

A DINÂMICA CÍCLICA DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: UMA ABORDAGEM TEÓRICA DOS PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO E DIFUSÃO**THE CYCLICAL DYNAMICS OF TECHNOLOGICAL INNOVATION: A THEORETICAL APPROACH TO DEVELOPMENT AND DIFFUSION PROCESSES****LA DINÁMICA CÍCLICA DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA: UNA APROXIMACIÓN TEÓRICA A LOS PROCESOS DE DESARROLLO Y DIFUSIÓN**

10.56238/revgeov17n1-097

Anderson Gabriel Pereira Cruz

Bacharelando em Sistemas de Informações

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

E-mail: gabriel.cruz.133@ufrn.edu.br

Anna Cláudia dos Santos Nobre

Doutora em Administração

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

E-mail: anna.nobre@ufrn.br

Idelmárcia Dantas de Oliveira

Mestra em Engenharia de Produção

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)

E-mail: idelmarcia.dantas@ifrn.edu.br

Jéssica Morais de Moura

Doutora em Arquitetura e Urbanismo

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

E-mail: jessica_morais_moura@hotmail.com

Paula Gonçalves Serafini

Mestra em Engenharia de Produção

Instituição: Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC RN)

E-mail: paula.serafini@rn.senac.br

Edilson Lobo de Medeiros Júnior

Especialista em Gestão de Processos

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

E-mail: edilsonlobojr@hotmail.com

RESUMO

Este artigo realiza uma revisão bibliográfica sobre os ciclos de evolução tecnológica, com o objetivo de compreender como as inovações emergem, se difundem e se consolidam ao longo do tempo. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, fundamentada em contribuições clássicas e



contemporâneas da teoria da inovação, com destaque para o modelo de instalação e implantação proposto por Carlota Pérez (2003). A análise evidencia que o progresso tecnológico ocorre de forma cíclica e condicionada por fatores econômicos, institucionais, organizacionais e sociais. A partir da articulação entre diferentes autores, o estudo demonstra que a difusão das inovações depende não apenas do desenvolvimento técnico, mas também de ambientes institucionais favoráveis, estratégias empresariais e mecanismos sociais de adoção. Conclui-se que a compreensão dos ciclos tecnológicos oferece um arcabouço teórico consistente para analisar a dinâmica da inovação na sociedade contemporânea.

Palavras-chave: Inovação Tecnológica. Ciclos Tecnológicos. Difusão de Inovações. Destrução Criativa. Progresso Tecnológico.

ABSTRACT

This article presents a bibliographic review of technological evolution cycles, aiming to understand how innovations emerge, diffuse, and consolidate over time. The research adopts a qualitative approach, grounded in classical and contemporary contributions from innovation theory, with particular emphasis on the installation and deployment model proposed by Carlota Pérez (2003). The analysis shows that technological progress occurs in a cyclical manner and is conditioned by economic, institutional, organizational, and social factors. By articulating contributions from different authors, the study demonstrates that the diffusion of innovations depends not only on technical development but also on favorable institutional environments, business strategies, and social adoption mechanisms. It is concluded that understanding technological cycles provides a consistent theoretical framework for analyzing the dynamics of innovation in contemporary society.

Keywords: Technological Innovation. Technological Cycles. Diffusion of Innovations. Creative Destruction. Technological Progress.

RESUMEN

Este artículo realiza una revisión bibliográfica sobre los ciclos de evolución tecnológica, con el objetivo de comprender cómo las innovaciones surgen, se difunden y se consolidan a lo largo del tiempo. La investigación adopta un enfoque cualitativo, fundamentado en aportes clásicos y contemporáneos de la teoría de la innovación, con especial énfasis en el modelo de instalación y despliegue propuesto por Carlota Pérez (2003). El análisis evidencia que el progreso tecnológico ocurre de forma cíclica y está condicionado por factores económicos, institucionales, organizacionales y sociales. A partir de la articulación entre diferentes autores, el estudio demuestra que la difusión de las innovaciones depende no solo del desarrollo técnico, sino también de entornos institucionales favorables, estrategias empresariales y mecanismos sociales de adopción. Se concluye que la comprensión de los ciclos tecnológicos ofrece un marco teórico consistente para analizar la dinámica de la innovación en la sociedad contemporánea.

