprofundarmos nas consequências da inteligência artificial nas transformações em curso, cabe alguns comentários sobre a natureza específica dessa tecnologia.

A criação do algoritmo que possibilitou o desenvolvimento de inteligências artificiais, como o ChatGPT, baseou-se em técnicas de aprendizado de máquina, especialmente em redes neurais e modelos de linguagem de grande escala. Esses algoritmos são treinados em vastos conjuntos de dados, que incluem textos, códigos, imagens e outras informações preexistentes, permitindo que a IA reproduza padrões, estilos e conhecimentos já consolidados. No entanto, essa abordagem tem uma limitação fundamental: o algoritmo não é capaz de criar algo genuinamente novo, pois seu funcionamento depende da replicação e recombinação do que foi aprendido durante o treinamento. Em outras palavras, a IA pode imitar, adaptar e até otimizar ideias existentes, mas não possui a capacidade de inovar de forma autônoma, como faria uma mente humana ao conceber um conceito totalmente original.





Essa característica faz com que a IA seja especialmente eficaz em tarefas que envolvem a reprodução ou aprimoramento de conhecimentos já estabelecidos, como tradução, redação técnica ou geração de código baseado em padrões e técnicas conhecidas. Por outro lado, atividades que demandam criatividade disruptiva, como a criação de uma nova teoria científica ou uma obra de arte verdadeiramente inovadora, não podem ser produzidos por inteligência artificial. A IA, portanto, pode acelerar processos e oferecer soluções eficientes, mas sua “criatividade” está sempre vinculada ao que já foi feito e assimilado durante seu treinamento, sem a capacidade de transcender esses limites por conta própria.

No campo de trabalhos altamente qualificados, como engenharia, design ou análise jurídica, a IA tem o potencial de substituir ou aumentar significativamente a produtividade do trabalho, especialmente em tarefas que seguem metodologias consolidadas. Por exemplo, engenheiros podem usar ferramentas de IA para simular projetos estruturais com base em normas preexistentes, acelerando cálculos e identificando soluções otimizadas. Designers podem recorrer a algoritmos para gerar layouts ou protótipos a partir de estilos já conhecidos, reduzindo o tempo gasto em etapas repetitivas. Em áreas como o direito, a IA pode analisar jurisprudência e sugerir argumentos com base em casos anteriores, liberando os profissionais para focar em estratégias mais complexas.

A produtividade, assim, se eleva porque a IA automatiza processos que antes eram demorados, de tal modo que o papel do profissional qualificado se limita a sua capacidade de julgar, adaptar e integrar essas ferramentas a demandas mais complexas. A IA tem o potencial de redução do tempo de trabalho, eliminando justamente as tarefas intelectuais repetitivas. No entanto, no modo de produção capitalista, isto não significa um trabalho menos massante e intelectualmente proveitoso, mas a elevação da intensidade de trabalho por parte daqueles que permanecem no mercado de trabalho e a exclusão desse mercado da maior parte dos trabalhadores.

Algumas áreas tendem a ser praticamente extintas, enquanto outras tendem a receber um significativo impacto. Com uma novidade. A IA atinge em cheio os trabalhos técnicos de maior qualificação.

Segundo o estudo da OpenAI, **“GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models”**, a exposição ocupacional a modelos de linguagem avançados (LLMs), como o ChatGPT, é significativamente maior do que indicavam estimativas anteriores. Enquanto pesquisas prévias sugeriam que apenas 3% da força de trabalho em economias desenvolvidas (como os EUA) teriam metade ou mais de suas tarefas automatizáveis por IA, a análise da OpenAI aponta que aproximadamente 19% dos trabalhadores enfrentariam impacto em pelo menos 50% de suas atividades. A pesquisa indica que aproximadamente 80% da força de trabalho dos Estados Unidos pode ter pelo menos 10% de suas ta-





refas de trabalho afetadas pela introdução de GPTs. Segundo a pesquisa, seria raro imaginar uma ocupação para a qual as ferramentas de IA não pudessem executar total ou parcialmente uma tarefa (ELOUNDOU, et. al., p. 5. 2023).

Apresentamos, a seguir, uma tabela desse estudo que aborda as atividades mais afetadas:

Grupo	Ocupações com elevada exposição a IA	% Exposição
Human α	Intérpretes e Tradutores	76,5
	Pesquisadores de opinião pública	75
	Poetas, Letristas e Escritores Criativos	68,8
	Zootecnistas	66,7
	Especialistas em Relações Públicas	66
Human β	Pesquisadores de opinião pública	84,4
	Escritores e autores	82,5
	Intérpretes e tradutores	82,4
	Especialistas em relações públicas	80,6
	Zootecnistas	77,8
Human ζ	Matemáticos	100
	Contadores	100
	Analistas quantitativos financeiros	100
	Escritores e autores	100
	Designers de interfaces digitais e web	100
Model α	Matemáticos	100
	Engenheiros de Blockchain	97,1
	Repórteres Judiciais e Legendadores Simultâneos	96,4
	Revisores e Marcadores de Texto	95,5
	Escriturários de Correspondência	95,2
Model ζ	Contadores e Auditores	100
	Analistas de Notícias, Repórteres e Jornalistas	100
	Secretários Jurídicos e Assistentes Administrativos	100
	Gestores de Dados Clínicos	100
	Analistas de Políticas de Mudança Climática	100
Alta variação	Estrategistas de Marketing de Busca	14,5
	Designers Gráficos	13,4
	Gestores de Fundos de Investimento	13
	Gerentes Financeiros	13
	Avaliadores de Seguros	12,6

Segue-se que a lista de ocupações com maior exposição à inteligência artificial inclui:

- **Carreiras tecnológicas**, como especialistas em blockchain;
- **Profissões de análise de dados**, como matemáticos, analistas financeiros, contadores e consultores tributários;
- **Áreas de comunicação e criação**, como redatores, profissionais de RP, tradutores e compositores.





O estudo de Eloundou e colaboradores (2023, p. 14-15) revela um padrão interessante sobre a exposição de trabalhadores a sistemas de IA generativa (como os baseados em GPT):

- Profissionais com formação superior (bacharéis, mestres) ou técnico-profissional são os mais expostos a esse tipo de tecnologia no trabalho.
- Trabalhadores com educação universitária incompleta (nos padrões dos EUA: some college, no degree) também apresentam alta exposição, muitas vezes comparável à dos diplomados.
- Ocupações que não exigem credenciais educacionais formais são as menos afetadas por essas ferramentas.

Essa distribuição ocorre porque as funções que demandam habilidades cognitivas (análise de textos, síntese de informações, redação técnica) – típicas de cargos que exigem ou valorizam formação educacional – são justamente as mais suscetíveis à automação via IA generativa. Enquanto isso, profissões que requerem ensino médio, cursos técnicos ou treinamento prático – como cozinheiros, eletricitas, barbeiros e auxiliares de saúde –, ao exigirem atividades manuais ou que requerem interação presencial tendem a ser menos impactadas, ao menos no curto prazo.

4.3) As alterações na matriz energética: alterações climáticas?

Nesse contexto gostaríamos de agregar um pequeno adendo a outro aspecto fortemente relacionado com a revolução tecnológica em curso, mas comumente travestido do discurso das alterações climáticas, do aquecimento global etc. Trata-se da transição energética.

Atualmente, a mudança energética que estamos vivenciando não é meramente uma busca por fontes limpas de energia, mas sim uma transformação profunda que está intimamente ligada à digitalização e à reestruturação das mercadorias. Nesse contexto, a tecnologia não apenas redefine a forma como consumimos energia, mas também como as mercadorias são produzidas, distribuídas e utilizadas. Por exemplo, os veículos elétricos, como já abordamos, está intimamente ligado à novas oportunidades de lucro para as empresas, que vendem agora não apenas o produto, mas os serviços a eles relacionados.

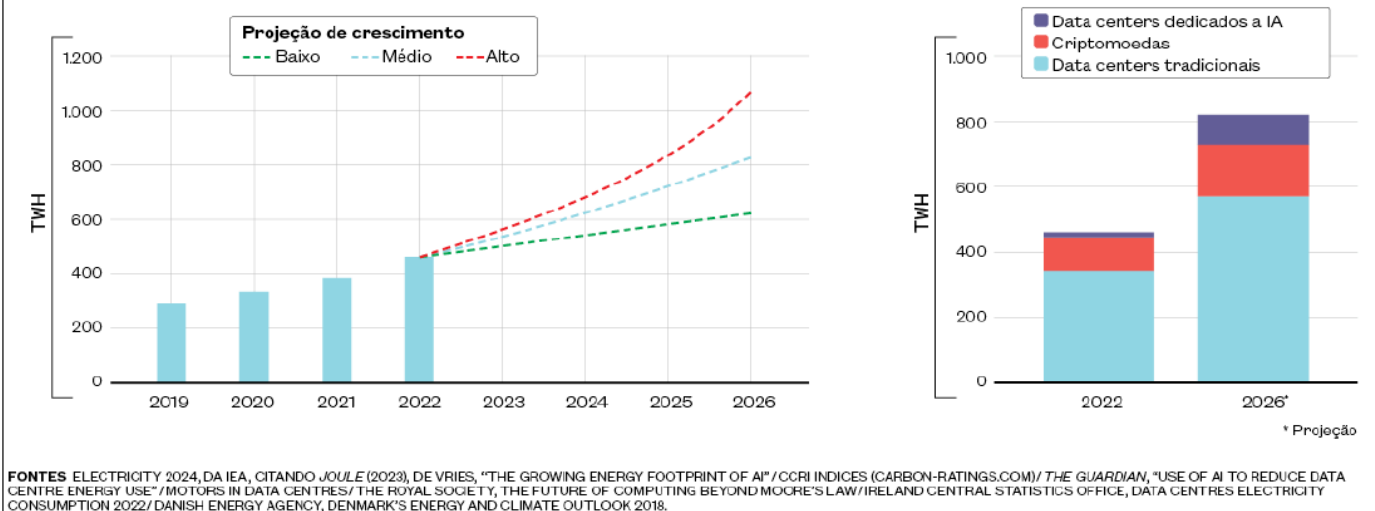




Não apenas isso. Essas novas tecnologias, a inteligência artificial em primeiro lugar, demandam um custo elevadíssimo em termos de energia. Ao contrário da imagem etérea de que softwares são “imateriais”, sistemas de inteligência artificial e big data consomem quantidades massivas de energia. Treinar um único modelo avançado de IA pode demandar mais eletricidade do que cidades inteiras, com data centers que operam 24/7, exigindo não apenas energia constante, mas também infraestrutura de resfriamento complexa. Nos EUA, a escalada dessa demanda tem levado gigantes da tecnologia a buscar fontes controversas: a Microsoft, por exemplo, vem investindo em usinas nucleares para alimentar seus servidores, enquanto a Amazon e o Google disputam licitações por energia de base estável – muitas vezes recorrendo a combustíveis fósseis quando as renováveis não são suficientes. A ironia é evidente: a mesma indústria que vende a narrativa de “sustentabilidade digital” depende de uma matriz energética que ainda não se livrou do carbono.

Consumo de eletricidade em alta

Demanda de data centers, IA e criptomoedas não para de crescer, segundo Agência Internacional de Energia



Enquanto os EUA tentam equilibrar IA e energia nuclear, a China avança na produção em larga escala de painéis solares e baterias de lítio, posicionando-se como líder na transição energética – não por altruísmo climático, mas por uma estratégia capitalista de dominação no interior da divisão internacional do trabalho. O país domina mais de 80% da cadeia global de energia solar, tornando-se fornecedor essencial para a infraestrutura digital mundial. No entanto, essa suposta “revolução verde” esconde contradições: a fabricação desses painéis ainda depende de carvão em regiões como Xinjiang, e a mineração de lítio para baterias devasta ecossistemas na América do Sul. A transição energética, portanto, não é movida por preocupações ambientais, mas por uma corrida por soberania tecnológica – onde energia limpa é, antes de tudo, um recurso estratégico.





A narrativa dominante insiste em vincular a transição energética exclusivamente à emergência climática, omitindo que seu motor real é a necessidade capitalista de garantir energia barata e abundante para indústrias intensivas, como a de IA. O resultado é uma falsa dicotomia: fala-se em salvar o planeta enquanto se reproduz a lógica extrativista, agora com novas roupagens. A crise climática, nesse contexto, serve mais como justificativa para novos monopólios energéticos do que como motivação genuína para mudança.

Os dados da Agência Internacional de Energia (AIE) revelam um cenário preocupante sobre o consumo energético dos data centers globais. Em 2022, existiam cerca de 8 mil desses centros de processamento distribuídos pelo mundo, com concentração expressiva nos EUA (33%), Europa (16%) e China (10%). Juntos, eles consumiram impressionantes 460 Terawatts-hora (TWh) de energia - equivalente a quase 2% de toda a demanda global.

As projeções para 2026 são ainda mais alarmantes. A AIE estima que o consumo poderá saltar para 800 TWh na média, podendo alcançar 1.050 TWh no pior cenário ou se estabilizar em 620 TWh numa perspectiva mais otimista. Isso representa um aumento que varia entre 34,8% e impressionantes 128,3% em apenas quatro anos. Esses avanços do consumo de energia, no futuro, ainda são incertos, pois dependem também da eficiência e possíveis melhores nos processadores e demais dispositivos que constituem esses processadores gigantescos.

Apesar de a revolução tecnológica reduzir o consumo de materiais como papel, plástico e outros insumos físicos – graças à digitalização de produtos e serviços –, ela cria uma demanda explosiva por energia. Livros, filmes, músicas e até transações bancárias migraram para o mundo digital, mas essa aparente “economia” esconde um custo oculto: os data centers, redes de comunicação e dispositivos eletrônicos consomem quantidades massivas de eletricidade, muitas vezes gerada por fontes poluentes. O que se poupa em celulose ou acrílico se perde em combustíveis fósseis e mineração de metais raros, mostrando que a digitalização não é tão “limpa” quanto parece.

Tecnologias como inteligência artificial e criptomoedas estão criando uma crise energética sem precedentes. Um único treinamento de modelo de IA avançada pode consumir mais eletricidade que 100 casas em um ano inteiro, e a mineração de Bitcoin sozinha já ultrapassa o consumo energético de países como a Argentina. Os data centers que sustentam nossa nuvem, streaming e finanças digitais demandam usinas inteiras dedicadas apenas a alimentá-los - muitas vezes queimando carvão sob o disfarce de “energia limpa”.

Torna-se evidente, então, que se abre uma nova disputa no setor de energia, o que envolve a matriz energética, as novas fontes de energia e uma disputa global pelos recursos disponíveis. Principalmente porque, a inteligência artificial e a automação estão substituindo trabalhadores em diversos setores, aumentando o peso de





máquinas, softwares e infraestrutura (capital fixo) em relação ao trabalho humano (capital variável). Essa tendência, como demonstrou Marx, tende a reduzir a lucratividade no longo prazo, já que o lucro vem da exploração do trabalho, não das máquinas. Para compensar essa queda, as empresas buscam crescer – monopolizando mercados, engolindo concorrentes e expandindo-se para novos setores. A centralização do capital se torna não só uma estratégia possível, mas uma necessidade: se o lucro por unidade produzida cai, só resta vender em massa e dominar o mercado. A IA, portanto, não é apenas uma ferramenta de eficiência, mas um motor de concentração, centralização de riqueza e poder, o que é hoje manifesto nas grandes Bigtechs que conformam os maiores monopólios que o capitalismo já viu.

4.4) As alterações na matriz minerária: minérios de terras raras

Em verdade, o novo cenário, como temos desenvolvido, impacta não apenas os setores diretamente ligados às novas tecnologias, mas se entrelaça a todos os demais. Atinge de modo significativo a necessidade de produção energética e, até mesmo, o setor extrativo, alterando substancialmente o mapa da exploração de recursos naturais no planeta.

A atual revolução tecnológica está redefinindo radicalmente a matriz de produção mineral global, com destaque para a ascensão estratégica dos minérios de terras raras – um grupo de 17 elementos químicos (como neodímio, disprósio e ítrio) essenciais para tecnologias avançadas. Diferentemente de minérios tradicionais (ferro, cobre), essas matérias-primas são cruciais para a transição energética e a indústria 4.0, sendo utilizadas em ímãs permanentes de alta eficiência (motores de carros elétricos e turbinas eólicas), telas de smartphones, lasers e sistemas de defesa. Sua extração, porém, é complexa: exigem processos de separação sofisticados (como troca iônica e solventes orgânicos) devido à sua baixa concentração na natureza e à similaridade entre seus elementos químicos.

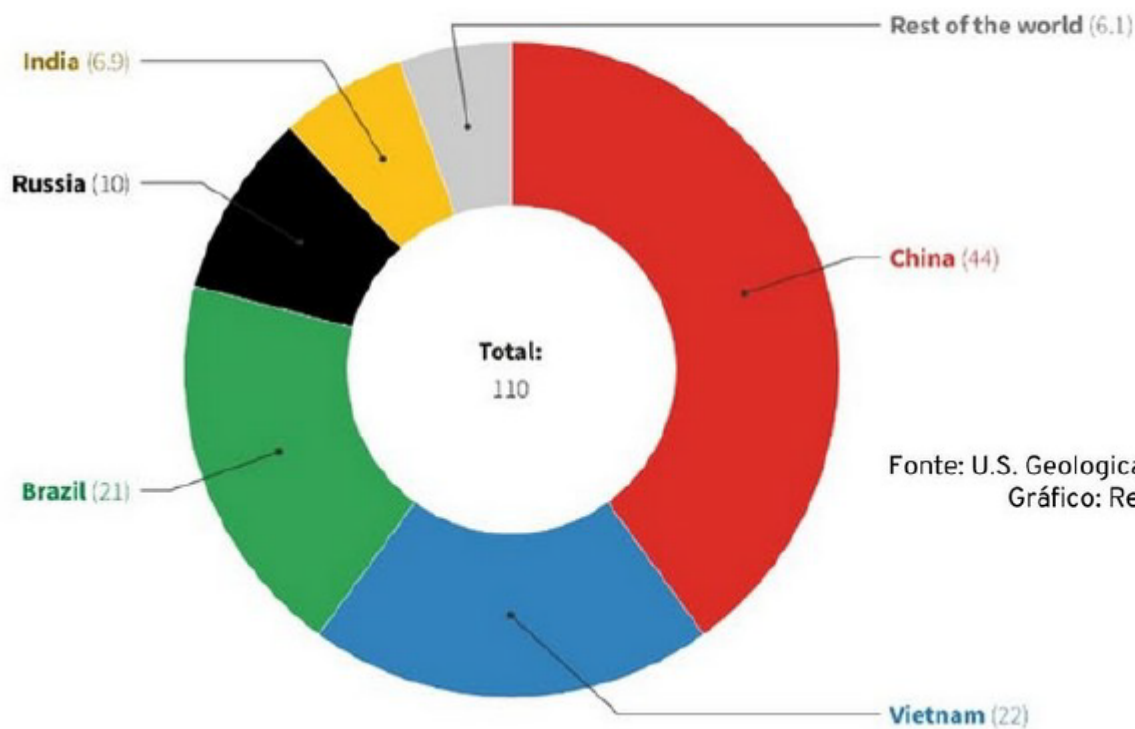
O papel do Brasil na divisão internacional do trabalho é sintomático nesse caso. O país possui uma das maiores reservas de terras raras do mundo, no entanto, praticamente inexplorado.





