

Revoluções tecnológicas e desenvolvimento em perspectiva evolucionária: nota introdutória sobre “Qual é o lugar da inteligência artificial na história?”, por Carlota Perez

Caetano Christophe Rosado Penna¹

Resumo

Este texto introduz o artigo de Carlota Perez sobre o papel da inteligência artificial (IA) no contexto das revoluções tecnológicas. Apresenta a teoria de Perez sobre os cinco grandes ciclos tecnológicos do capitalismo e seu argumento de que a IA é parte da atual revolução das tecnologias da informação e comunicação (TIC), não uma revolução separada. O texto discute as implicações dessa perspectiva para políticas de desenvolvimento, particularmente no contexto brasileiro e o Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA).

Abstract

This text introduces Carlota Perez’s article on the role of Artificial Intelligence (AI) in the context of technological revolutions. It presents Perez’s theory of the five major technological cycles of capitalism and her argument that AI is part of the current Information and Communication Technologies (ICT) revolution, not a separate revolution. The text discusses the implications of this perspective for development policies, particularly in the Brazilian context and the Brazilian Artificial Intelligence Plan (PBIA).

¹ Diretor do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE); professor adjunto do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); e pesquisador visitante da Universidade de Tecnologia de Delft (TU Delft), Países Baixos.

Palavras-chave: Revoluções tecnológicas. Inteligência artificial. Desenvolvimento econômico. Carlota Perez. Paradigmas tecno-econômicos. Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA).

Keywords: Technological revolutions. Artificial intelligence. Economic development. Carlota Perez. Techno-economic paradigms. Brazilian Artificial Intelligence Plan (PBIA).

1. Introdução

Carlota Perez, renomada professora, pesquisadora e consultora britânico-venezuelana, destaca-se como uma das principais referências no campo da economia evolucionária e dos estudos sobre mudança tecnológica e desenvolvimento econômico. Sua trajetória intelectual combina experiência prática em políticas de inovação e desenvolvimento industrial na América Latina com uma sólida formação teórica. Ao longo de sua carreira, atuou como pesquisadora convidada em instituições de excelência, como a *Science Policy Research Unit* (SPRU) da Universidade de Sussex, a Universidade de Cambridge e a *London School of Economics* (LSE). Em 2021, recebeu um doutorado honorário da Universidade de Utrecht, em reconhecimento à sua contribuição para a compreensão da interação entre tecnologia, instituições, finanças e sociedade. Atualmente, é professora honorária do Instituto para Inovação e Políticas Públicas (IIPP) da *University College London*. Uma constante em seu trabalho é a defesa de que o progresso tecnológico deve ser acompanhado por políticas públicas que direcionem as inovações para o bem comum.

O trabalho de Perez é reconhecido principalmente pelo desenvolvimento do conceito de “paradigmas tecnoeconômicos”, que articula as revoluções tecnológicas com mudanças abrangentes nos sistemas econômicos, sociais e institucionais, e por sua periodização das cinco revoluções tecnológicas que marcam a história do capitalismo. De acordo com Perez (PEREZ, 2002; PEREZ; MURRAY LEACH, 2022), as cinco revoluções tecnológicas são:

1. Revolução Industrial Clássica (1771-1828).
2. Era do Vapor e das Ferrovias (1829-1874).
3. Era do Aço, Eletricidade e Engenharia Pesada (1875-1907).
4. Era do Petróleo, do Automóvel e da Produção em Massa (1908-1970).
5. Era da Informação e das Telecomunicações (1971-em curso).

Cada uma dessas revoluções é caracterizada por um conjunto de inovações tecnológicas e acompanhada por um paradigma tecnoeconômico específico. Este paradigma representa um modelo de “melhores práticas” que define a lógica coletiva que guia a inovação, os investimentos e os padrões de organização durante um período específico (PEREZ, 2009). Esse paradigma estabelece não apenas as trajetórias tecnológicas dominantes, mas também influencia as estruturas organizacionais, os modelos de negócios e, até mesmo, as instituições socioeconômicas, moldando, assim, o senso comum dos agentes econômicos em termos de inovação, produção e tomada de decisões.