Palabras clave: Innovación Tecnológica. Ciclos Tecnológicos. Difusión de Innovaciones. Destrucción Creativa. Progreso Tecnológico.



1 INTRODUÇÃO

Historicamente, as inovações tecnológicas têm desempenhado papel central no desenvolvimento das sociedades, atuando como vetores de transformação econômica, social e institucional. Ao longo do tempo, avanços tecnológicos possibilitaram aumentos de produtividade, a reorganização de cadeias produtivas e a emergência de novos modelos econômicos, contribuindo para a redefinição de setores inteiros e para a melhoria das condições materiais de vida (Christensen, 1997; Foster, 1986; Pérez, 2003; Schumpeter, 1961). Esse processo de mudança estrutural, amplamente discutido na literatura econômica e sociotécnica, evidencia como a inovação não apenas impulsiona o crescimento econômico, mas também reconfigura relações sociais, formas de trabalho e padrões de consumo.

Para além dessa perspectiva histórica, a literatura contemporânea propõe diferentes tipologias e abordagens analíticas para compreender os distintos tipos de inovação. Rogers (1962), por meio da teoria da difusão das inovações, identifica perfis variados de adoção tecnológica entre indivíduos e organizações; Chesbrough (2003) introduz o conceito de inovação aberta, destacando a integração de conhecimentos internos e externos como estratégia para acelerar o desenvolvimento tecnológico; e Tushman e Anderson (1990) analisam as inovações incrementais e as descontinuidades tecnológicas, enfatizando seus impactos sobre estruturas organizacionais e setores industriais. Essas abordagens contribuem para a compreensão da diversidade de processos inovativos e de seus efeitos na dinâmica tecnológica contemporânea.

A tecnologia pode assumir diferentes significados conforme o contexto histórico e analítico. Para Veraszto *et al.* (2009), autores destacam que o termo abrange desde artefatos materiais até sistemas complexos de produção e geração de conhecimento, enquanto outros a definem como o conjunto de artefatos e conhecimentos necessários para produzir, aplicar e modificar sistemas tecnológicos (Grübler, 1998). Neste artigo, compreende-se a tecnologia como um fenômeno sociotécnico, resultante da articulação entre conhecimento científico, prática técnica, organização social e contexto institucional, capaz de promover transformações estruturais na sociedade.

A difusão dessas tecnologias pode ser compreendida como um processo no qual a inovação é comunicada por meio de canais específicos dentro de um sistema social (Rogers, 1962). No entanto, nem todas as inovações alcançam ampla adoção ou consolidam seu potencial transformador, uma vez que enfrentam fatores que limitam sua difusão e incorporação, tais como restrições econômicas, organizacionais, institucionais e sociais (Christensen, 1997; Foster, 1986).

Diante desse cenário, torna-se relevante abordar a inovação tecnológica não apenas a partir de seus avanços e potencialidades, mas também considerando os limites e escopos que condicionam sua difusão e consolidação. Assim, este artigo tem como objetivo apresentar uma abordagem conceitual sobre tecnologia e inovação, contextualizar os avanços tecnológicos enquanto fenômeno histórico e



sistêmico e indicar fatores que limitam a difusão de tecnologias disruptivas em diferentes contextos sociotécnicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As revoluções tecnológicas emergem como respostas às necessidades e demandas específicas do contexto socioeconômico vigente, resultando em transformações significativas nos sistemas produtivos e nos modos de vida. Essas revoluções não ocorrem de maneira aleatória, mas seguem padrões cíclicos de longa duração, com intervalos aproximados de cinquenta anos, sendo impulsionadas por inovações tecnológicas centrais que reconfiguram profundamente as estruturas econômicas e sociais (Pérez, 2003).