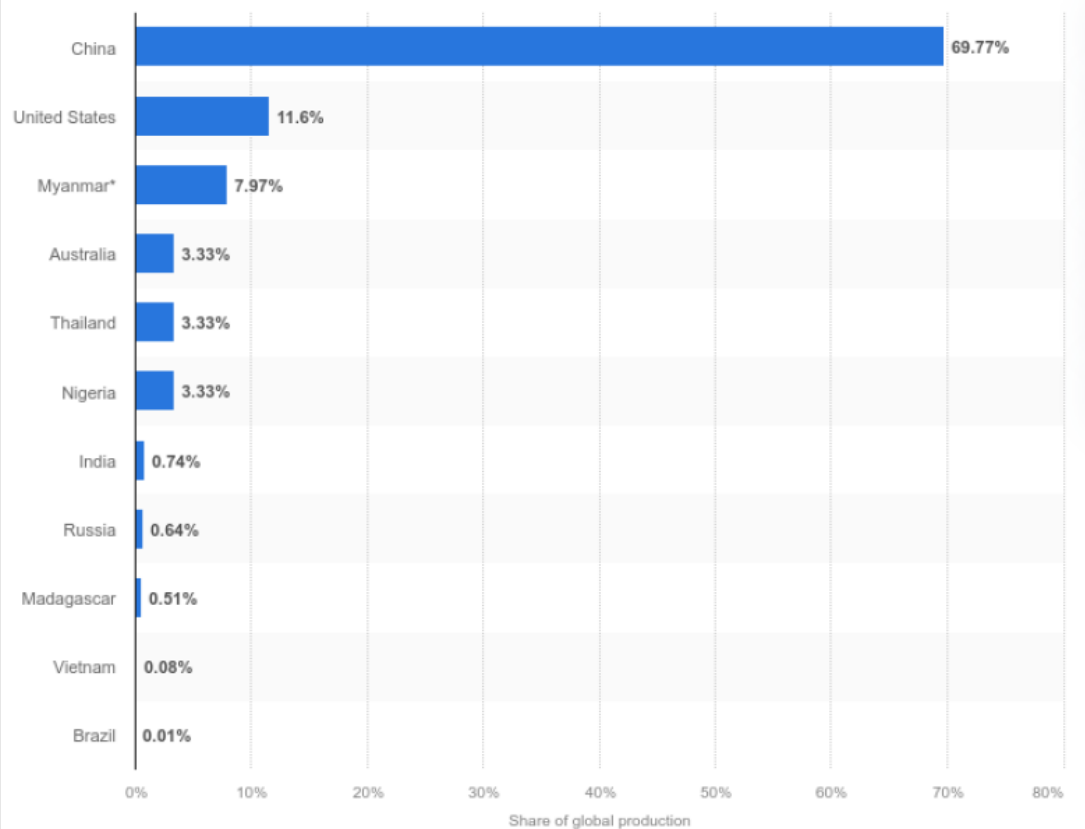
Depósitos globais de terras raras

estimativas, em milhões de toneladas de
equivalentes de óxidos de terras raras



Fonte: U.S. Geological Survey, 2024
Gráfico: Reuters

% por país na extração de minerais de terras raras



Fonte: statistics.com





A dificuldade é que o domínio dessa cadeia produtiva requer não apenas reservas minerais, mas tecnologias de refino e transformação avançadas. Atualmente, a China controla cerca de 80% do refino global, combinando vantagens geológicas com investimentos em pesquisa e desenvolvimento (ex.: técnicas de separação por solventes mais eficientes). Países como EUA e Austrália tentam reduzir essa dependência, investindo em minas alternativas (como a de Mountain Pass, nos EUA) e métodos inovadores, como reciclagem de resíduos eletrônicos e biomineração (uso de microrganismos para extração). As consequências ambientais são críticas nesses casos, pois o processamento tradicional gera resíduos radioativos (tório e urânio) e consome grandes volumes de água e, também, de energia.

A demanda por terras raras deve crescer 300-500% até 2050, impulsionada por energias renováveis e eletrônicos. Essa dependência criou uma nova fronteira de conflitos geopolíticos, com países ocidentais acelerando parcerias (como a UE com a Groenlândia) e desenvolvendo tecnologias substitutivas (ex.: ímãs sem disprósio). Paralelamente, já temos o desenvolvimento chamado de mineração 4.0 – com uso de IA para prospecção, robótica em minas subterrâneas e blockchain para rastreamento ético – que promete revolucionar o setor.





5. Possíveis Impactos da Indústria 4.0 para a Classe Trabalhadora

É preciso, portanto, distinguir o que é propaganda e realidade na assim chamada Indústria 4.0. Os textos que abordam o tema falam constantemente em máquinas, tecnologias e homens trabalhando lado a lado em sintonia, com maior flexibilidade e qualificação dos trabalhadores envolvidos. A realidade, contudo, das empresas que possuem atualmente os mais sofisticados sistemas tecnológicos é bem diversa. A modularização e a automação são uma realidade, mas, no máximo, contribuem no sentido de uma maior interação entre gestores e técnicos especializados, universalizando um trabalho ainda mais repetitivo, tecnicamente sem qualificação e passível de ser substituído. Esta constante no desenvolvimento do capitalismo que a Indústria 4.0 nada mais faz do que intensificar, todavia, vem sendo acompanhada de transformações de relevo nos aspectos quantitativos da divisão social do trabalho.

Nos itens que se seque, indicamos algumas dessas transformações que já podem ser verificadas em cada sistemas produtivos. Deixamos claro que cada um desses itens demandando estudos a parte e com maior profundidade. Nesse tópico, não fazemos nada além de indicar certos aspectos evidentes presentes em cada um desses setores.

5.1) Transformações na Indústria

Como já foi introduzido, ao tratar da Hyundai, no interior das fábricas, a aplicação dessas tecnologias tem inaugurado o surgimento das assim chamadas “fábricas inteligentes” monitoradas por sistemas ciberfísicos que fazem uma cópia virtual da realidade e, assim, tomam decisões descentralizadas

A implantação dos novos sistemas tecnológicos nas manufaturas promove uma drástica redução da massa trabalhista necessária para a produção, ao mesmo tempo em que simplifica as tarefas operacionais. Como a própria Hyundai admite, essa transformação diminui a “dependência dos trabalhadores”, substituindo postos





qualificados por funções descartáveis, marcadas por alta rotatividade e crescente precarização. Na linha de montagem, esse fenômeno é particularmente visível: a chegada de módulos pré-montados e sistemas automatizados reduz em até 60% a necessidade de mão-de-obra direta, conforme estudos do MIT (2019).

Paradoxalmente, enquanto a automação dispersa trabalhadores, ela concentra fisicamente a produção. A Indústria 4.0 exige a integração espacial de fornecedores e unidades produtivas em complexos industriais únicos, onde todos os elos da cadeia operam sob um mesmo sistema automatizado. Essa configuração reverte a tendência de fragmentação produtiva das últimas décadas, abrindo caminho para uma verticalização inédita. Grandes corporações agora buscam reabsorver atividades terceirizadas - como demonstra a Boeing, que em 2018 anunciou planos de internalizar a produção de componentes antes terceirizados, justificando a medida como necessária para “garantir padrões de qualidade e ritmo produtivo”. Na prática, trata-se de uma nova fase de centralização de capital, onde os ganhos de produtividade da automação permitem controlar cadeias inteiras que antes eram externalizadas.

A Indústria 4.0 também acelera a “servitização” - processo pelo quais produtos industriais complexos deixam de ser vendidos diretamente ao consumidor final, transformando-se em serviços. Essa tendência, exemplificada por empresas como a Uber (no setor de mobilidade) e pela Rolls-Royce (que vende “horas de voo” de motores aeronáuticos em vez dos motores físicos), representa uma mudança radical no modelo de acumulação. As fabricantes passam a atuar como prestadoras de serviços, monetizando não apenas a produção material, mas todo o ciclo de uso do produto via plataformas digitais.

Essa tripla transformação - precarização do trabalho, verticalização produtiva e servitização - reconfigura profundamente a indústria:

- **Trabalho:** Substituição de empregos estáveis por funções temporárias e terceirizadas
- **Cadeias produtivas:** Reinternalização de atividades estratégicas por grandes corporações
- **Mercado:** Migração do valor econômico da venda de produtos para o controle de plataformas de serviços

O caso da Boeing ilustra como essa dinâmica consolida o poder dos grandes capitais: ao verticalizar a produção, a empresa não apenas aumenta seu controle sobre a cadeia, mas também captura parcelas maiores do valor agregado, marginalizando fornecedores menores. A servitização, por sua vez, permite que essas corporações extraiam receitas recorrentes de bens que antes tinham venda única. O resultado é um cenário onde a Indústria 4.0 aprofunda tanto a centralização de capital, conformando grandes monopólios, quanto a precarização laboral.





5.2) Transformações no Comércio

Poucos setores foram tão radicalmente transformados pelos avanços da automação e da digitalização quanto o comércio. A Indústria 4.0, com sua capacidade de processar grandes volumes de dados (*big data*) e monitorar em tempo real o comportamento dos consumidores, está redefinindo por completo as regras do jogo. Gigantes como a Amazon exemplificam essa mudança: ao combinar algoritmos de recomendação, sistemas logísticos automatizados e plataformas digitais, essas empresas conseguem concentrar uma parcela crescente do mercado - um fenômeno impressionante quando se considera que, historicamente, o comércio foi o setor mais resistente à centralização de capital.

Tradicionalmente, o comércio varejista dependia de uma rede física descentralizada, com lojas próximas aos consumidores. Essa necessidade impunha limites naturais à expansão das empresas: administrar milhares de pontos de venda era caro e complexo, permitindo a coexistência de pequenos e médios negócios com grandes redes. A Indústria 4.0 quebrou essa lógica. Plataformas de e-commerce, integradas a sistemas de entrega como a Uber Eats ou a própria Amazon Logistics, eliminam a necessidade de presença física generalizada. O resultado é um salto inédito na centralização: hoje, uma única empresa pode dominar parcelas massivas do mercado sem precisar operar lojas em cada bairro ou cidade.

O verdadeiro motor dessa transformação é o big data. Ao rastrear cada clique, preferência e hábito de consumo, as plataformas digitais conseguem:

- **Antecipar demandas** com precisão assustadora
- **Personalizar ofertas** em escala individual
- **Otimizar estoques e entregas** de forma global

Essa vantagem competitiva é insuperável para pequenos comerciantes, que não têm acesso a esses recursos tecnológicos. O caso da Amazon é emblemático: a empresa não apenas vende produtos, mas controla toda a cadeia, desde a recomendação algorítmica até a entrega final - um nível de integração que redefine o próprio conceito de comércio.





Os números mostram a dimensão dessa mudança: em 2022, apenas 10 empresas controlavam 60% do mercado global de e-commerce, a Amazon sozinha representa mais de 37,6%% do comércio online nos EUA e pequenos varejistas enfrentam taxas de até 30% para aparecerem nas plataformas dominantes.

Esse cenário cria um paradoxo: a mesma tecnologia que democratizou o acesso ao mercado (qualquer um pode vender online) acabou por concentrá-lo em poucas mãos. A Indústria 4.0 não apenas transformou o comércio - ela está recriando-o sob uma lógica onde dados e infraestrutura digital são as novas moedas de troca, e onde a centralização atinge níveis jamais vistos no setor que antes era o último reducto do pequeno capital.

5.3) O salário por peça ou por serviço prestado

Uma das modalidades de trabalho que se generaliza nesse novo contexto marcado pela assim chamada Revolução Industrial 4.0 é a modalidade de salário por peça. Esta modalidade de salário tem ares de empreendedorismo.

O tema é tratado por Marx com detalhes no Livro I de O Capital. No salário por peça o pagamento parece não ser medido em função do trabalho efetivamente realizado, já que é pago em função do número de peças produzidas ou pelo serviço diretamente oferecido. Muitas vezes, com meios de produção em posse do próprio trabalhador. Por esse motivo, essa modalidade de pagamento aparece como “empreendedorismo” para os trabalhadores porque mascara a relação de exploração sob uma falsa autonomia. Quando o pagamento está atrelado à produção individual (seja de entregas, produtos, vídeos ou serviços), cria-se a impressão de que o trabalhador é um “microempresário” – dono de seus meios (como um carro, um celular ou uma câmera) e gestor de seu próprio tempo.

No entanto, essa aparente liberdade esconde a dependência estrutural: o trabalhador não controla as regras da plataforma, os preços dos serviços, os algoritmos de distribuição ou a demanda. Seus “meios de produção” só têm valor quando vinculados a uma empresa capitalista que os monetiza, transformando-o não em um patrão, mas em um proletário disfarçado de autônomo. A narrativa do empreendedorismo, portanto, serve para transferir riscos e custos (combustível, manutenção, equipamentos) para o trabalhador, enquanto o capital concentra os lucros.





Apesar de ser pago por peça, Marx explica não se tratar de um trabalhador-capitalista. Nesse caso, o produtor depende, como qualquer outro trabalhador, da empresa para a qual vende diretamente seus produtos ou serviços. Apesar de parecer ser o proprietário de seus próprios meios de produção, tais instrumentos apenas atuam como meios de produção quando vinculados a uma dada empresa capitalista. Em verdade, seus custos apenas são terceirizados para o trabalhador. Misticamente, o trabalhador pode ser o proprietário do instrumento, da ferramenta, da máquina, mas não é proprietário dos meios de produção, pois tal instrumento, ferramenta ou máquina apenas se convertem em meio de produção por mediação do capital a que este trabalhador se vincula e depende.

Longe de ser uma exceção à regra, o trabalho por peça é a forma mais adequada ao capitalismo. O trabalho por peça possibilita controlar a qualidade do produto, de modo que o trabalhador não será pago se o produto que fornece não possuir qualidade média. Além disso, proporciona ao capitalista uma medida inteiramente determinada para a intensidade do trabalho. Ou seja, o trabalhador é pago diretamente em função de sua produtividade. Some-se a isso que são deslocados para os trabalhadores os custos com os meios de produção e possíveis prejuízos oriundos deles, além de se reduzir os custos de supervisão¹. Se a forma dominante pela qual o salário é pago não é sempre por peça, é porque, em muitos casos, o trabalhador necessita se vincular espacialmente a uma máquina automática, por meio da cooperação de múltiplos trabalhadores.

No capitalismo, as duas formas de salário (por peça e por tempo) coexistem lado a lado. As características do salário por peça são as seguintes:

- a qualidade do trabalho é aqui controlada mediante o próprio produto, que tem de possuir qualidade média.
- o salário por peça proporciona ao capitalista uma medida inteiramente determinada para a intensidade do trabalho. Ou seja, é pago diretamente em função da produtividade.

A lógica do salário por peça domina setores cada vez mais amplos da economia:

- **Transporte e entregas:** Uber, 99, Lyft (pagamento por corrida), iFood, Rappi (pagamento por entrega)





- **Conteúdo digital:** Youtubers (remuneração por visualização), TikTokers (pagamento por views), escritores da Amazon Kindle (royalties por venda)
- **Microtarefas:** Trabalhadores da Appen, Clickworker (pagamento por tarefa concluída), tradutores do Fiverr (por projeto)
- **Serviços profissionais:** Designers no 99designs (pagamento por projeto), programadores no Upwork (por hora/tarefa)
- **Vendas diretas:** Vendedores da Shopee, Mercado Livre (comissão por venda), afiliados de cursos digitais
- **Economia dos cuidados:** Cuidadoras de idosos por aplicativo (pagamento por visita), diaristas da GetNinjas
- **Indústria criativa:** Músicos no Spotify (royalties por stream), fotógrafos no Shutterstock (por download)
- **Agricultura digital:** Motoristas de trator por aplicativo (pagamento por hectare cultivado)

Em todos esses casos, o trabalhador é pago apenas pelo “produto final” aprovado (uma entrega, um vídeo viral, uma tradução), enquanto assume todos os custos intermediários (equipamentos, saúde, treinamento, energia, espaço). A peça substitui a hora de trabalho, mas a exploração permanece, pois o serviço ou a peça vendida é apenas uma fração do que o trabalhador produziu, seu trabalho necessário contraposto ao trabalho excedente, ou mais-valia, apropriada pela empresa. Apesar disso, tal modalidade que, pelo sua própria natureza coage o trabalhador a trabalhar o máximo possível, vem à tona com a cortina de fumaça da “flexibilidade” e do “empreendedorismo individual”.





5.4) Transformações nos Transportes: Uber, Lyft e Didi etc.

O setor de transportes vive uma transformação radical com a Indústria 4.0, onde carros autônomos e sistemas centralizados de big data prometem redefinir completamente a mobilidade. Mas as mudanças mais profundas já estão acontecendo hoje – e seu principal símbolo é a ascensão das plataformas digitais como Uber, Lyft e Didi, que estão demolindo o modelo tradicional de táxi e reescrevendo as relações de trabalho.