Sua obra mais influente, *Revoluções tecnológicas e capital financeiro: a dinâmica de bolhas e anos dourados* [*Technological Revolution and Financial Capital: the Dynamic of Bubbles and Golden Ages* – sem edição em português²] (PEREZ, 2002), sintetiza décadas de pesquisa e oferece um arcabouço teórico para compreender os grandes ciclos de desenvolvimento capitalista, integrando inovação tecnológica, dinâmica financeira e transformações socioinstitucionais. Trata-se de livro tão fundamental para a compreensão da dinâmica tecnológica e dos grandes ciclos capitalistas de desenvolvimento econômico que a revista *Foreign Affairs*, em seu centenário, inclui-o em sua lista de livros para século na área “econômica, social, e ambiental”, destacando que:

Nem [Alfred D.] Chandler[, Jr.] nem [Alec] Nove [outros dois autores com livros na lista] tinham muito a dizer sobre os papéis das finanças e flutuações econômicas no desenvolvimento da tecnologia. Essas questões foram o foco do influente trabalho de Perez em 2002. Como os economistas Hyman Minsky e Charles Kindleberger antes dela, Perez enfatizou a volatilidade do sentimento do investidor, o papel das novas tecnologias na precipitação de manias dos investidores e a tendência dos mercados financeiros de passar por ciclos de expansão e retração. Ela descreveu como as bolhas, quando estouram, podem ser destrutivas e geradoras: elas deixam para trás não apenas os detritos de investimentos financeiros fracassados, mas também infraestruturas tangíveis que sustentam o crescimento econômico subsequente. O *boom* ferroviário do final do século XIX e a bolha das *pointcom* durante os primeiros anos deste século ilustram sua afirmação. As crises e colapsos financeiros do século XX e início do século XXI podem ter sido custosos e perturbadores, mas foram elementos integrais da marcha contínua, embora instável, da economia de mercado.³

De fato, o arcabouço teórico desenvolvido por Perez amplia a noção de “destruição criativa”, conceito popularizado por Joseph Schumpeter em sua obra *Capitalismo, socialismo e democracia* (SCHUMPETER, 2017 [1942]). Enquanto Schumpeter descreveu como a inovação e o progresso tecnológico podem simultaneamente destruir indústrias estabelecidas e criar novas oportunidades econômicas, Perez aprofunda essa análise. Ela demonstra como constelações de

2 Com edição em espanhol pela editora Siglo XXI (PÉREZ, 2005).

3 Tradução livre. Disponível em: <https://www.foreignaffairs.com/reviews/books-century-economic-social-and-environmental>. Acesso em: 15 out. 2024.

inovações tecnológicas não apenas impactam setores específicos, mas impulsionam mudanças socioeconômicas estruturais profundas na economia como um todo, gerando longos ciclos de desenvolvimento que moldam eras inteiras.

Seu trabalho tem sido fundamental para a compreensão atual da relação entre tecnologia, finanças, inovação e desenvolvimento econômico, bem como entre mudança técnica e institucional. As ideias de Perez influenciam não apenas o campo acadêmico, mas também formuladores de políticas, estrategistas empresariais e investidores de risco e institucionais em diversos países (ANDERSON, 2018; KATTEL; DRECHSLER; REINERT, 2011).

2. Inteligência artificial desde a perspectiva da história das revoluções tecnológicas

O artigo de Carlota Perez, *Qual é o lugar da inteligência artificial na história?*, que tive a honra de traduzir e que se publica nas próximas páginas, oferece uma perspectiva histórica e analítica sobre o papel da inteligência artificial (IA) no contexto mais amplo das revoluções tecnológicas. Essa análise é particularmente relevante no momento atual, em que debates sobre o impacto da IA no mercado de trabalho e na sociedade se intensificam.