Segundo Pérez (2003), o ciclo de vida de uma revolução tecnológica é composto por duas fases principais: a fase de instalação e a fase de implantação. A fase de instalação corresponde ao período em que a nova tecnologia emerge, se desenvolve e começa a se consolidar no ambiente econômico e produtivo. Já a fase de implantação caracteriza-se pela adoção ampla dessas inovações pela sociedade, momento em que seus efeitos se tornam predominantes e estruturantes.

Durante a fase de implantação de uma revolução tecnológica, conforme definida por Pérez (2003), a tecnologia passa a ocupar uma posição dominante nos sistemas produtivos, econômicos e sociais. Embora os efeitos dessa fase sejam estruturalmente profundos, a disseminação da tecnologia ocorre de maneira progressiva, por meio de ajustes contínuos e incrementais. Nesse sentido, a abordagem de Pérez enfatiza o caráter macroestrutural da implantação, destacando seu impacto na reorganização das instituições, dos mercados e das formas de produção.

A teoria da difusão de inovações de Rogers (1962) contribui para a compreensão desse processo ao explicar como a adoção tecnológica se desenvolve ao longo do tempo, a partir de decisões individuais e coletivas mediadas por canais de comunicação e condicionadas pelo sistema social. Assim, enquanto Pérez analisa a implantação como um fenômeno de transformação estrutural em larga escala, Rogers oferece uma perspectiva complementar ao detalhar os mecanismos sociais que sustentam a difusão gradual das inovações. Desse modo, a difusão incremental não se opõe às transformações estruturais, mas constitui o meio pelo qual essas transformações se concretizam historicamente.

Apesar de representar um período de consolidação das inovações tecnológicas, a fase de implantação não ocorre de forma homogênea ou isenta de conflitos. Pérez (2003) aponta que a adoção ampla de novas tecnologias frequentemente gera tensões entre estruturas institucionais estabelecidas e as exigências do novo paradigma tecnológico. Essas tensões podem manifestar-se em desajustes regulatórios, resistências organizacionais e desigualdades no acesso aos benefícios da inovação.

Sob a perspectiva de Rogers (1962), tais limites tornam-se visíveis nas diferenças entre os



grupos sociais quanto ao ritmo e à disposição para adotar inovações. A classificação dos adotantes em categorias distintas evidencia que a difusão tecnológica é atravessada por assimetrias sociais, culturais e econômicas, que podem retardar ou fragmentar o processo de implantação. Assim, a articulação entre Pérez e Rogers permite compreender que a implantação tecnológica, embora caracterizada pela predominância da inovação no sistema econômico, é também um período marcado por disputas, ajustes e limitações estruturais, cuja superação depende da capacidade de adaptação das instituições e da sociedade como um todo.

Essas dinâmicas cíclicas têm sido observadas em diferentes revoluções tecnológicas ao longo da história, como a Revolução Industrial impulsionada pela máquina a vapor, a era do aço e da eletricidade e, mais recentemente, a revolução da informação associada à disseminação da internet (Pérez, 2003). Em todos esses casos, a implantação das novas tecnologias implicou não apenas a difusão de inovações, mas também a reestruturação profunda dos sistemas produtivos, dos mercados e das formas de organização social.

Nesse contexto, o conceito de destruição criativa, formulado por Joseph Schumpeter (1961), oferece uma base teórica complementar para compreender os efeitos econômicos e sociais associados às revoluções tecnológicas. Para Schumpeter, o progresso econômico não ocorre de maneira linear e contínua, mas por meio de ciclos de inovação que promovem a substituição de estruturas produtivas antigas por novas, mais eficientes. Esse processo é impulsionado pela introdução de inovações que, ao mesmo tempo em que criam novos mercados e oportunidades, tornam obsoletos modelos produtivos, tecnologias e formas de organização previamente estabelecidos.

A destruição criativa, portanto, pode ser entendida como o mecanismo econômico subjacente às transformações observadas durante as fases de instalação e, sobretudo, de implantação descritas por Pérez (2003). À medida que a tecnologia se difunde de forma incremental, conforme os mecanismos analisados por Rogers (1962), intensificam-se os processos de substituição estrutural característicos da destruição criativa. Assim, a consolidação de um novo paradigma tecnológico envolve simultaneamente a disseminação gradual das inovações e a ruptura com padrões produtivos e institucionais anteriores, configurando ondas de crescimento seguidas por períodos de ajuste e reorganização econômica e social.