No sistema antigo, os taxistas eram pequenos burgueses precarizados: donos de seus carros e licenças, atuando de forma relativamente autônoma. As plataformas destruíram esse modelo, convertendo esses trabalhadores em assalariados por peça – agora dependentes de algoritmos que controlam preços, rotas e até suas avaliações. O “microempreendedor” do volante na verdade é um trabalhador superexplorado:

1. Paga seu próprio carro, combustível e manutenção
2. Não tem direito a salário fixo ou benefícios
3. É pago por corrida (peça), com a plataforma ficando até 40% do valor
4. Pode ser “desligado” do sistema a qualquer momento por IA

Enquanto o modelo de táxi era fragmentado (com milhares de proprietários individuais), as plataformas criaram monopólios globais em menos de uma década:

- Uber opera em 72 países
- Didi controla 90% do mercado chinês
- Lyft domina 30% dos EUA

Essas empresas não fornecem transporte – vendem acesso a um sistema onde:

- Os trabalhadores bancam os custos dos meios de produção (carros)
- Os algoritmos definem quem trabalha e quanto ganha
- O lucro se concentra em poucas mãos na Califórnia ou Shenzhen





Com os carros autônomos, a próxima etapa será a eliminação total do trabalhador humano. A Waymo (Google) e a Tesla já testam frotas sem motoristas em 12 cidades – quando essa tecnologia amadurecer, até os “uberizados” serão descartados, completando a transição de um setor que já pulou da pequena burguesia para o proletariado digital, e em breve saltará para a automação total.

Agregamos que o grau de exploração da força de trabalho e a simplificação do mesmo tem levado a remunerações e condições de trabalho tão instáveis em outros setores que muitos trabalhadores estão optando, voluntariamente, em migrarem para o trabalho em plataformas.

5.5) Transformações na Comunicação: Facebook, Youtube, TikTok etc.

O setor de comunicação vive uma transformação radical com o domínio das plataformas digitais, onde empresas como Meta (Facebook) e YouTube não apenas competem com a mídia tradicional, mas redefinem as próprias bases da produção e capitalização do conteúdo produzido. Enquanto redes de televisão e jornais lutam para sobreviver, 78% dos gastos com publicidade digital já migraram para plataformas sociais. Essa mudança não significa o fim da mídia tradicional, mas sua marginalização. Jornais impressos agora respondem por menos de 5% do consumo de notícias entre menores de 30 anos (Reuters Institute, 2023), ao mesmo tempo que as grandes emissoras adaptam seu conteúdo para formatos de TikTok e Reels.

No entanto, a grande ilusão é a ideia de democratização da informação, a ilusão de que “qualquer um pode ser criador”, esconde-se uma brutal concentração:

1. 95% da receita do YouTube vai para apenas 3% dos criadores (Forbes, 2023)
2. O “salário por peça digital” paga por view (é em torno de 0,25 a 4,50 dólares por mil visualizações) força produtores a uma linha de montagem de conteúdo
3. Criadores precisam investir em câmeras, edição e anúncios - os “meios de produção” que bancam para enriquecer as plataformas





Some-se a isso que os algoritmos das plataformas digitais possuem um poder significativo de influência na opinião pública, uma vez que determinam quais conteúdos ganham visibilidade, com critérios obscuros. Priorizam temas que geram engajamento rápido - como polêmicas, emoções fortes ou temas viralizáveis - e atendem aos interesses de anunciantes. Essa dinâmica permite que as plataformas interfiram em debates políticos e ideológicos ao amplificar certas narrativas em detrimento de outras. Longe de acentuar as liberdades individuais, o que temos é a constante adequação de todos trabalhadores dessas plataformas a uma lógica férrea, intensa e predeterminada pelas plataformas. Dentre outras situações, temos:

- **Jornalistas independentes:** Ganham por cliques no Substack, competindo com máquinas de AI como Bard
- **Podcasters:** Recebem migalhas por stream no Spotify (US\$0,003 por play)
- **Tiktokers:** Precisam postar 5-10 vídeos diários para ter chance no algoritmo
- **Redatores freelancers:** Vendem artigos por US\$5 no Fiverr

5.6) Transformações nos Serviços: Educação e Saúde

A Indústria 4.0 está transformando radicalmente o setor de serviços, com impactos profundos nos trabalhadores e na estrutura dessas atividades. Dois dos maiores setores - educação e saúde - ilustram essa mudança, ainda que em ritmos distintos:

A universalização do ensino remoto, acelerada pela pandemia, permite que instituições concentrem suas operações em poucos polos, atendendo alunos em todo o país - ou mesmo globalmente. Isso reduz drasticamente a necessidade de professores presenciais, substituindo-os por:

1. **Tutores digitais** (IA generativa corrigindo trabalhos)
2. **Aulas gravadas** (um único professor pode atingir milhões)
3. **Plataformas automatizadas** (como Coursera e Udemy, que operam com menos de 10% dos funcionários de uma universidade tradicional)





Impactos para os trabalhadores:

- **Precarização:** Contratos temporários para tutores e monitores
- **Rotatividade:** Salários por hora/aula, sem estabilidade. Ou seja, salário por peça
- **Desvalorização:** Conteúdo padronizado reduz a necessidade de especialização

Não sem razão, o mercado de EAD no Brasil cresceu 378% entre 2019 e 2023 (ABED, 2023), enquanto faculdades físicas demitiram 22% dos docentes (INEP, 2022).

Na saúde, a teleconsulta avança, especialmente em atendimentos básicos. Empresas como Amil e Einstein já oferecem diagnósticos remotos para casos simples (gripe, alergias), mas o modelo tende a se expandir:

- **Diagnósticos por IA:** Sistemas como IBM Watson analisam sintomas com 90% de precisão em doenças comuns (Nature, 2022)
- **Enfermeiros virtuais:** Chatbots orientam pacientes crônicos, reduzindo a necessidade de consultas presenciais

Impactos para os trabalhadores:

- **Polarização:** Médicos especialistas seguem valorizados, enquanto generalistas perdem espaço
- **Terceirização:** Atendentes de telemedicina trabalham sob regimes de plataforma (ex.: médicos cubanos contratados por hora via apps)
- **Pressão por produtividade:** Consultas rápidas (15-20 minutos) viram norma

O mercado global de telemedicina deve atingir US\$ 460 bi até 2030 (Grand View Research, 2023), enquanto postos em clínicas locais caem 7% ao ano (OMS, 2023).

Assim como no comércio, a digitalização permite que poucas empresas dominem setores inteiros: Na educação temos a Kroton (Brasil) e Pearson (Reino Unido). Na saúde: UnitedHealth Group (dona da Amil) é líder em teleconsultas nos EUA.





5.7) Transformações no setor bancário

Como já argumentamos, uma das principais novidades da assim chamada indústria 4.0 é exatamente se desenvolver em maior profundidade em setores distintos do industrial. O setor bancário é, com toda certeza, um dos mais impactados pelas transformações atualmente em curso. Nesse setor, as alterações oriundas da assim chamada indústria 4.0 se dão em dois âmbitos. O primeiro deles, diz respeito ao surgimento de novas modalidades do setor, como as chamadas *fintechs* ou novas modalidades de operação, como os open banking. O segundo âmbito, diz respeito a alteração completa da própria atividade do trabalhador bancário em função da automação das atividades e das tomadas de decisão feitas por meio de sistemas automatizados.

Começemos pelas *fintechs*.

O termo surgiu da combinação de duas palavras em inglês: financial (financeiro) e technology (tecnologia). Em português temos: “tecnologia financeira”. O que isto significa? Refere-se as startups do setor financeiro que nada mais são do que empresas que desenvolvem produtos financeiros integralmente digitais, com soluções para cartão de crédito, conta digital, cartão de débito, empréstimos, seguros etc. A diferença técnica, no caso, é a possibilidade de que os usuários dessas empresas realizem seus serviços inteiramente por meio de computadores e smartphones, sem nunca precisar pisar em uma agência ou corretora; nem tampouco acessar o dinheiro em sua modalidade física.

As diversas tecnologias utilizadas pelas fintechs são mesmas que caracterizam os demais setores, no entanto, por se tratar de serviços passíveis de serem integralmente feitos por meios virtuais, elas podem se desenvolver aqui em maior profundidade. As principais tecnologias são:

- **Big Data:** possibilita a armazenagem e a interpretação de um grande volume de dados.
- **Blockchain:** estrutura de armazenagem e transmissão de dados em blocos.
- **Internet of Things (internet das coisas):** capacidade de objetos captarem e enviarem dados pela internet sobre o comportamento de seus usuários.
- **APIs (Application Programming Interface):** possibilita que dois aplicativos se comuniquem entre si, facilitando a integração entre duas interfaces de programas.



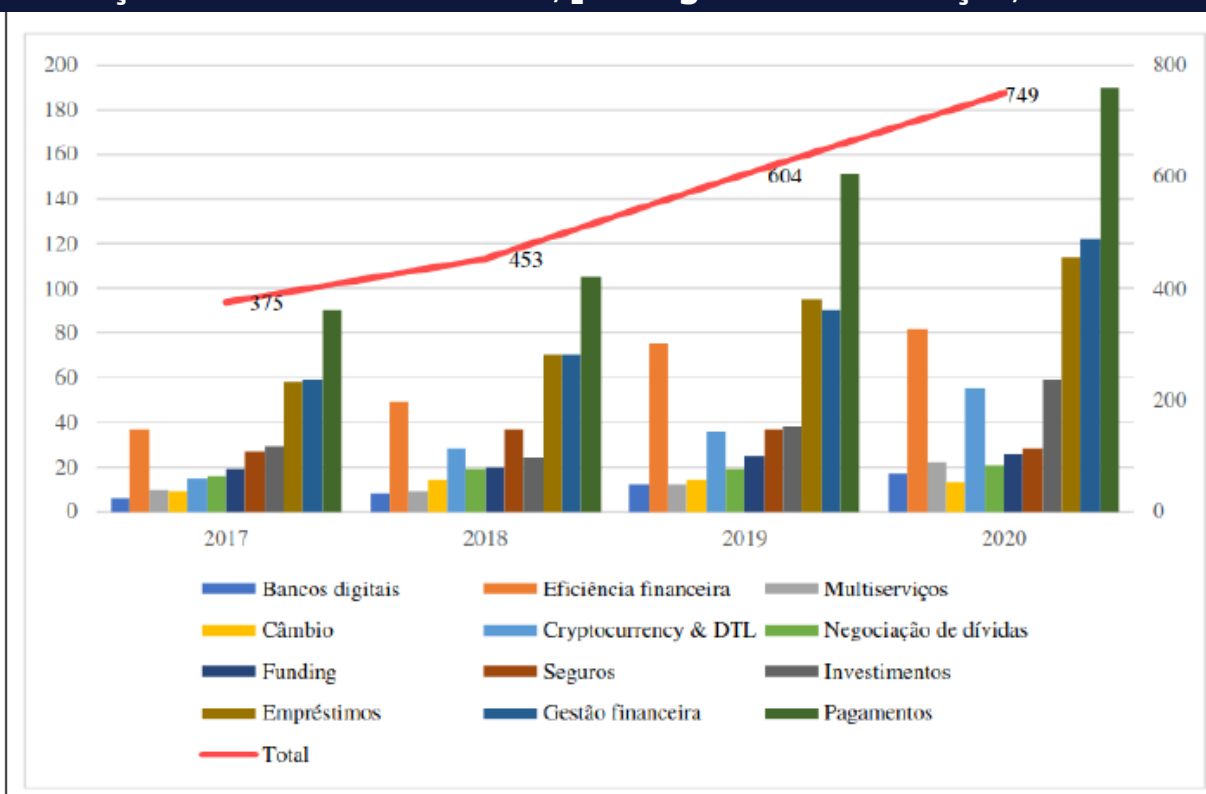


- **Machine Learning (aprendizado de máquina):** campo da inteligência artificial que interpreta automaticamente os dados de modo a traçar modelos matemáticos em vistas previsões e tomadas de decisões com menores riscos.
- **Cloud Computing (Computação em Nuvem):** auxilia no processamento e armazenamento de grandes quantidades de dados e na capacidade de computação, com uma maior flexibilidade e menor custo, em qualquer lugar a qualquer momento.

Do ponto de vista dos trabalhadores, as *fintechs* se caracterizam por uma enorme redução da massa de força de trabalho na medida que não possuem um grande custo com estruturas físicas, como agências. Além disso, a quase totalidade do trabalho pode ser feita de forma remota, terceirizando parte dos custos da empresa (com equipamentos, energia e infraestrutura) para o ambiente doméstico dos trabalhadores. Elas são regulamentadas por três órgãos reguladores no Brasil: a Superintendência de Seguros Privados (Susep), a Comissão de Valores Mobiliários (CVM) e o Banco Central (BC).

Durante a pandemia de COVID-19 houve um grande crescimento dessa modalidade de empresas no Brasil. A Resolução nº 4.792 abriu a possibilidade de que as *fintechs* emitam instrumentos de pagamento pós-pagos (como cartões de crédito) de modo a que tais recursos sejam inteiramente controlados por fundos de investimento, além da possibilidade de algumas modalidades de *fintechs* obterem recursos junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Desde então, vemos um assombroso crescimento dessa modalidade de empresas no Brasil, com indicamos a seguir:

Evolução das fintechs no Brasil, por segmento de atuação, 2017-2020





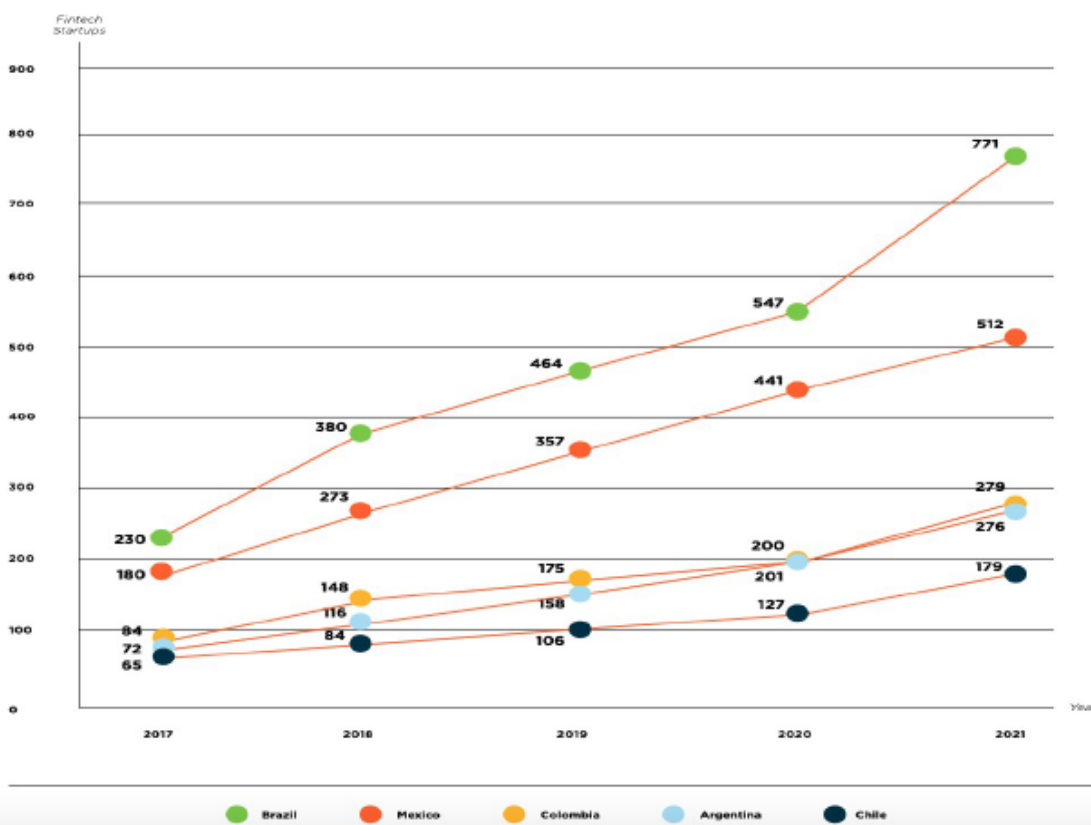
De todos os seguimentos listados, três se destacam: Pagamentos, empréstimos e gestão financeira.

- **fintechs de pagamento:** oferecem soluções de pagamento por meio de plataformas de pagamento móveis tais como carteiras virtuais, transferências e soluções de pagamento para pontos de venda. As
- **fintechs especializadas em empréstimos:** são intermediadoras entre investidores e tomadores, sendo este investidor outra pessoa, grupo de pessoas, ou, ainda, os próprios recursos da fintech. O crédito aos consumidores são oferecidos por meio de uma plataforma baseada na internet.
- **fintechs de gestão financeira:** procura otimizar as finanças pessoais ou empresariais, como soluções de contabilidade digital, faturamento eletrônico, soluções de poupança e controle de despesas e receitas.

Em levantamento feito diretamente junto às *fintechs* pela PwC em conjunto com a Associação Brasileira de *Fintechs* (ABFintechs), em 2019, mostra que, em 2018, 38% das *fintechs* ganhavam mais de R\$ 1 milhão por ano, embora 70% empregassem menos de vinte trabalhadores.

Entre 2017 e 2020, a taxa média de crescimento das *fintechs* no Brasil foi, em média, de 26% ao ano. Não sem razão, o país é líder nessa modalidade de empresas na América Latina, de acordo com o BID (2018). Vejamos os números.

Figure 1.2: Evolution of the Fintech Ecosystem in Five Major Latin American Markets



Esse quadro, pode levar a conclusão de que as *fintechs* é um mecanismo inovador que possibilitará ao Brasil superar o monopólio dos 5 grandes bancos, responsáveis por quase 80% do crédito em circulação no Brasil. Nada





mais falso. É o que indicamos a seguir considerando as maiores *fintechs* atuantes no país.