Perez argumenta que a IA, longe de ser uma revolução tecnológica isolada, é, na realidade, parte integrante da revolução das tecnologias da informação e comunicação (TIC) iniciada na década de 1970. A revolução das TIC caracteriza-se pela evolução dos microprocessadores (CPU e GPU), cada vez mais rápidos e especializados para IA, e pela abundância de dados (o “insumo barato” da atual revolução, tal qual o petróleo na revolução anterior). Essa visão contextualiza os atuais temores sobre desemprego tecnológico, remisscentes das preocupações recorrentes durante revoluções tecnológicas anteriores, como o movimento ludista no início do século XIX ou as apreensões sobre automação mecânica nas décadas de 1920 e 1930 e, posteriormente, em 1970 e 1980.

É importante ressaltar que interpretar a IA como uma nova revolução tecnológica, em vez de parte da revolução das TIC, teria implicações significativas para as políticas de desenvolvimento. Seguindo a lógica da teoria de Perez, isso significaria assumir que se está na primeira metade de uma nova revolução, um período caracterizado pela liberalização dos mercados e pela liderança do capital financeiro no processo evolutivo. Tal interpretação poderia levar a políticas que favorecem excessivamente a desregulamentação e a especulação financeira, em detrimento de investimentos de longo prazo na economia real e no desenvolvimento de capacidades produtivas.

A autora traça paralelos históricos instrutivos, comparando o papel da IA na atual revolução das TIC com inovações disruptivas do passado que não representaram uma nova revolução, mas um desdobramento da revolução em curso – como a introdução dos plásticos na década de 1930 ou a eletrificação no final do século XIX. Embora inicialmente percebidas como ameaças ao emprego em setores estabelecidos, tais inovações frequentemente resultaram na criação de novas indústrias e oportunidades de trabalho.

Perez argumenta que todas as revoluções tecnológicas seguem um padrão de destruição criativa, em que antigos setores e empregos são eliminados, mas novos surgem, resultando em benefícios econômicos a longo prazo. Atualmente, estaríamos no limiar dos “anos dourados” da revolução das TIC. Essa fase de uma revolução tecnológica, historicamente marcada por crescimento econômico inclusivo e significativos avanços sociais, depende crucialmente de políticas públicas adequadas para moldar mercados e direcionar tecnologias visando a benefícios sociais e, no contexto atual, também ambientais. Perez ressalta que esses anos dourados constituem um jogo de soma positiva entre empresas e sociedade, orquestrado pelo governo – um exemplo histórico sendo o estado do bem-estar social no período pós-guerra. Essas interações sinérgicas têm o potencial de gerar prosperidade compartilhada e desenvolvimento sustentável.

Uma das consequências analíticas da teorização de Perez sobre revoluções tecnológicas é a ideia de janelas de oportunidade de desenvolvimento como um “alvo móvel” (PEREZ, 2001). As oportunidades para o desenvolvimento não são estáticas, mas mudam conforme as revoluções tecnológicas se desdobram nos países centrais (industrializados) e se expandem para países periféricos (em processos de desenvolvimento e emparelhamento industrial). Cada revolução passa por diferentes fases de implantação, criando distintas possibilidades aos países em desenvolvimento. Perez identifica duas principais janelas de oportunidade: uma no início da revolução, quando as novas tecnologias, ainda, são incipientes e acessíveis, e outra durante a transição entre paradigmas, quando tecnologias maduras do paradigma anterior coexistem com as novas tecnologias emergentes. Essa perspectiva dinâmica sobre o desenvolvimento diante de mudanças tecnológicas ressalta a importância de políticas de desenvolvimento flexíveis e adaptativas, capazes de identificar e aproveitar essas janelas de oportunidade em constante evolução.

3. Implicações para o Brasil

No contexto brasileiro, o artigo de Perez oferece lições valiosas para implementação do plano IA para o Bem de Todos ou Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) (CCT, 2024). A perspectiva histórica apresentada realça a importância de políticas proativas que facilitem a transição tecnológica, promovam a requalificação da força de trabalho e estimulem a inovação em setores

emergentes. O PBIA alinha-se com essa visão, buscando não apenas mitigar riscos, mas também capitalizar as oportunidades oferecidas pela IA para impulsionar o desenvolvimento do País de maneira ambientalmente sustentável e socialmente inclusiva.