Outro ponto de convergência entre Schumpeter (1961) e Pérez (2003) reside no papel desempenhado pelos agentes econômicos no processo de inovação. Schumpeter atribui ao empreendedor a função de catalisador da destruição criativa, ao introduzir novas combinações produtivas que rompem com estruturas econômicas estabelecidas. Pérez, por sua vez, destaca a atuação diferenciada do capital ao longo do ciclo tecnológico, atribuindo ao capital financeiro um papel central na fase de instalação e ao capital produtivo a consolidação das inovações durante a fase de implantação. Em ambas as abordagens, a inovação é compreendida como um processo historicamente situado,



condicionado por estruturas econômicas e institucionais específicas.

A contribuição de Rogers (1962) complementa essas perspectivas ao deslocar o foco para os mecanismos sociais por meio dos quais as inovações promovidas por empreendedores e financiadas por diferentes formas de capital são efetivamente incorporadas à sociedade. Ao enfatizar os processos de comunicação, os tempos de adoção e as características dos sistemas sociais, Rogers evidencia que a consolidação das transformações econômicas descritas por Schumpeter e Pérez depende da aceitação progressiva da inovação por distintos grupos sociais. Assim, o dinamismo gerado pela destruição criativa e pelos ciclos tecnológicos somente se materializa plenamente quando os agentes econômicos e sociais convergem em torno da adoção das novas tecnologias.

Dessa forma, a articulação entre Schumpeter, Pérez e Rogers permite compreender a inovação tecnológica como um fenômeno multifacetado, no qual a introdução de novas tecnologias, o financiamento e a organização do capital, bem como os processos sociais de difusão e adoção, atuam de maneira integrada. Essa convergência teórica oferece um arcabouço consistente para analisar as transformações estruturais associadas às revoluções tecnológicas, evidenciando que o progresso econômico e social resulta da interação contínua entre agentes econômicos, instituições e dinâmicas sociais.

No livro *A Segunda Era das Máquinas* [The Second Machine Age], Brynjolfsson e McAfee (2014) demonstram como as tecnologias digitais evoluem de forma exponencial, em contraste com o progresso linear do passado. Para os autores, o avanço atual é tão disruptivo que o contraste com os períodos anteriores é evidente. Tecnologias que antes eram simples ferramentas computacionais transformaram-se em sistemas inteligentes, capazes de processar grandes volumes de dados, reconhecer padrões e tomar decisões autônomas.

Contudo, em contraste com a perspectiva mais otimista de Pérez (2003), segundo a qual a fase de implantação das revoluções tecnológicas tende a impulsionar o bem-estar social e o crescimento econômico, Brynjolfsson e McAfee (2014) apontam a existência de uma lacuna significativa entre o potencial das novas tecnologias e sua efetiva incorporação pela sociedade. Essa defasagem entre capacidade tecnológica e adoção prática evidencia que os ganhos prometidos pela inovação não se materializam de forma automática ou imediata.

Tal argumento encontra respaldo na teoria da difusão de inovações de Rogers (1962), especialmente no papel desempenhado pelo sistema social, quarto elemento do processo de difusão, que condiciona o ritmo e a abrangência da adoção tecnológica. Barreiras institucionais, resistências culturais, desigualdades sociais e limitações de infraestrutura podem restringir ou retardar a absorção plena dos benefícios das inovações, mesmo quando estas já se encontram tecnicamente disponíveis.

Ainda assim, essas limitações não contradizem o modelo cíclico proposto por Pérez (2003), mas o complementa, ao evidenciar que entre a introdução de uma nova tecnologia e a realização ampla



de seus benefícios existe um período de ajuste estrutural. Esse intervalo, marcado por assimetrias na adoção e por tensões institucionais, constitui parte integrante do processo de implantação, no qual a sociedade gradualmente reorganiza suas estruturas econômicas, produtivas e sociais para acomodar o novo paradigma tecnológico.