Visão geral de informações disponíveis de fintechs brasileiras selecionadas, excluindo bancos digitais

	Segmento	Ano de fundação	Informações disponíveis
 creditas Creditas	Empréstimos (SCD)	2012	Produto: empréstimo c/ garantia; 1.600 funcionários; R\$ 1.2 bi recebidos em investimentos; investidores: SoftBank, Kaszek Ventures, Redpoint e Ventures; atua no BR, México e Espanha; + de 5 mi de solicitações de empréstimos; era “BankFácil” até 2017.
 ContaAzul ContaAzul	Gestão financeira	2011	Produto: gerenciamento financeiro para empresas; investidores: Tiger Global, Endeavor Catalyst, Ribbit Capital, 500 Start-ups; mais de 800 mil empresas já utilizaram; parceira do Banco do Brasil; 4 meses no Vale do Silício (2011).
 PicPay PicPay	Pagamentos	2012	Produto: carteira virtual; mais de 36 mi de usuários; 1.800 funcionários; aprox. R\$ 2 bi em transações por mês; parcialmente controlada pelo Banco Original (banco digital) e pela J&F Investimentos.
 NEXOOS Nexoos	Empréstimos (SEP)	2015	Produto: empréstimos P2P; aprox. R\$ 334 mi concedidos a empresas; empresa de capital aberto; nicho de mercado: micro e pequenas empresas; aprox. 50 mil investidores registrados no modelo P2P (empréstimo entre pessoas).
 ÓRAMA Órama	Investimentos	2011	Produto: investimento comercializado no modo arquitetura aberta (oferta produtos também de outras instituições); sem taxas para Tesouro Direto e renda fixa; parcialmente controlada pelo Grupo Globo.

Nota: os dados foram obtidos nos sítios das instituições. Disponíveis em <https://www.creditas.com/>; <https://contaazul.com/>; <https://www.picpay.com/site>; <https://www.nexoos.com.br/>; <https://www.orama.com.br/>, todos acessados por último em 30/01/2021.

O que merece destaque nessa tabela são as fontes de financiamento das *fintechs*. Podemos ver, que longe de serem empreendimentos autônomos desconectados das instituições financeiras tradicionais, todas elas estão associadas a um grande grupo econômico.

Existe uma parte cujos investidores são empresas nacionais, como a J&F ou a Globo, no entanto, a maior parte tem origem no capital estrangeiro. Vejamos.

Na Creditas, US\$ 115 milhões tem sua origem no IFC(EUA, World Bank Group), Naspers (África do Sul), Vostok Emerging Finance (RU), Amadeus Capital Partners (RU), Santander InnoVentures (RU), Kaszek Ventures (Argentina/Brasil), QED (EUA) e Quona. Na ContaAzul com US\$ 100 milhões tem sua origem na Tiger Global (EUA) e da Endeavor Catalyst (EUA). No GuiaBolso com US\$ 39 milhões são oriundos da Vostok, Ribbit (EUA), QED, IFC, Endeavor e Omidyar. Por último, no EBANX temos US\$ 30 milhões vindos da FTV e Endeavor.





Uma das principais consequências produzidas pela assim chamada indústria 4.0 no setor bancário, é a entrada de capital bancário estrangeiro no interior do sistema brasileiro. Tal entrada é possibilitada por meio dessas novas modalidades de empreendimentos.

Analizamos, por fim, os **bancos digitais**. Um banco digital é uma fintech, no entanto, com algumas especificidades. Um banco digital comercializa e opera contas digitais desde a abertura ao fechamento de contas e também algumas operações financeiras, todas exclusivamente online. Um banco digital capta e gerencia recursos de terceiros sem ter de incorrer a estruturas físicas e relações comerciais. A principal diferença é o preço elevado das estruturas físicas, que, via de regra, só são colocadas em operação por um grande contingente de trabalhadores. Possui, assim, uma base de clientes próprias, bem como sua própria estrutura operacional.

Segundo a FintechLab, o número de bancos digitais no Brasil vem crescendo ano a ano, tendo passado de 6, em novembro de 2017, para 8, em agosto de 2018, depois para 12, em junho de 2019, e agora 17, em agosto de 2020. Vejamos os dados dos principais bancos.

Principais bancos digitais brasileiros, dados selecionados

	Fundação	Base de clientes	Número de funcionários	Depósitos	Funding	Principais investidores	Ativos totais
 Nu Pagamentos SA	2013	34 milhões	2.720 (1)	R\$ 4.1 bilhões (1)	US\$ 1.5 bilhões	Sequoia Capital, Goldman Sachs, Redpoint, Ribbit Capital, TCV	R\$ 19 bilhões (1)
 Banco Inter SA	2015 (2)	8.5 milhões	1.538	R\$ 3.6 bilhões (3)	US\$ 330 milhões	Softbank, Banco Inter	R\$ 12.4 bilhões (3)
 Banco Original SA	2016 (4)	3.7 milhões (5)	1.350	R\$ 320 milhões (5)	US\$ 150 milhões	J&F Investimentos	R\$ 14.5 bilhões (5)
 Banco Next	2017	3.2 milhões	-	-	US\$ 162 milhões	Bradesco	-
Nota: os dados foram obtidos nos sítios das instituições. Disponíveis em https://blog.nubank.com.br/balancos-nubank-transparencia/ ; https://www.bancointer.com.br/ ; https://www.original.com.br/ ; https://next.me/ ; todos acessados por último em 02/02/2021.							





O Nubank oferece serviços de cartão de crédito e o NuConta, uma conta de depósito convencional, no entanto, sem taxas. Possui um escritório de engenharia de software em Berlim (Alemanha), atua no México e na Argentina. Tem ainda o Banco Inter de João Vitor Nazareth Menin Teixeira de Souza, um dos maiores empresários do Estado de Minas Gerais. O Banco Original, lançado em 2016 pelo ex-presidente do Banco Central e ex-Ministro da Fazenda, Henrique Meirelles. Chama a atenção o Banco Next, uma estratégia-chave para ninguém mais ninguém menos que o Bradesco.

Tomados isoladamente, Bradesco e Itaú, os dois maiores privados do Brasil, adquiriram mais de cinquenta pequenas instituições bancárias desde os finais dos anos de 1960. O grau de concentração do setor bancário no país é tão grande, em particular, Itaú e Bradesco, que eles detêm um volume de capital desproporcional em relação a qualquer competidor.

O banco Itaú tem como principal estratégia, na presente posição de líder do setor, para enfrentar as *fintechs*, o chamado projeto “Cubo”. O Cubo opera em São Paulo, num prédio de treze andares onde aproximadamente quatrocentas empresas trabalham como “startups membros”, das quais pelo menos setenta projetos estão diretamente relacionados aos negócios do banco. Seus parceiros são ninguém mais ninguém menos que RMalls, Cogna, Schneider Electric, Amazon, Renault, Grupo Pão de Açúcar, TIM, B3, dentre outros.

Já a estratégia do Bradesco se centra na InovaBra, cujos parceiros são Microsoft, Oracle, Google, Delle IBM. A estratégia tem se centrado no financiamento das startups de todas as áreas, com serviços integralmente digitais. O Bradesco criou, ainda, o seu próprio banco digital: o Banco Next figura como estratégia-chave para o conglomerado Bradesco. É o primeiro banco 100% digital que faz parte de um banco líder brasileiro. O Bradesco disponibiliza ainda conta integralmente digitais em sua estrutura tradicional. Da mesma forma o Santander criou sua própria fintech, o Superdigital.

Os grandes bancos, no entanto, preferem recorrer a compra de grandes *Fintechs*, sendo duplamente beneficiados, primeiro por eliminar um concorrente e segundo por adquirir o conhecimento e tecnologia da startup.

Ou seja, longe de ameaçar, por ora, a predominância dos grandes Bancos, as fintech tem sido abraçadas e incorporadas, seja por novas pessoas jurídicas ou não, a estrutura dos bancos tradicionais. Em verdade, elas proveem uma enorme possibilidade de redução brusca de seu total de trabalhadores, incluindo aqueles qualificados em função da automatização de sistemas que envolvem elevado grau de inteligência artificial. Some-se a isso que, ali onde novas *fintechs* e bancos digitais surgem descoladas dos grandes bancos nacionais, são investidores e capital estrangeiro que migram para terras brasileiras em busca de se apropriar de uma nova fatia de capital.

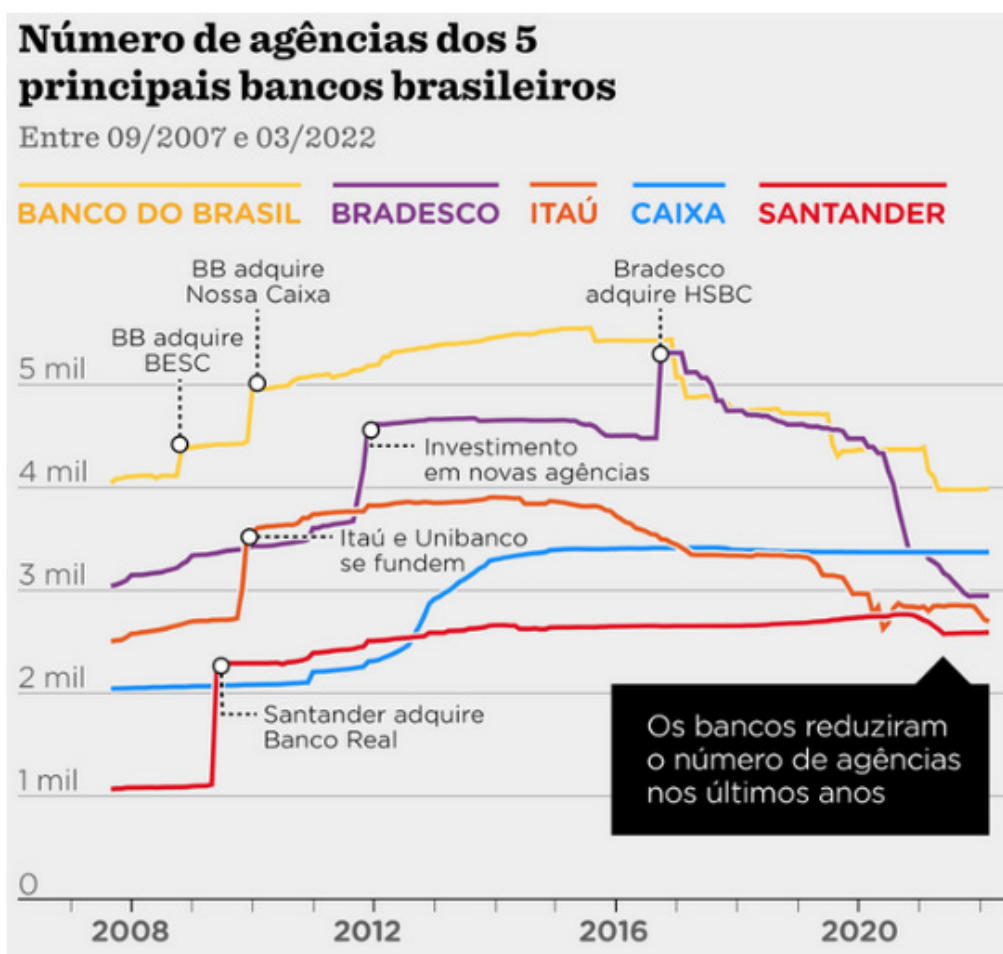




5.7.1) Automação no trabalho bancário

Como já argumentamos, uma das principais novidades da assim chamada indústria 4.0 é exatamente se desenvolver em maior profundidade em setores distintos do industrial. O setor bancário é, com toda certeza, um dos mais impactados pelas transformações atualmente em curso. Nesse setor, as alterações oriundas da assim chamada indústria 4.0 se dão em dois âmbitos. O primeiro deles, diz respeito ao surgimento de novas modalidades do setor, como as chamadas *fintechs* ou novas modalidades de operação, como os open banking. O segundo âmbito, diz respeito a alteração completa da própria atividade do trabalhador bancário em função da automação das atividades e das tomadas de decisão feitas por meio de sistemas automatizados.

Começemos pelas *fintechs*.

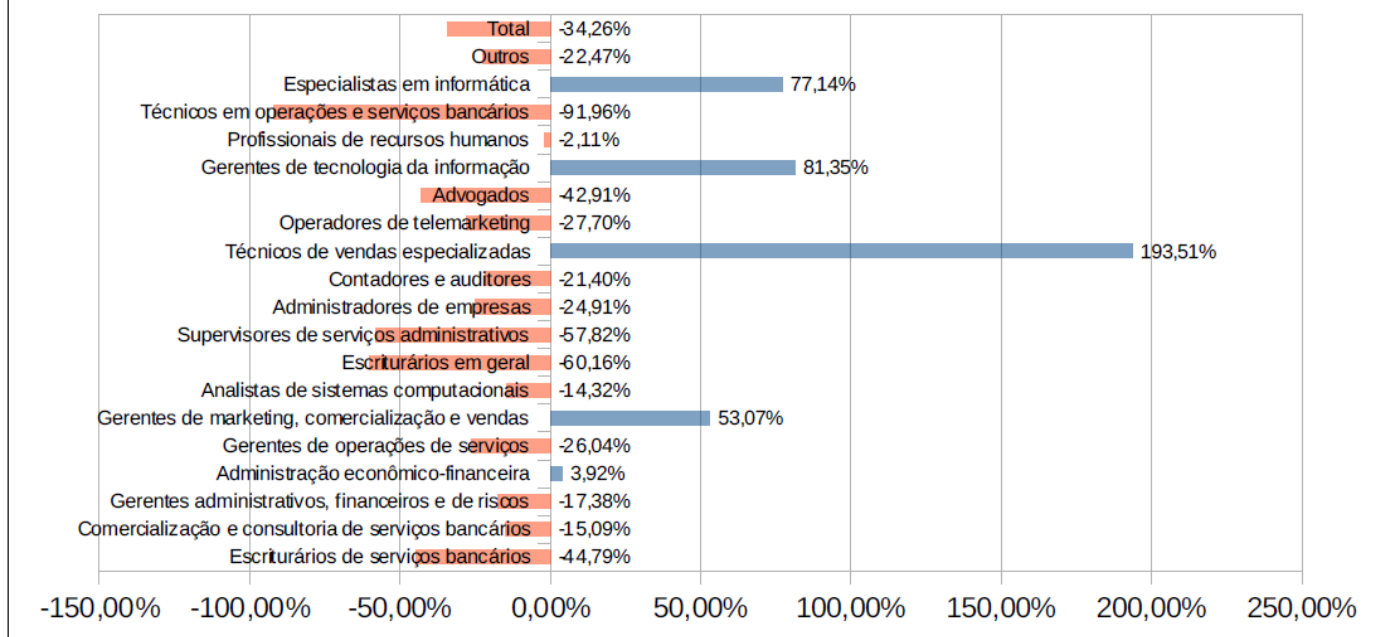




No caso do setor bancário, as novas tecnologias têm permitido a operação instantânea, virtualização e descentralização dos serviços bancários, com abolição ou redução de tarefas nas agências físicas.

Esta alteração também pode ser notada na análise dos trabalhadores do setor em conformidade com o tipo específico de ocupação. Apresentamos a seguir a série histórica entre 2006 e 2020 e a variação entre 2020/2012:

Variação do emprego por tipo de ocupação 2020-2012



CBO 2002 Família	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2020/2006	2020/2012
Escriturários de serviços bancários	146.419	179.560	191.833	197.149	199.039	189.302	170.733	165.537	162.057	116.350	108.852	-25,66%	-44,79%
Comercialização e consultoria de serviços bancários	35.486	27.850	43.036	51.005	48.531	50.036	49.670	50.340	51.917	52.972	43.307	22,04%	-15,09%
Gerentes administrativos, financeiros e de riscos	19.370	16.776	23.278	25.937	25.259	26.304	26.659	29.350	30.500	28.282	21.428	10,62%	-17,38%
Administração econômico-financeira	8.682	10.740	12.233	13.480	14.658	15.403	13.532	14.430	14.626	16.008	14.008	61,35%	3,92%
Gerentes de operações de serviços	25.894	18.667	16.851	18.644	18.065	20.054	21.361	21.015	18.107	17.033	13.789	-46,75%	-26,04%
Gerentes de marketing, comercialização e vendas	10.812	10.096	7.368	8.366	9.532	7.505	6.720	6.522	12.161	13.028	12.806	18,44%	53,07%
Analistas de sistemas computacionais	8.921	9.345	9.462	11.133	8.717	8.091	6.694	7.014	9.582	10.652	9.539	6,93%	-14,32%
Escriturários em geral	24.649	19.247	23.033	19.793	12.972	13.119	13.242	12.822	7.293	10.963	7.886	-68,01%	-60,16%
Supervisores de serviços administrativos	8.104	16.689	16.484	17.714	14.983	14.782	14.850	10.701	9.529	8.188	7.471	-7,81%	-57,82%
Administradores de empresas	3.956	5.719	6.487	7.113	8.659	10.862	9.999	8.298	7.861	8.325	5.341	35,01%	-24,91%
Contadores e auditores	3.013	3.440	3.892	4.560	4.008	4.015	4.259	3.992	3.864	3.694	3.584	18,95%	-21,40%
Técnicos de vendas especializadas	361	10.070	565	1.187	3.910	4.530	6.659	5.569	3.936	5.303	3.484	865,10%	193,51%
Operadores de telemarketing	3.987	4.658	5.402	3.614	4.366	6.357	6.215	5.688	5.101	5.516	2.613	-34,46%	-27,70%
Advogados	2.081	2.271	2.649	2.939	2.732	2.791	2.699	2.730	2.669	1.746	1.678	-19,37%	-42,91%
Gerentes de tecnologia da informação	747	812	864	724	1.324	1.362	1.191	1.332	1.323	1.397	1.313	75,77%	81,35%
Profissionais de recursos humanos	645	714	832	1.232	1.045	1.174	1.237	1.044	1.246	1.293	1.206	86,98%	-2,11%
Técnicos em operações e serviços bancários	22.311	21.315	15.639	13.864	12.230	10.918	14.289	13.060	6.297	4.293	1.115	-95,00%	-91,96%
Especialistas em informática	116	296	428	595	638	780	1.089	1.162	1.343	1.251	1.054	808,62%	77,14%
Outros	18.963	17.533	14.735	15.731	16.147	15.150	15.498	14.911	14.381	17.083	12.197	-35,68%	-22,47%
Total	344.517	375.798	395.071	414.780	406.815	402.535	386.596	375.517	363.793	323.377	272.671	-20,85%	-34,26%

Fonte: RAIS. Elaboração: ILAEE.