Ao considerar a IA como parte da revolução das TIC, e não como uma revolução separada, o PBIA beneficia-se de uma perspectiva mais ampla e integrada. Assim, aproveitam-se as lições aprendidas e as estruturas já desenvolvidas durante as fases anteriores da revolução das TIC, ao invés de se reiniciar o processo do zero. Além disso, enfatiza-se a importância de políticas que promovam a difusão e a assimilação ampla da IA em todos os setores da economia, em vez de concentrar-se apenas no desenvolvimento de tecnologias de ponta. Afinal, os anos dourados de uma revolução tecnológica são caracterizados pela ampla disseminação e uso criativo das tecnologias em toda a sociedade.

Cabe ressaltar que a IA não deve ser vista como um fim em si mesma, mas como ferramenta cujo valor reside nos objetivos que permite alcançar. Nessa perspectiva, tanto empresas quanto governos devem primeiramente identificar oportunidades de produção competitiva e, só então, considerar a IA como uma das possíveis tecnologias para impulsionar a inovação em indústrias, produtos ou serviços específicos. Assim, a adoção da IA passa a ser guiada por necessidades concretas e potenciais de mercado, maximizando seu impacto e relevância no contexto mais amplo do desenvolvimento econômico e social.

Toda essa dinâmica sugere que o Brasil tem uma oportunidade única de se posicionar estrategicamente nessa nova fase da revolução das TIC e avançar em sua trajetória de desenvolvimento. Para tanto, fazem-se necessários não apenas o desenvolvimento de capacidades técnicas em IA, mas também a criação de um ecossistema de inovação robusto, apoiado por infraestrutura energética verde, forte capacitação em STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) e uma governança de dados e de IA que seja a um só passo ética, responsável e inclusiva. Nesse cenário, é fundamental que o País adote uma abordagem estratégica, identificando primeiro as áreas de competitividade potencial e, em seguida, aplicando a IA e outras tecnologias, de forma direcionada, para impulsionar a inovação e o desenvolvimento sustentável em setores-chave da economia brasileira.

Em suma, o artigo *Qual o lugar da inteligência artificial na história?* oferece uma perspectiva equilibrada e historicamente fundamentada sobre o papel da IA no desenvolvimento tecnológico e econômico. Nele, Carlota Perez nos lembra que, embora os obstáculos ao desenvolvimento tecnológico soberano sejam desafiadores, as oportunidades para progresso social e econômico são igualmente significativas, desde que sejam desenhadas e implantadas políticas públicas adequadas e visionárias.

4. Referências

- ANDERSON, J. **Aberration or Premonition** Edinburgh: Baillie Gifford & Co, 2018.
- CONSELHO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (CCT). **Plano IA para o Bem de Todos - Proposta de Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA)**. Brasília: CCT, 2024.
- KATTEL, R.; DRECHSLER, W. J. M.; REINERT, E. S. Introduction: Carlota Perez and Evolutionary Economics. In: KATTEL, R.; DRECHSLER, W. J. M., *et al* (Ed.). **Techno-economic paradigms: essays in honour of Carlota Perez**. London ; New York: Anthem Press, 2011. p. 1-18.
- PEREZ, C. Technological change and opportunities for development as a moving target. **CEPAL Review**, n. 12, p. 109-130, 2001.
- PEREZ, C. **Technological revolutions and financial capital: the dynamics of bubbles and golden ages**. Cheltenham, UK ; Northampton, MA, USA: E. Elgar Pub., 2002. xix, 198 p. 1840649224.
- PEREZ, C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge Journal of Economics**, 34, n. 1, p. 185-202, 2009.
- PÉREZ, C. **Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza**. México, D.F. y Buenos Aires: Siglo XXI, 2005. 9682325323.
- PEREZ, C.; MURRAY LEACH, T. Technological Revolutions: Which Ones, How Many and Why It Matters: A Neo-Schumpeterian View. **Horizon Project Beyond 4.0 Working Paper**, WP7-D7.1, 2022.
- SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Tradução de: Luiz Antônio Oliveira de Araujo. São Paulo: Editora Unesp, 2017 [1942].