Os autores também alertam que o progresso tecnológico, por si só, não assegura melhorias sociais ou econômicas automáticas. O impacto positivo das inovações depende diretamente das formas pelas quais elas são orientadas política, ética e economicamente. Brynjolfsson e McAfee (2014) argumentam que, sem intervenções institucionais adequadas, os avanços tecnológicos podem aprofundar desigualdades e gerar efeitos adversos, como o desemprego estrutural decorrente da automação em larga escala. Nesse sentido, os autores defendem a implementação de políticas públicas voltadas à educação, à requalificação profissional e à inclusão digital como estratégias fundamentais para que os ganhos tecnológicos se convertam em benefícios sociais amplos e duradouros.

Na obra *O Poder da Destrução Criativa*, Aghion, Akcigit e Howitt aprofundam o conceito originalmente formulado por Schumpeter (1961), examinando seu papel central no dinamismo econômico e tecnológico contemporâneo. Ao expandirem a abordagem schumpeteriana, os autores analisam como os ciclos de inovações disruptivas moldam o crescimento econômico de longo prazo e como diferentes arranjos institucionais e políticas públicas podem acelerar ou retardar esse processo. Assim, a destruição criativa deixa de ser compreendida apenas como um mecanismo espontâneo do mercado e passa a ser vista como um fenômeno influenciado por escolhas políticas e estruturais.

Essa perspectiva dialoga diretamente com a literatura recente sobre crescimento endógeno e inovação. Aghion, Akcigit e Howitt (2021) destacam que políticas públicas bem estruturadas podem fomentar a competição, estimular investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e, consequentemente, impulsionar o surgimento de novas tecnologias. Tal argumento converge com a visão de Brynjolfsson e McAfee (2014), ao reforçar que o pleno aproveitamento dos avanços tecnológicos depende de ambientes institucionais que promovam tanto a inovação quanto a difusão de seus benefícios.

Os autores também discutem o papel ambíguo das grandes corporações no ciclo de destruição criativa. Por um lado, essas empresas dispõem de recursos financeiros e capacidades organizacionais que lhes permitem liderar investimentos em (P&D) e impulsionar processos inovadores. Por outro, podem adotar estratégias defensivas destinadas a preservar posições dominantes de mercado, limitando a concorrência e retardando o surgimento de inovações disruptivas (Aghion; Akcigit; Howitt, 2021). Essa dualidade articula-se com a análise de Pérez (2003) sobre o ciclo de instalação e implantação das tecnologias, na medida em que períodos iniciais de expansão e euforia podem ser seguidos por fases de concentração, estagnação relativa e necessidade de reconfiguração institucional antes da consolidação de um novo paradigma tecnológico.



Em Inovação: A Vantagem do Atacante [Innovation: The Attacker's Advantage], é explorado como empresas emergentes obtêm vantagem competitiva ao adotar inovações disruptivas e identifica os fatores que permitem que novos entrantes superem empresas estabelecidas, frequentemente presas a seus modelos de negócios tradicionais Foster (1986).

Embora as inovações disruptivas geralmente comecem oferecendo soluções inferiores às existentes, elas apresentam crescimento exponencial ao longo do tempo, eventualmente redefinindo mercados, criando novas demandas e, em muitos casos, transformando economias inteiras. Foster (1986) destaca que esse ciclo de disruptão não apenas impulsiona o progresso tecnológico, mas também gera desafios significativos, como desigualdades no acesso às novas tecnologias e a pressão para que empresas estabelecidas se adaptem rapidamente ou corram o risco de obsolescência.

A análise de Foster (1986) conecta-se diretamente à noção de destruição criativa formulada por Schumpeter (1961) e aprofundada por Aghion, Akcigit e Howitt (2021). Enquanto estes autores discutem o papel ambíguo das grandes corporações que, embora liderem investimentos em pesquisa e desenvolvimento, frequentemente adotam estratégias defensivas para proteger posições dominantes e retardar inovações disruptivas, Foster (1986) explora a dinâmica complementar, evidenciando como novos entrantes conseguem explorar essas brechas. Essa tensão entre inovação e preservação de mercado ilustra o caráter contínuo da destruição criativa, no qual a resistência inicial à disruptão tende, historicamente, a ceder ao avanço tecnológico.