O que chama a atenção é a redução massiva dos trabalhadores classificados, segundo a CBO da RAIS, como **Escriturários de serviços bancários e Escriturários em geral**. No primeiro caso, passou-se de 197 mil trabalhadores empregados em 2012 para 108 mil ao fim de 2020, uma queda de 44%, enquanto no caso dos segundos a queda foi de 60%.

A grande contradição, como podemos ver, não é o uso da tecnologia puro e simples. O problema é que longe de tal tecnologia servir para simplificar o trabalho e reduzir a jornada, ele é utilizada pelo capital bancário para demitir trabalhadores em massa e, dessa forma, reduzir a massa salarial e maximizar os lucros.

As transformações tecnológicas colocam como questão de vida ou morte para o setor a redução da jornada de trabalho e transformações sociais profundas, que ataquem a natureza mesma de uma forma de organização social que utiliza as conquistas humanas contra a massa dos trabalhadores e da população e não as coloca a serviço de seu desenvolvimento.





6. O Brasil Diante De Uma Nova Revolução Tecnológica

Em relatório *Readiness for the Future of Production Report 2018* (WEF) mostra o país na 41ª posição em termo da estrutura de produção e na 47ª posição nos vetores de produção da indústria. Em se tratando de um país de mais de 200 milhões de habitantes, possuidor de um dos 10 maiores PIB's do mundo, trata-se de uma posição deplorável. Mais ainda, o Brasil é classificado como integrante dos países nascentes em termos de novas tecnologias e, assim, distantes da corrida para a 4ª revolução industrial. Trata-se da mais baixa classificação indicada no relatório em questão. O relatório apresenta da seguinte forma a situação do país:



“O setor manufatureiro do Brasil é o nono maior do mundo e responde por aproximadamente 10% do PIB nacional, quase um terço de sua contribuição de mais de 30% na década de 1980. A estrutura de produção do Brasil é relativamente baixa em complexidade. [...] Com a quinta maior população do mundo, o Brasil possui uma riqueza de recursos humanos, mas as capacidades atuais da força de trabalho estão atrasadas em habilidades digitais, engenharia, pensamento crítico e outras áreas essenciais para o sucesso no futuro.” (pag. 19)

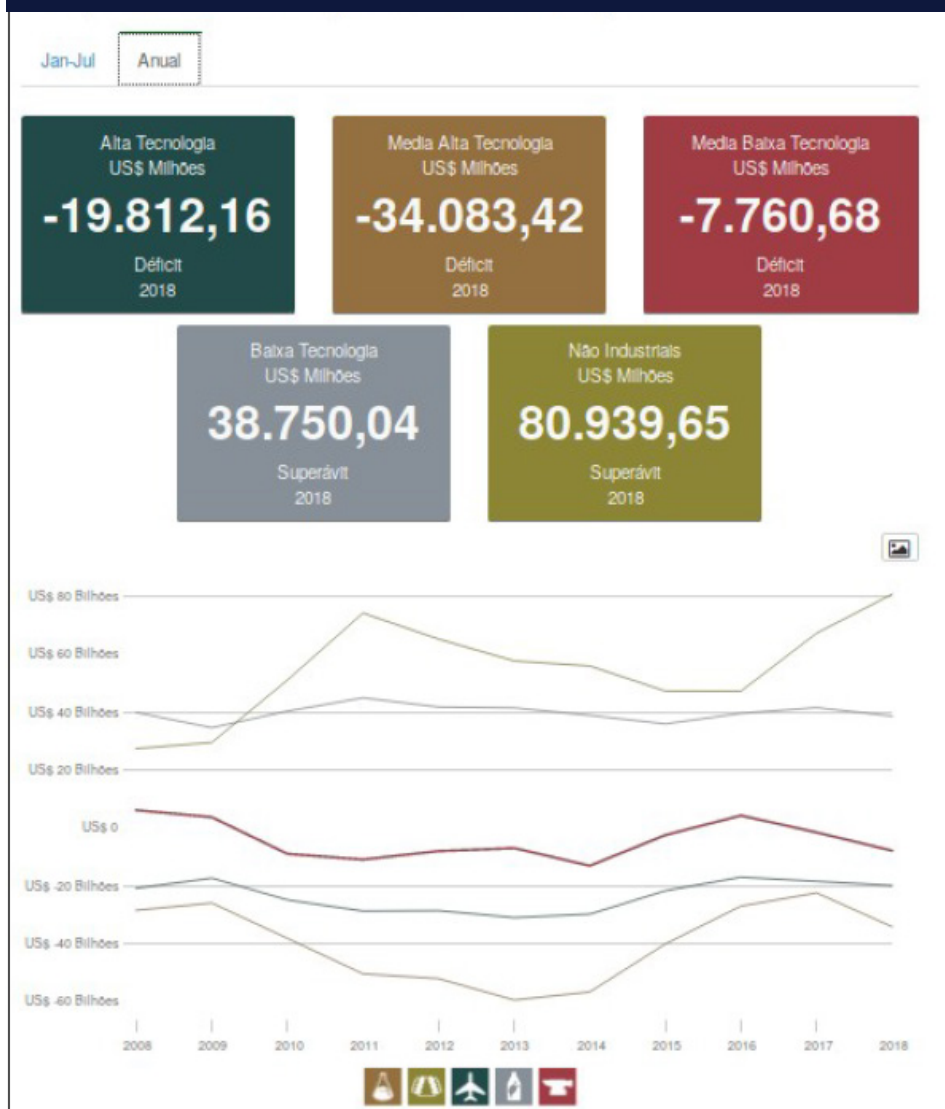
Em verdade, a situação do Brasil nesse novo cenário é particu-

larmente crítica, uma vez que o país passou ao largo daquilo que se chama terceira revolução industrial ou Indústria 3.0. Acontece que aquilo que se denomina Indústria 3.0 é exatamente o pressuposto que culmina na assim chamada Indústria 4.0. Não é diferente a situação de todos os demais países latino-americanos, ainda que em distintos graus.



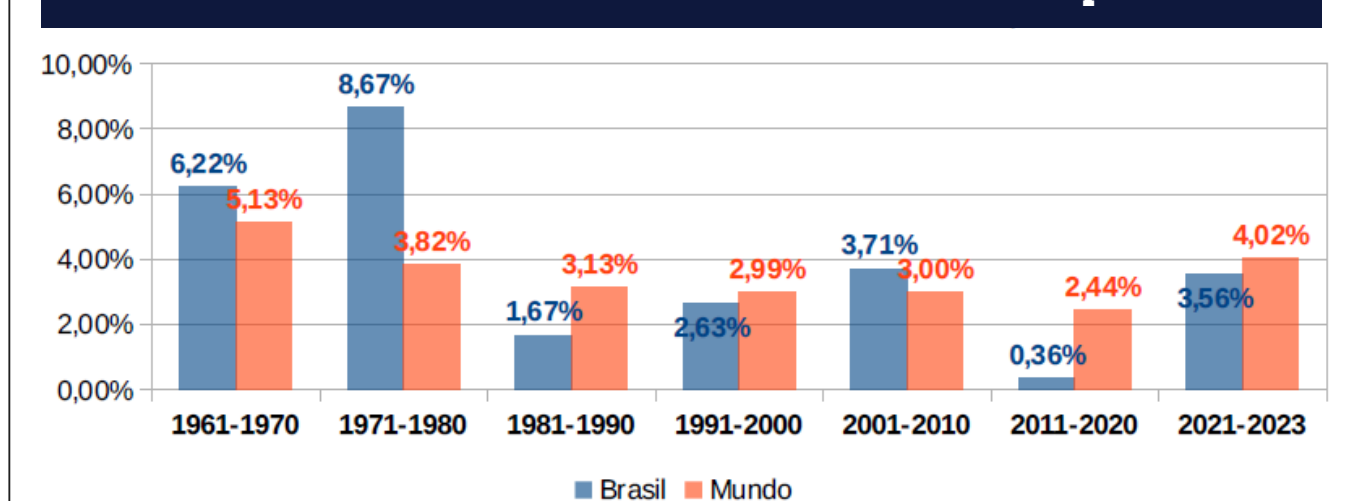


Balança Comercial Brasileira por Intensidade Tecnológica



O quadro acima descrito é resultado de um processo de decadência estrutural do Brasil que se aprofunda há várias décadas. A situação nem sempre foi tão crítica. No passado, houve um período de desenvolvimento qualitativo do capitalismo brasileiro, quando um mercado interno expressivo foi forjado, dando base para uma burguesia nacional mais moderna, cujo apogeu foi o período do dito milagre econômico do começo dos anos de 1970. No entanto, esse cenário não perdurou. Vejamos o crescimento médio anual do PIB em cada uma das décadas no Brasil desde a de 1960.

Crescimento médio anual do PIB no Brasil e no Mundo por década

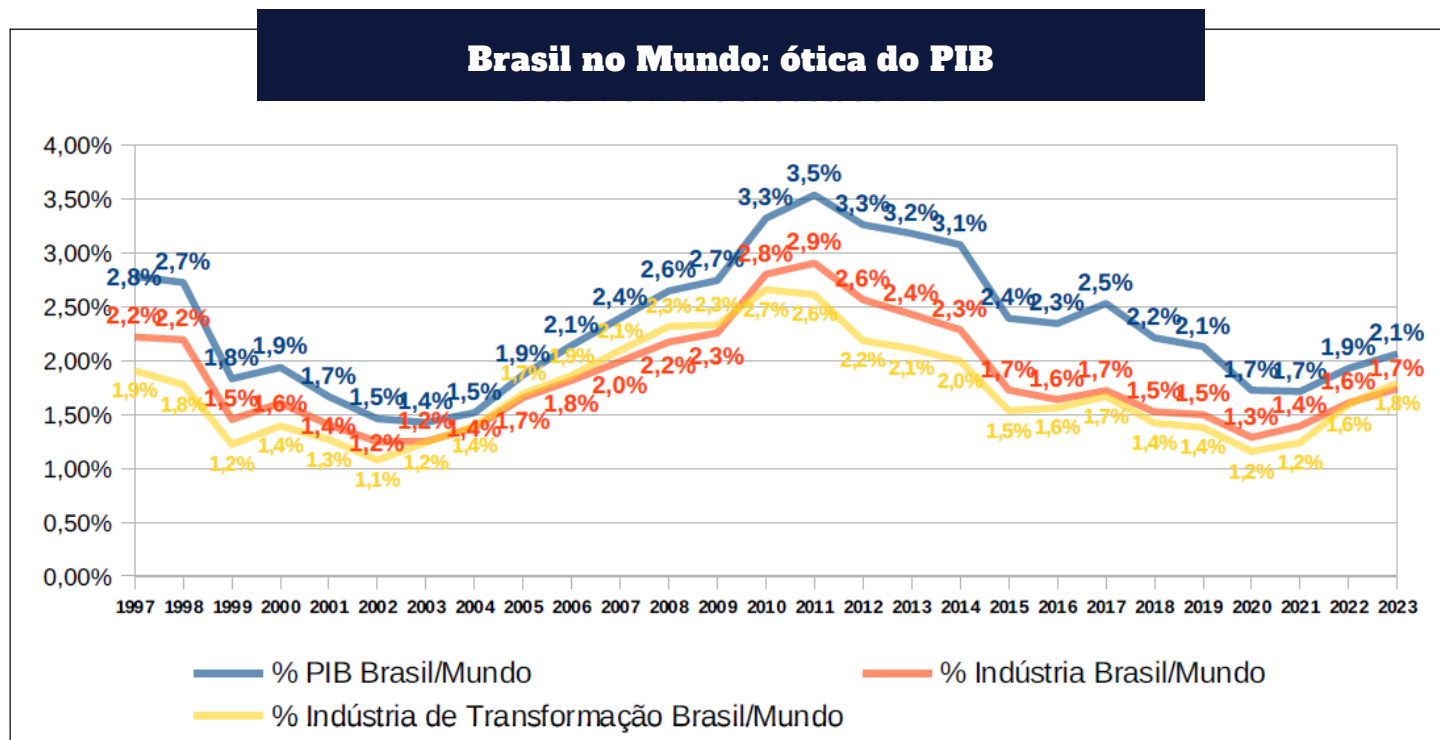




Com exceção dos anos 2000, quando houve um grande boom das commodities, o Brasil esteve longe de alcançar posições mais elevadas na divisão internacional do trabalho ou de aproveitar as oportunidades existentes. O PIB brasileiro cresceu sempre abaixo do PIB mundial e, após 1980, manteve-se em níveis próximos a zero: uma média de 1,67% nos anos 1980, 2,63% nos anos 1990, 3,71% nos anos 2000, culminando em apenas 0,36% nos anos 2010. O crescimento anual médio de 3,56% entre 2021 e 2023 tem pouca relevância, pois reflete a recuperação após a queda de 2020, último ano da década anterior, marcado pela pandemia de COVID-19. Em outras palavras, com exceção dos anos 2000, o crescimento do PIB brasileiro esteve sempre próximo ou abaixo do crescimento populacional. Como tendência, o país enfrenta mais de 40 anos de empobrecimento, mesmo com a abundância de capital estrangeiro que para cá migrou nas décadas de 1950 a 1970.

6.1) A desindustrialização relativa

Para ilustrar essa situação, apresentamos a seguir o percentual do PIB brasileiro em relação ao PIB mundial, bem como o percentual da indústria brasileira (incluindo construção, fornecimento de eletricidade, gás e água) e da indústria de transformação em relação às respectivas parcelas do PIB mundial desses mesmos setores.



Fonte: databank.worldbank.org. Elaboração: ILAEE





Como a população do Brasil representa aproximadamente 2,6% da população mundial, nos últimos 26 anos, o Brasil só alcançou um percentual do PIB mundial superior ao de sua população durante os seis anos subsequentes à crise de 2008, quando se deu uma combinação específica: houve uma queda do PIB nos países centrais (Estados Unidos e Europa), mas não na China, que já era o principal comprador das commodities brasileiras. Assim, enquanto o PIB mundial caiu, o brasileiro foi inicialmente pouco afetado, crescendo em relação ao mundo ocidental no ápice da crise. Fora desse período, o Brasil viu seu PIB cair abaixo desse patamar desde 2015, atingindo apenas 1,7% do PIB mundial em 2020 e 2021. O peso do PIB industrial brasileiro, em particular da indústria de transformação, em comparação com o seu agregado mundial é ainda menor.

Se nos últimos dez anos, o capitalismo mundial, como vimos no capítulo anterior, vive um período caracterizado como “década perdida”, devido à sua incapacidade do capital, exceto na China e em novos ramos de produção, de se expandir diante de suas contradições; no Brasil, enfrentamos meio século perdido, o que se dá desde, pelo menos, o início dos anos 1980.

6.2) Um novo ciclo de dominação no país

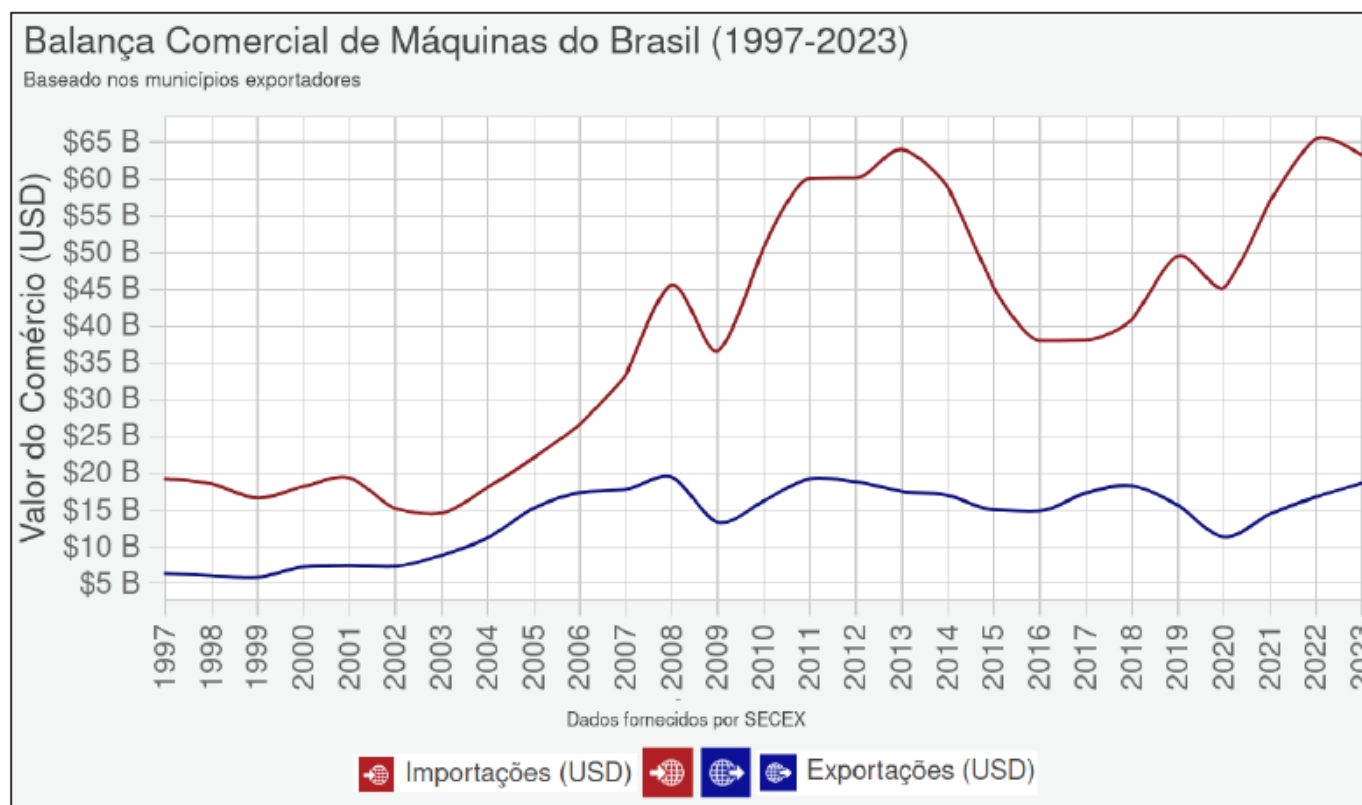
Se isso é assim é porque temos um novo ciclo de dominação, com características distintas daquele verificado até meados do século XX, pois agora abarca um mercado interno relativamente desenvolvido, a exportação de capitais estrangeiros e a atuação do capital financeiro no interior de sua própria reprodução interna. Caracterizamos que esse novo ciclo de dominação pode ser, quanto aos seus nexos fundamentais, exposto nos três momentos indicados a seguir:





1) DESCONEXÃO ENTRE A PRODUÇÃO DE BENS DE CAPITAL E BENS DE CONSUMO FINAL:

conforme exposto no referido texto de João Ricardo Soares, diversamente do que pensou Ruy Mauro Marini, o caráter puramente extensivo do mercado consumidor brasileiro não diz respeito ao consumo final, mas ao consumo produtivo de meios de produção, sobretudo o setor de máquinas e equipamentos, produtores das mercadorias que integram o capital fixo.



Elaboração: Data Viva

A posição amplamente desfavorável nas relações comerciais brasileiras de máquinas e equipamentos não é um detalhe qualquer. Esse setor, em 2023, ocupa a 1ª posição em importações e apenas a 6ª posição em exportações no Brasil, atrás apenas de setores com menor impacto na economia brasileira. Nesse mesmo ano, esse setor é responsável por 26,4% das importações brasileiras ou 63,3 bilhões de dólares e apenas 5,5% das exportações ou 18,6 bilhões de dólares..

E não é um fato recente. O setor de máquinas e equipamentos começou a ocupar um lugar de destaque nas importações brasileiras justamente a partir dos anos 1970, durante o dito Milagre Econômico. Entretanto, foi com a abertura econômica nos anos 1990, com Fernando Collor e FHC, que o setor consolidou-se como o primeiro lugar em importações, posição que mantém em grande parte até hoje. Contraditoriamente, o peso desse setor nas importações cresce especialmente em períodos de expansão econômica e modernização industrial.



Como estamos a falar de capital fixo, tais números não podem sequer serem reduzidos a sua dimensão quantitativa na balança comercial. Tais máquinas e a intensidade tecnológica que contêm são responsáveis pelo grau de produtividade de trabalho e seus impactos são de longo prazo, pois seu valor é depreciado durante o longo período que são utilizadas no interior do processo produtivo. É, de longe, o consumo mais importante e aquele que determina o desenvolvimento do país no médio e longo prazo.

Quando examinamos a composição dessas importações e exportações em termos dos produtos que lhe correspondem, o quadro se agrava ainda mais.

As máquinas exportadas englobam máquinas e equipamentos amplamente utilizados em setores como construção de rodovias, usinas hidrelétricas e, sobretudo, a produção de bens agrícolas em larga escala, tais como colheitadeiras, veículos de grande porte, bombas para líquidos e motores elétricos. Embora possam incorporar tecnologias avançadas, são produtos de complexidade moderada e demandam

menos integração com tecnologias digitais e de ponta. Regra geral, estão voltados para setores industriais tradicionais e de infraestrutura.

Já as máquinas importadas incluem itens de alta tecnologia voltados para setores de tecnologia de informação e eletrônica, como é o caso dos circuitos integrados, dispositivos semicondutores, discos para gravação de dados digitais. Apresentam alta complexidade tecnológica e demandam cadeias produtivas mais sofisticadas, frequentemente envolvendo inovação digital, precisão, e materiais avançados. Têm um valor agregado elevado devido à incorporação de tecnologias avançadas, precisão, e especialização técnica.

 Máquinas		 Máquinas	
 Exportações (USD)		 Importações (USD)	
participação	5,5%	participação	26,4%
Valores Básicos		Valores Básicos	
Exportações	\$18,6 B	Importações	\$63,3 B
Peso das Exportações	1,64 B kg	Peso das Importações	4,31 B kg
Exportações por peso	\$12 Mil	Importações por peso	\$9,61 Mil
Incluindo		Incluindo	
Veículos de grande porte para construção	\$3,48 B	Turbinas a gás	\$6,58 B
Peças para motores	\$1,51 B	Circuitos integrados	\$4,83 B
Motores elétricos	\$735 M	Dispositivos semicondutores	\$4,24 B
Transformadores elétricos	\$673 M	Telefones	\$4,07 B
Válvulas	\$664 M	Transmissões	\$2,2 B
Bombas de ar	\$617 M	Válvulas	\$1,77 B
Centrífugas	\$602 M	Transformadores elétricos	\$1,72 B
Colheitadeiras	\$592 M	Peças para motores	\$1,54 B
Turbinas a gás	\$580 M	Discos para gravação de dados digitais	\$1,45 B
Transmissões	\$575 M	Outros maquinários	\$1,34 B
Motores de ignição por centelha	\$558 M	Centrífugas	\$1,34 B
Fio com isolamento	\$513 M	Aparatos de proteção de baixa tensão	\$1,32 B
Bombas para líquidos	\$412 M	Fio com isolamento	\$1,25 B
Máquinas para pulverização	\$411 M	Bombas de ar	\$1,22 B
Outros maquinários	\$402 M	Discos fonográficos	\$1,18 B

Elaboração: Data Viva

A proporção entre matéria-prima utilizada e custo final é muito maior do que a verificada no grupo de máquinas produzidas e exportadas pelo país, indicando uma dependência de tecnologia e inovação.



Do que apresentamos, segue-se a segunda característica do novo ciclo da dominação.

2) DEFICIT CONTÍNUO NAS RELAÇÕES DE TROCA DE PRODUTOS INDUSTRIAIS BRASILEIROS COM ESTRANGEIROS:

Ao produzir produtos de intensidade tecnológica moderada ou baixa, comumente voltados para o consumo final e demandar meios de produção e produtos de elevada intensidade tecnológica, a balança comercial de produtos manufaturados no Brasil é sempre negativa e deficitária. Mas não apenas isso. O capital estrangeiro e nacional nem de longe ocupam o mesmo papel no interior do mercado interno.

Enquanto o capital estrangeiro obtém meios de produção e crédito em relações diretas com suas respectivas matrizes mundiais que operam em dólar, o capital nacional ocupa os poros desse sistema, demandando custosas operações em dólar para renovar seu capital fixo. Esse quadro, cria a tendência de uma menor produtividade do trabalho e a tentativa de minimizá-la por meio da superexploração, isto é, pagando aos trabalhadores salários abaixo do valor de sua força de trabalho.

Não fosse o bastante, essas mesmas empresas estrangeiras, quando não encontram um campo fértil para a ampliação em sua escala de produção no país, remetem suas remessas de lucro para o exterior, convertendo reais em dólares e vulnerabilizando em um só golpe a produção e a moeda brasileira. Tudo isso é favorecido pela fase imperialista que se desenvolveu em grau máximo nas décadas que se seguiram ao pós-guerra, quando não há mais limites para operações de transferências de valor para o exterior, mesmo quando se tratam de transferências unilaterais de valor em função do controle da propriedade.

Todo esse quadro acima descrito, levaria a economia do Brasil ao colapso em um prazo relativamente pequeno. Para tapar todo o buraco produzido pelos déficits nas trocas de mercadorias e nas remessas de capital para o exterior, o Brasil tem, sim ou sim, que compensá-lo com a produção extensiva e horizontal de matérias-primas. O ciclo se fecha.





3) O DÉFICIT NA BALANÇA DE PAGAMENTOS É COMPENSADO PELO SETOR EXPORTADOR, COMPOSTO PREDOMINANTEMENTE POR PRODUTOS PRIMÁRIOS DE BAIXA INTENSIDADE TECNOLÓGICA:

No quadro anteriormente descrito, resta ao país exportar o máximo possível de seus recursos naturais quando a baixa intensidade tecnológica pode ser compensada pela ampliação da produção e a superexploração da força de trabalho, fazendo uso da dimensão continental do país e da abundância de recursos naturais e de matrizes de energia. O que discutiremos mais adiante.

Tem-se, assim, um novo ciclo de dominação ou, se se preferir, de dependência. Apesar de romper a unilateralidade do período colonial, quando o país se ligava ao capitalismo mundial fundamentalmente pela troca de mercadorias — fornecendo matérias-primas e produtos minerais em troca de produtos manufaturados para um setor restrito da população, destinando o excedente diretamente ao colonizador —, agora, na fase imperialista, por meio da exportação de capitais, o país alimenta não apenas o mercado internacional com matérias-primas, mas também oferta o seu mercado interno ao capital estrangeiro. Este, contudo, além de manter a propriedade e o controle do capital aqui aplicado, transfere para o país apenas empresas capitalistas associadas ao consumo final, conservando em seus respectivos países o controle tecnológico e a produção da fração mais importante do capital: o capital fixo. Resta ao capital nacional as brechas desse sistema, operando meios de produção de menor intensidade tecnológica, associados à cadeia de produção das multinacionais. Da mesma forma, os excedentes são destinados aos países dominantes na forma de remessa de lucros, juros e dividendos.

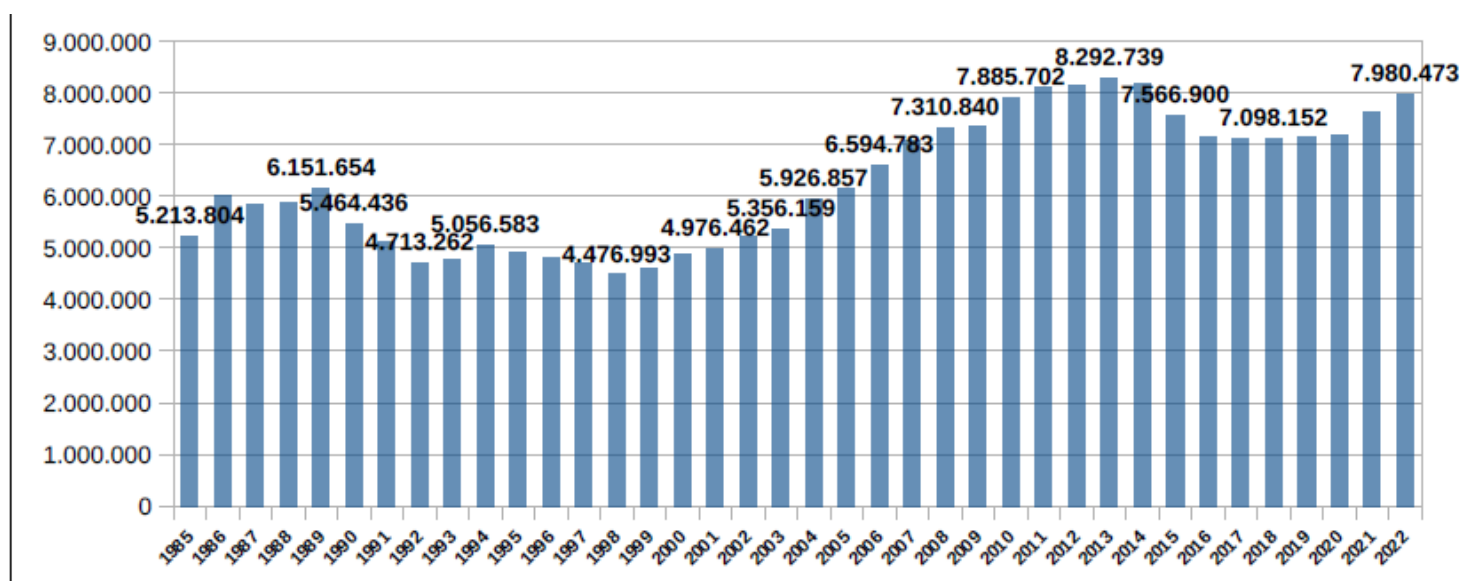
Se é verdade que, em seus começos, a consolidação pela ditadura militar da associação com o capital estrangeiro permitiu um avanço na constituição de um mercado interno brasileiro tipicamente capitalistas, foi apenas para, no momento seguinte, destruir a débil indústria brasileira que se desenvolvia, subordinar toda produção de riquezas do país ao capital estrangeiro para onde migram todos excedentes. Nos últimos 30 anos, essa dominação assumiu um caráter totalmente parasitário, de modo que os investimentos externos servem, agora, tão somente para se apropriar dos recursos e infraestruturas já existentes no país sem uma contrapartida no processo interno de produção de riquezas.





Esse quadro parece ser contradito quando vemos que o Brasil ainda possui um proletariado industrial significativo. Vejamos a evolução quantitativa do proletariado industrial brasileiro empregado na indústria de transformação.

Total de trabalhadores na indústria de transformação no Brasil entre 1985 e 2022



Fonte: RAIS-MTE. Elaboração: ILAESE

Não há, pelo menos por enquanto, uma desindustrialização absoluta. De qualquer forma, é fundamental um exame qualitativo desses dados.

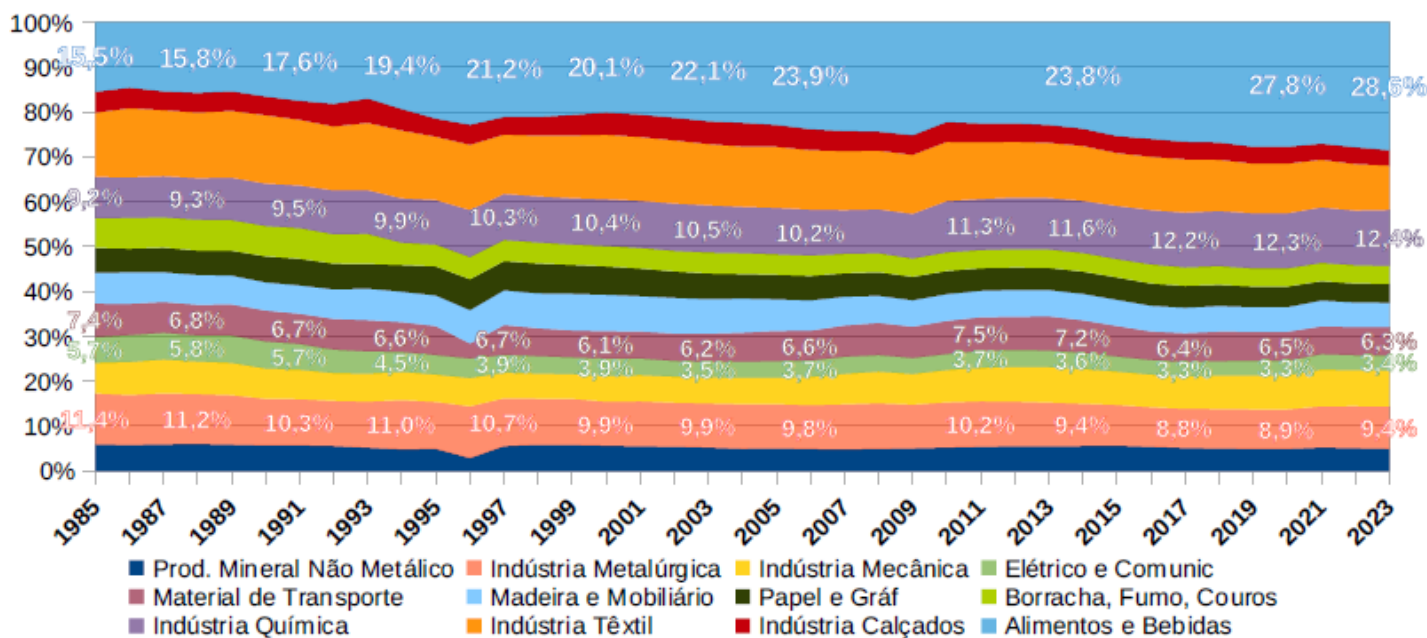
Em primeiro lugar, o proletariado industrial brasileiro ficou estagnado ou mesmo em queda absoluta e sobretudo relativa entre 1985 e 2003. Desde então, sobretudo entre 2004 e 2012, ele cresceu tanto absolutamente quanto relativamente até atingir mais de 8 milhões de trabalhadores, no entanto, esse crescimento se deu quase que exclusivamente na indústria de alimentos, o setor de menor intensidade tecnológica e organicamente entrelaçado ao agronegócio, em empresas monopolistas como a JBS, a BRF, Ambev, Itambé etc.

Indicamos abaixo a distribuição do proletariado industrial na Indústria de Transformação.





Distribuição da classe trabalhadora na Indústria de Transformação



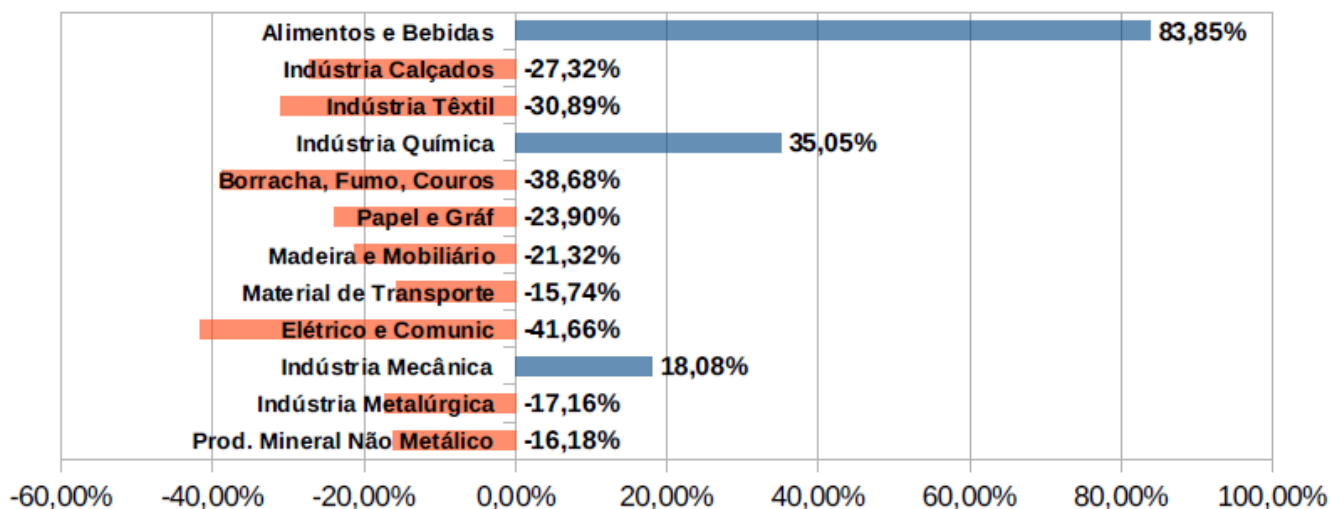
Na indústria de transformação, 15,5% do proletariado industrial atuava na indústria de alimentos e bebidas em 1985, esse percentual quase dobrou e passou para 28,6% ao fim de 2023. Houve ainda um crescimento significativo na indústria química que passou de 9,2% para 12,4%. Em todos setores de maior intensidade tecnológica houve queda. No setor elétrico e de comunicações, que sempre foi relativamente pequeno, passou de 5,7 para 3,4%. O setor de material de transporte, que engloba o setor automobilístico e a aviação, passou de 7,4% para 6,3%. A indústria metalúrgica passou de 11,4% para 9,4%. O setor elétrico e de comunicações a queda foi não apenas relativa, mas absoluta. O setor possuía 372 mil trabalhadores em 1989 e 277 mil trabalhadores ao fim de 2023.