Além disso, a obra de Foster (1986) complementa a perspectiva de Pérez (2003) acerca dos ciclos de instalação e implantação das revoluções tecnológicas, ao evidenciar como tecnologias emergentes desafiam estruturas produtivas consolidadas antes de serem plenamente absorvidas pela sociedade. Conforme argumenta Pérez (2003), esses períodos de transição são frequentemente marcados por fases de euforia, seguidas por momentos de estagnação e ajustes institucionais, até que o sistema econômico se reorganize em torno do novo paradigma tecnológico.

Na obra *O Dilema do Inovador: Quando Novas Tecnologias Levam Grandes Empresas ao Fracasso* [The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail], Christensen (1997) aprofunda essa discussão ao analisar o paradoxo enfrentado por empresas líderes de mercado, que, mesmo bem-sucedidas e orientadas às demandas de seus principais clientes, tendem a fracassar diante de inovações disruptivas. O autor distingue as inovações sustentadoras — voltadas ao aprimoramento incremental de produtos e serviços existentes — das inovações disruptivas, que introduzem novas formas de atender às necessidades dos consumidores, frequentemente criando ou redefinindo mercados.

Christensen (1997) alinha-se a Foster (1986) ao demonstrar que organizações consolidadas tendem a priorizar inovações sustentadoras, por oferecerem retornos mais previsíveis e compatíveis com seus modelos de negócio. Tal orientação estratégica, contudo, torna essas empresas vulneráveis a



tecnologias disruptivas, que inicialmente se desenvolvem em nichos marginais, mas que, ao amadurecerem, passam a desafiar estruturas produtivas estabelecidas. Pérez (2003) interpreta esse fenômeno como característico do período de instalação de novas tecnologias, no qual a resistência das empresas incumbentes dificulta a adoção de soluções disruptivas.

O dilema central identificado por Christensen (1997) envolve a decisão entre investir em tecnologias emergentes, associadas a mercados incertos e retornos de curto prazo limitados, ou continuar priorizando inovações sustentadoras alinhadas às demandas consolidadas. Essa escolha estratégica exerce influência direta sobre a dinâmica econômica, especialmente quando grandes corporações, detentoras de recursos financeiros e organizacionais significativos, direcionam investimentos e moldam trajetórias tecnológicas dominantes. Tal cenário converge com a análise de Aghion, Akcigit e Howitt (2021), que destacam como o poder econômico das grandes empresas pode tanto impulsionar quanto retardar processos de inovação disruptiva.

Por fim, ao considerar o ciclo descrito por Pérez (2003), observa-se que a transição entre os períodos de instalação e implantação das revoluções tecnológicas depende não apenas do desenvolvimento técnico das inovações, mas também da capacidade das organizações e das instituições de se adaptarem às novas condições produtivas. Esse processo evidencia que a consolidação de tecnologias disruptivas resulta de uma interação complexa entre inovação, poder econômico e ajustes institucionais.

Dessa forma, a articulação entre Schumpeter (1961), Foster (1986), Christensen (1997), Pérez (2003) e Aghion, Akcigit e Howitt (2021) permite compreender a inovação tecnológica como um fenômeno estrutural e histórico, no qual ciclos de destruição criativa, estratégias empresariais e dinâmicas institucionais atuam de maneira integrada. Esse arcabouço teórico oferece uma base consistente para analisar os limites e os condicionantes da difusão de tecnologias disruptivas em diferentes contextos sociotécnicos.

3 METODOLOGIA

Este estudo investiga os ciclos de inovação tecnológica, analisando como as inovações emergem, se instalam e se consolidam ao longo do tempo no contexto socioeconômico. Para a realização da pesquisa, adotou-se uma abordagem qualitativa, fundamentada em uma revisão bibliográfica sistemática da literatura que discute a evolução tecnológica e os padrões recorrentes associados aos ciclos de inovação.