Abaixo, indicamos a variação do percentual de cada um desses subsectores, mostrando de forma definitiva que o principal retrocesso estrutural do país não foi tanto a redução absoluta dos trabalhadores formais atuantes na indústria de transformação, mas de sua conformação interna que migrou, cada vez mais, dos setores de média e elevada tecnologia para os setores de baixa intensidade tecnológica e organicamente vinculados a produção primária.



**Variação do percentual ocupado por cada subsetor na indústria de transformação entre 1985 e 2023**

1985 e 2023



Fonte: RAIS-MTE. Elaboração: ILAESE

Portanto, se, quantitativamente, houve um certo crescimento do mercado interno brasileiro nos dois primeiros mandatos do governo Lula, como pode ser notado na evolução quantitativa do proletariado industrial no período; qualitativamente temos um duplo retrocesso. Em primeiro lugar, internacionalmente, o Brasil fica de fora dos principais setores de elevada tecnologia que se expandiram nas últimas três décadas, descendendo na divisão internacional do trabalho. Em segundo lugar, esse crescimento interno abarca fundamentalmente a indústria de alimentos, umbilicalmente ligada ao agronegócio. Conforme caracterizou Gunder Frank décadas atrás, temos a concentração dos capitais nos países periféricos em ramos secundários do processo de acumulação, o que ele denominou lumpen-desenvolvimento. Setores que, como conclui João Ricardo Soares, “estaria[m] para a época da nanotecnologia como estiveram o café e o açúcar para a indústria têxtil e a máquina a vapor”. Hoje, em países dominados como o Brasil, os setores exportadores, centrados em produtos primários, tal como no período colonial e do velho imperialismo, continuam a cumprir um papel decisivo, mas qualitativamente distinto.

No capitalismo colonial, os produtos voltados para a exportação eram, para utilizar a feliz expressão de Caio Prado Junior: o sentido da colonização. Não importa o tamanho do mercado interno existente no interior do Brasil, o fato é que toda a estrutura colonial estava orientada para atender o mercado estrangeiro com matérias-primas e insumos de todos os tipos: pau-brasil, cana de açúcar, prata e ouro, café, borracha e assim por diante. Com um mercado interno ainda incipiente em termos capitalistas, está dada a possibilidade de se desenvolver internamente às colônias relações de trabalho não tipicamente capitalista, como o trabalho compulsório de comunidades inteiras na América andina sob controle dos espanhóis e o trabalho escravo de populações africanas e também indígenas tanto na América





espanhola como portuguesa. No curso do século XX, os produtos voltados à exportação passaram a cumprir um outro papel no interior dos países dominados no sistema imperialista mundial, deixaram de ser o sentido da dominação, para se converterem em uma peça em seu interior, ainda que uma peça fundamental.

A mudança é dupla. Agora, do ponto de vista do capital internacional não interessa apenas as mercadorias que países como o Brasil exportam, mas, principalmente, o seu mercado interno para onde esses capitais são exportados. O capital estrangeiro precisa de um novo ninho para chocar seus ovos. Não é uma questão qualquer, pois o capital necessita se expandir em toda e qualquer situação sob pena de perecer e se desvalorizar. Isso ocorre porque uma empresa capitalista pode manter a mesma escala de produção apenas reinvestindo os custos de produção de um dado empreendimento. Segue-se daí que toda a mais-valia, exceto uma fração menor destinada ao consumo do capitalista, apenas pode manter a sua base de valor quando é utilizada para ampliar a escala de produção, mesmo que em outro ramo de produção quando é transferida por meio dos mecanismos financeiros: empréstimos, ações, títulos de dívida.

Ao abarcar todo o seu mercado interno, os países capitalistas dominantes necessitam exportar não apenas as mercadorias que não conseguem vender em seu interior, mas o capital excedente que não mais encontra locais para sua aplicação lucrativa. Temos a partilha do mundo entre as potências capitalistas, não apenas em termos de dominação política e militar visando o comércio de mercadorias, mas em termos de novos mercados para onde fluem os seus capitais. Tal processo se desenvolveu no Brasil, particularmente nas décadas de 1950 a 1970.

Nessa nova conformação, a exportação de produtos primários deve não apenas atender à demanda internacional por matérias-primas específicas, mas serve também para equilibrar a balança de pagamentos nacional sempre oscilante pela fuga constante do capital estrangeiro aqui aplicado e pelo deficit na balança de pagamentos de produtos industrializados, o qual demanda importar os meios de produção mais sofisticados em dólar. Em suma, a receita gerada por essas exportações se tornou essencial para financiar importações sempre crescentes, sobretudo de bens manufaturados e tecnologia, que sustentavam um mercado interno. Temos uma troca qualitativamente assimétrica, o que apenas pode ser compensado elevando horizontalmente e extensivamente a produção dos produtos destinados a importação.

Nesse ciclo vicioso, não há outra saída. Caso as importações superassem continuamente as exportações, o déficit resultante pressionaria a moeda nacional, desvalorizando-a. Teríamos um efeito cascata: a perda de valor da moeda encareceria as importações, elevando os custos de bens importados e inviabilizando a manutenção do mercado interno nos moldes estabelecidos. Não apenas o poder de compra da população seria comprometido, mas também as condições necessárias para atrair e

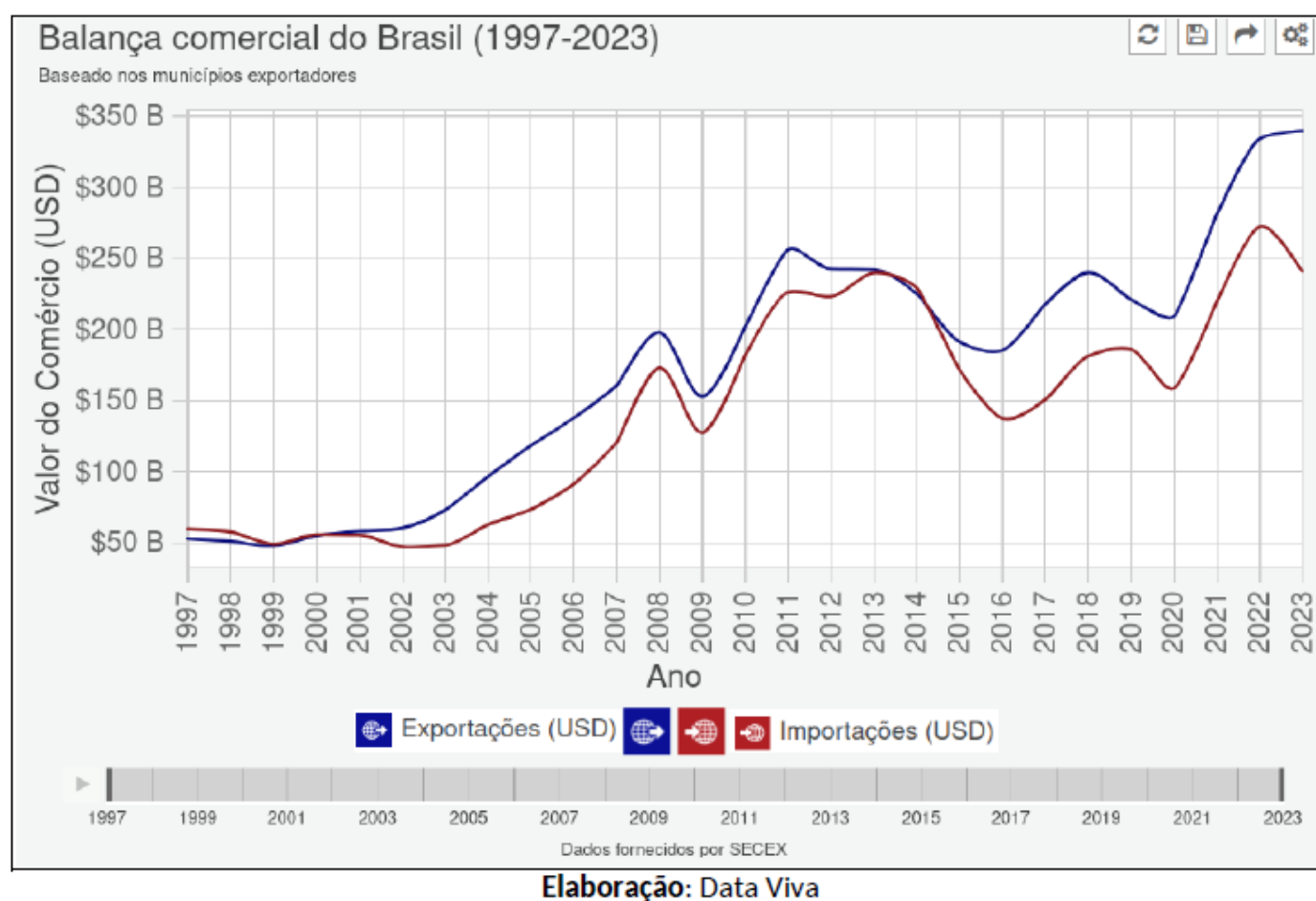




manter investimentos estrangeiros. Portanto, a sustentabilidade desse modelo dependia, e ainda depende, de uma gestão delicada do comércio exterior, que busca evitar déficits prolongados e as consequências negativas da desvalorização monetária.

E, de fato, no últimos 25 anos, esse tem sido o grande trunfo que tem, por assim dizer, salvado o Brasil de um colapso econômico similar ao argentino. O país, como vimos, tem se desmantelado dia após dia estruturalmente. No entanto, isso vem sendo compensado pela produção crescente de petróleo, minérios e produtos agropecuários. A pergunta é: até quando.

Eis a balança comercial brasileira desde 1997:



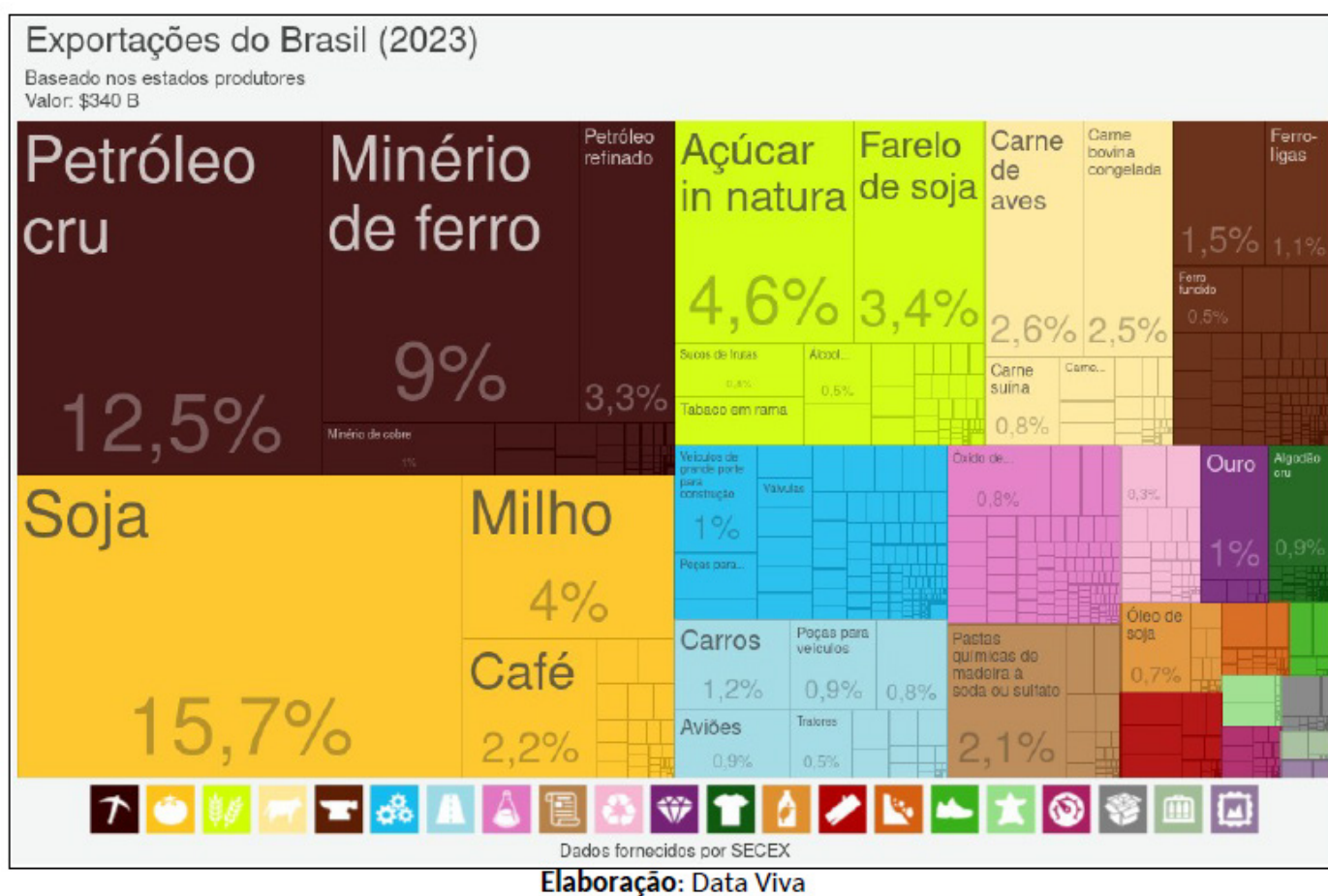
Com exceção de um breve período entre 2013 e 2014, o Brasil vem conseguindo manter essa balança comercial favorável, sobretudo com a grande ascensão da China que, como vimos, é a principal compradora das commodities brasileiras. Contraditoriamente, esses números positivos indicam um retrocesso crônico e com consequências futuras devastadoras.





O Brasil tem conseguido uma balança comercial favorável elevando quantitativamente a produção das assim chamadas commodities, esgotando as suas reservas, devastando as condições naturais em um ritmo avassalador, ao mesmo tempo que a sua produção, e principalmente as suas importações, perde em diversificação e valor agregado, demandando novamente que a produção de soja, minério de ferro, petróleo etc. seja uma e outra vez ampliada.

O que dissemos pode ser constatado comparando a composição das exportações brasileiras em 1997, quando a balança comercial foi desfavorável, e em 2023, quando ela foi amplamente favorável.



Em 1997, as exportações brasileiras de produtos alimentícios, de origem vegetal e minerais representavam, juntas, 33,8% das exportações do país. A exportação de máquinas e produtos de metais correspondia a 24%, enquanto produtos de transporte, como automóveis, ônibus e aviões, representavam 10,6% do total exportado. Em 2023, essa configuração mudou significativamente. As exportações de produtos alimentícios, de origem vegetal e minerais passaram a representar 61,7% das exportações brasileiras. Por outro lado, as exportações de máquinas e produtos de metais caíram para menos de 12%, e os produtos de transporte não alcançaram nem 5% do total exportado.



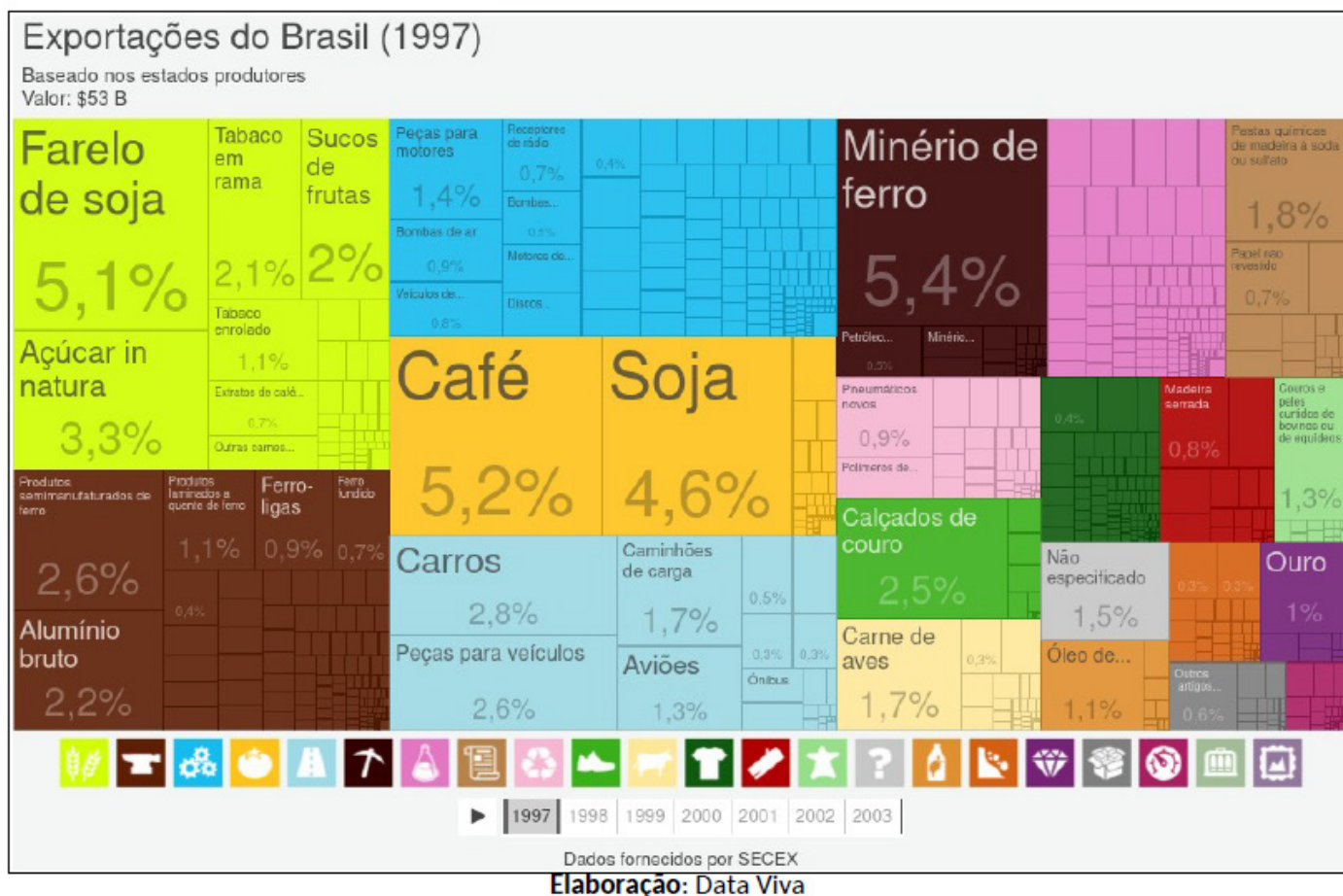
Importações do Brasil (2023)

Baseado nos estados produtores
Valor: \$239 B

Category	Value (%)
Petróleo refinado	7,2%
Petróleo cru	3,8%
Turbinas a gás	2,7%
Circuitos integrados	2%
Soros e...	2,3%
Fertilizantes potássicos	2,1%
Medicamentos embalados	2%
Pesticidas	2%
Fertilizantes mistos minerais ou químicos	1,9%
Fertilizantes nitrogenados	1,7%
Telefones	1,7%
Briquetes de carvão	1,7%
Compostos heterocíclicos com nitrogênio	1,5%
Peças para veículos	3%
Carros	2,4%
Caminhões de carga	1,4%
Cobre refinado	0,8%
Produtos...	0,5%
Trigo	0,5%
Arroz	0,5%
Óleo...	0,5%
Bau...	0,3%

Dados fornecidos por SECEX

Elaboração: Data Viva



Como já havíamos tratado, o setor de máquinas e equipamentos constitui a maior fração das importações brasileiras, seguido pelos produtos químicos que atendem predominantemente o agronegócio, sobretudo fertilizantes e pesticidas. Em seguida, temos petróleo refinado, além da cadeia de produção do setor automobilístico.

O quadro que descrevemos vem se agravando dia após dia. O Brasil caminha para uma situação análoga a da Argentina, que não passa do Brasil acelerado. Como a Argentina tem dificuldades para manter uma balança comercial favorável, os dólares saem do país em um ritmo maior do que entram, desvalorizando continuamente a moeda local, gerando inflação crônica e tornando os títulos da dívida pública interna, emitidos em moeda local, em pedaços de papel sem nenhum valor. Esse quadro obriga a Argentina a recorrer cada vez mais aos empréstimos externos por meio das instituições financeiras globais.

As revoluções tecnológicas em curso apenas agravam esse cenário, distanciando cada vez mais o Brasil da cadeia mundial de valor controlada pelos países imperialistas e aferrando o país no ciclo da dominação, em que Estado e o capital privado nacional mostram-se cada vez mais impotentes. Interessa apenas a classe trabalhadora reverter esse cenário de degradação, empobrecimento e violência.





Conclusões

Como assinalamos na Introdução, os aspectos que conformam a assim chamada quarta revolução industrial ainda estão distantes de atingir sua maturidade. Vários deles, como a inteligência artificial, ainda estão em seus estágios iniciais de desenvolvimento. Quanto ao impacto desses aspectos não é possível outra coisa senão especular. No entanto, inúmeros outros aspectos já possuem um grau de desenvolvimento considerável e sobre eles centramos a presente análise.

É possível indicar as seguintes conclusões (provisórias) sobre os impactos da revolução tecnológica em curso.

Observamos uma tendência de verticalização da produção industrial, unificando fornecedores e matriz em um único processo produtivo centralizado (independentemente de sua separação jurídica). Essa reorganização reduz o número total de trabalhadores necessários, ao mesmo tempo em que os concentra em um mesmo espaço físico, integrando diversas etapas anteriormente intermediárias em um sistema automatizado. A sincronização automatizada das atividades faz com que a paralisação de um fornecedor interrompa imediatamente a produção da empresa central. Apesar disso, esse processo reforça o papel da maquinaria – especialmente com o advento da inteligência artificial – como elemento subjetivo dominante do processo produtivo. Isso permite a fragmentação dos trabalhadores em diversas empresas juridicamente distintas, com trabalho cada vez mais segmentado e dependente de menor qualificação. Como apontado por autores como Hermann et al. (2016) e Kagermann et al. (2013), a Indústria 4.0 promove uma cadeia de valor mais interligada, reduzindo a necessidade de intermediários e consolidando operações sob um controle centralizado, mesmo que juridicamente fragmentadas.

O novo processo atinge de forma inédita o pequeno e médio capital, bem como os setores pequeno-burgueses. Embora tenha surgido no interior da indústria, as plataformas digitais, os grandes centros computacionais, o desenvolvimento intensivo e extensivo da internet, a inteligência artificial e a digitalização dos valores de uso favorecem a centralização do capital em setores outrora difíceis de centralizar, como o comércio, o transporte, os serviços e a comunicação. Setores que, nas décadas anteriores, estavam pulverizados em milhares de empreendimentos individuais são agora centralizados em empresas monopolistas globais, como as de e-commerce e as Big Techs da indústria digital, naquilo que Srnicek (2020) denominou capitalismo de plataforma.





Acresce-se a tendência de supressão das empresas de base nacional, absorvidas pelos grandes monopólios globais. Essa tendência geral do modo de produção capitalista atinge, agora com intensidade inédita, setores até então pouco permeáveis a tal processo, como o comércio, os transportes e os meios de comunicação nacionais.

Ao lado do revolucionamento do processo produtivo, com particular impacto nos setores que não são produtores de mercadorias, temos a revolução dos produtos, cada vez mais digitalizados e vinculados a uma unidade central durante todo o seu período de uso. De motores de avião, carros elétricos e autônomos a casos mais óbvios, como streamings de áudio e vídeo, o capital tende a ser servitizado – isto é, o que é vendido ao consumidor final não é o produto, mas o seu direito de uso. Esse processo permite ao capital expandir a sua esfera de acumulação, capitalizando diretamente sobre o consumo e atrelando todos os consumidores a uma rede mundial centralizada, guiada por algoritmos agora capazes não apenas de mapear o comportamento dos indivíduos, mas de nele intervir ativamente.

A emergência de novos produtos que não são o resultado direto das revoluções tecnológicas anteriores, mas substancialmente novos em conformidade com as novas necessidades e tecnologias, possibilitou a China ingressar na ordem social imperialista, assumindo a dianteira em novos ramos de produção que não demandavam correr atrás de décadas de conhecimento acumulado. Uma disputa intercapitalista entre China e Estados Unidos tende a marcar toda a nossa época histórica.

Ao contrário da propaganda oficial da Indústria 4.0 e do Toyotismo, a tendência é a simplificação do trabalho realizado pela massa de trabalhadores. Além de simplificar a maior parte das modalidades de trabalho, possibilitando a adoção em massa de trabalhos intermitentes, terceirizados e temporários; a revolução técnica em curso sob a forma capitalista desfere um golpe inédito no trabalho de elevada qualificação, substituindo-o em massa por meio da inteligência artificial. Como desenvolvido por Davenport e Kirby (2016) e outros tantos, algumas funções tendem a ser eliminadas, outras são parcializadas. Temos, ainda, a expansão do trabalho por peça a um nível apenas comparável ao trabalho doméstico nos séculos XVIII e XIX, servindo como base para o discurso do empreendedorismo e da iniciativa individual.

Temos uma contradição relevante. Ao mesmo tempo que as diversas modalidades de trabalho são simplificadas e, desse ponto de vista, homogeneizadas, esse mesmo processo permite a sua fragmentação quase infinita, na medida em que se reduz a dependência das empresas de qualidades específicas de seus trabalhadores.

Todo este conjunto de transformações produz um campo significativamente mais amplo para a atuação do capital financeiro. O capital financeiro, como sabemos, não são os bancos, mas a fusão do capital bancário com o capital industrial. Em 1916, partindo das leis sobre a centralização da propriedade e a concentração da produção





nas grandes empresas, desenvolvidas em O Capital, Lênin expõe que a tendência a centralização da produção no sistema capitalista gerava os monopólios: grandes empresas que passavam a controlar o mercado, destruindo a livre concorrência e estabelecendo uma concorrência entre grandes monopólios mundiais. Estas empresas se transformam na forma dominante da produção, concentrando o capital e centralizando cada vez mais a propriedade. Esta forma dominante em que se apresenta o capital, o monopólio da produção, se expressa também no sistema bancário, que monopolizaria o dinheiro. A fusão destes dois monopólios origina o capital financeiro. A partir de então um punhado de países onde se concentram estas grandes empresas passam a controlar o mercado mundial e subordinar os países aos seus interesses.

Apesar do intenso desenvolvimento do capital financeiro no curso do último século, nesse período ele conviveu com setores expressivos do médio e pequeno capital, sobretudo no setor de serviços, comércios e fornecedores. O atual processo de transformação tecnológica cria possibilidades inéditas para o capital financeiro, permitindo que seus tentáculos se estendam para setores que até então se mantiveram mais ou menos a margem.

Este processo de concentração e centralização dos trabalhadores em torno dos grandes monopólios, talvez explique a grande ofensiva do capital contra os aparatos de organização e luta que foram forjados pela classe historicamente. Existe uma grande ofensiva no discurso de trabalho individualizado. No entanto, este discurso se opõe frontalmente aos processos que de fato se desdobram na sociedade. A grande contradição e desafio, nos parece, é outra: a formação de um exército industrial de reserva cada vez mais numeroso e desgarrado dos centros de organização e produção da riqueza capitalista. Ao mesmo tempo, setores do trabalho assalariado de elevada qualificação, bem como profissionais autônomos ou ligados aos pequenos e médios empreendimentos são paulatinamente proletarizados e, em desespero, abraçam discursos das diversas tendências de extrema-direita.

Esse processo, ainda que conviva com a emergência de novos ramos de produção de baixa composição orgânica de capital (isto é, setores onde o peso relativo do trabalho vivo ainda supera o capital constante, como em plataformas digitais de serviços), acelera a elevação da composição orgânica na economia como um todo. Trabalhadores são substituídos em massa – inclusive os altamente qualificados, como engenheiros, analistas financeiros e até profissionais criativos – por sistemas automatizados que integram máquinas, softwares e inteligência artificial em redes centralizadas de produção. Essa substituição não é pontual, mas estrutural: conforme mostra Aaron Benanav (2020), a produtividade cresce, mas o emprego não acompanha, mesmo em setores high-tech.





O resultado paradoxal é a redução da massa global de mais-valia – já que, como lembra Marx no Livro III de O Capital, só o trabalho vivo gera valor. A queda tendencial da taxa de lucro, longe de ser compensada pela expansão de mercados (como argumentavam Rosa Luxemburgo ou David Harvey), agora é agravada pela automação de cadeias produtivas. Diante disso, o capital busca contramedidas:

Centralização acelerada: Fusões e aquisições (como a absorção de startups por Big Techs) para monopolizar fontes de lucro, reproduzindo em escala digital o que Lenin descreveu no imperialismo.

Intensificação da exploração: Precariedade (plataformização), extensão da jornada (via controle algorítmico), e financeirização.

A crise é dupla: se a automação reduz a base valorizável do capital, a resistência a reduzir lucros leva a uma espiral de superexploração que alimenta crises de realização (ex.: trabalhadores sem renda para consumir). Esse é o cerne da contradição: o mesmo sistema que elimina trabalho vivo depende dele para sobreviver.

O problema de fundo é sempre o mesmo, mas manifesto de distintas formas em cada época histórica: como explica Marx, a “razão última de todas as crises”, que **“é sempre a pobreza e a restrição ao consumo das massas** em contraste com o ímpeto da produção capitalista a desenvolver as forças produtivas como se estas tivessem seu limite apenas na capacidade absoluta de consumo da sociedade”. A lei geral da acumulação capitalista, apresentada na última seção do Livro I de O Capital, mostra-se, aqui, em sua expressão mais concreta e determinada. O problema de fundo jamais é monetário ou financeiro. Ambos são apenas a forma de expressão da contradição já exposta de que “a acumulação de riqueza num polo é, ao mesmo tempo, a acumulação de miséria, o suplício do trabalho, a escravidão, a ignorância, a brutalização e a degradação moral no polo oposto, isto é, do lado da classe que produz seu próprio produto como capital”.





Referências

BENANAV, A. *Automation and the future of work*. New Left Review, 2019.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: W. W. Norton & Company, 2014.

DAVENPORT, T. H.; KIRBY, J. *Only Humans Need Apply: Winners and Losers in the Age of Smart Machines*. 1. ed. New York: Harper Business, 2016.

DELOITTE. *2018 Banking Outlook: Accelerating the Transformation*. London: Deloitte, 2018.

ELOUNDOU, T.; MANNING, S.; MISHKIN, P.; ROCK, D. *GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models*. *arXiv:2303.10130v4 [econ.GN]*, 2023.

GWATA, M. *To Flourish in the Fourth Industrial Revolution, We Need to Rethink These 3 Things*. In: *World Economic Forum*, 2019.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*. Dortmund: Technische Universität Dortmund, 2015.

LEE, B.-H.; JO, H.-J. *The Mutation of the Toyota Production System: Adapting the TPS at Hyundai Motor Company*. *International Journal of Production Research*, v. 45, n. 16, p. 3665–3679, 15 ago. 2007.

JE JO, H.; YOU, J.-S. *Transferring Production Systems: An Institutional Account of Hyundai Motor Company in the United States*. *Journal of East Asian Studies*, v. 11, p. 41–73, 2011.

JO, H. J. *The Hyundai Way: The Evolution of a Production Model*. Global Asia, 2010.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0*. Final Report, Acatech, 2013.





MARTIN, C. et al. *Readiness for the Future of Production Report 2018*. In: *World Economic Forum's System Initiative on Shaping the Future of Production*, 2018.

MARX, K. *O Capital – Livro I*. São Paulo: Boitempo Editorial, 2013.

MARX, K. *O Capital – Livro III*. São Paulo: Boitempo Editorial, 2017a.

MINDELL, D.; REYNOLDS, E. *The Work of the Future: Shaping Technology and Institutions*. MIT Industrial Performance Centre, Cambridge, 2019. 58 p.

Disponível em:

<https://web.mit.edu/2.810/www/files/readings/WorkOfTheFuture.pdf>.

NETO, A. M. N.; ARAÚJO, B. A. *Transformação Digital no Sistema Bancário Brasileiro: Um Estudo sobre as Fintechs*. UFRJ, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10031686.pdf>.

NUNES, F. D. L. et al. *Análise entre Posicionamento Estratégico, Estratégia de Produção Clássica e Estratégia de Produção da Hyundai*. *Revista Espacios Caracas*, v. 36, n. 3, p. 5, 2015.

QUATROCHI, G.; SILVA, A. L. G.; CASSIOLATO, J. E. *Bancos 4.0 no Brasil: O que Está em Jogo na Concorrência do Setor*. 2021. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/v-enei/674.pdf>.

PORTER, M.; HEPPELMANN, J. *How Smart, Connected Products Are Transforming Competition*. *Harvard Business Review*, Nov. 2014, p. 65–88.

PORTER, M.; HEPPELMANN, J. *How Smart, Connected Products Are Transforming Companies*. *Harvard Business Review*, Oct. 2015, p. 64–83.

RUBIN, I. I. *A Teoria Marxista do Valor*. São Paulo: Brasiliense, 1980. p. 27–33.

SCHWAB, K. *The Fourth Industrial Revolution*. Genebra: World Economic Forum, 2016.

SCHRÖDER, R. et al. *Análise da Implantação de um Processo Automatizado em uma Empresa Calçadista: Um Estudo de Caso à Luz do Sistema Hyundai de Produção e a Indústria 4.0*. *Revista Espacios Caracas*, v. 36, n. 18, p. 19, 2015.





SOARES, J. R. *O Capital Financeiro e o Capital-Imperialismo*. In: GODEIRO, N.; SOARES, J. R. *Neodesenvolvimentismo ou Neocolonialismo: Sobre o Mito do Brasil Imperialista*. São Paulo: Sundermann, 2016.

SRNICEK, N. *Paths Forward for the Study of the Digital Economy*. In: MULDOON, J.; STRONGE, W. *Plataforming Equality: Police Challenges for the Digital Economy*. Autonomy Research Ltd., 2020. p. 85–90.

SRNICEK, N. *Platform Capitalism*. Cambridge: Polity Press, 2017.

UATROCHI, G.; SILVA, A. L. G.; CASSIOLATO, J. E. *Bancos 4.0 no Brasil: O que Está em Jogo na Concorrência do Setor*. 2021. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/v-enei/674.pdf>.

VRIES, A. de. *The Growing Energy Footprint of Artificial Intelligence*. *Joule*, v. 7, n. 10, p. 2191–2194, 2023.

VRIES, A. de. *Bitcoin's Energy Consumption Is Underestimated: A Market Dynamics Approach*. *Energy Research & Social Science*, v. 70, 2020, p. 1.

ZUBOFF, S. *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*. New York: PublicAffairs, 2019.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). *The Future of Jobs Report 2018*. Set. 2018. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). *The Future of Jobs Report 2020*. Out. 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>.

EXPEDIENTE

Contato: Rua Curitiba, 862, sala 307. Centro - Belo Horizonte - MG - CEP: 30170-124. Telefone: (31) 2520-2008 - (31) 9697-4672 - ilaese@ilaese.org.br - www.ilaese.org.br. CNPJ 05.844.658/0001-01. Diagramação: Anna Sant'Anna.