O foco da análise consiste em compreender os processos pelos quais as tecnologias se desenvolvem e se difundem no ecossistema tecnológico, bem como identificar os fatores estruturais, institucionais e econômicos que influenciam suas trajetórias de evolução. A escolha dessa abordagem metodológica justifica-se pela necessidade de examinar o fenômeno da inovação tecnológica a partir



de um arcabouço teórico consolidado, permitindo uma análise crítica e integrada das contribuições dos principais autores que tratam do tema.

A partir da revisão bibliográfica, foram identificadas três temáticas recorrentes nos estudos analisados:

- a) Estágios da inovação, com ênfase nos períodos de instalação e de implantação das tecnologias;
- b) Fatores que impulsionam a inovação, como investimentos públicos e privados, políticas de incentivo e demanda social;
- c) Fatores que condicionam e limitam a difusão tecnológica, incluindo barreiras institucionais, resistência de empresas estabelecidas e restrições técnicas e econômicas;

A revisão bibliográfica foi conduzida por meio de uma seleção criteriosa de artigos científicos, livros e outros documentos acadêmicos disponíveis em bases de dados e fontes especializadas. A busca seguiu uma abordagem sistemática, utilizando palavras-chave específicas, tais como “ciclos de inovação”, “difusão tecnológica”, “destruição criativa” e “evolução tecnológica”.

A análise dos dados ocorreu por meio de leitura crítica e comparativa das obras selecionadas, buscando relacionar os conceitos teóricos às evidências e argumentos apresentados na literatura. O objetivo foi estabelecer conexões entre diferentes autores e correntes teóricas, de modo a construir uma visão integrada sobre os ciclos tecnológicos e suas implicações econômicas e sociais.

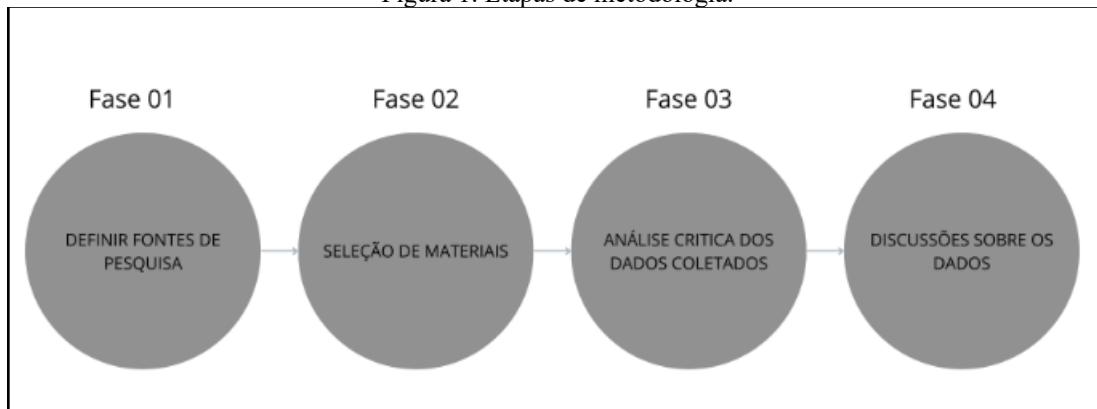
O procedimento metodológico seguiu as seguintes etapas:

- a) **Definição das fontes de pesquisa:** seleção de periódicos acadêmicos e bases de dados científicas, como SciELO, IEEE Xplore e Google Acadêmico, além de livros especializados sobre inovação e ciclos tecnológicos, com destaque para autores como Veraszto et al. (2009), Grubler (1998), Rogers (1962), Schumpeter (1961), Foster (1986), Christensen (1997), Pérez (2003), Brynjolfsson e McAfee (2014) e Aghion, Akcigit e Howitt (2021).
- b) **Seleção dos materiais relevantes:** os estudos foram selecionados a partir da análise de títulos, resumos e palavras-chave, priorizando aqueles diretamente relacionados aos conceitos de ciclos de inovação, evolução tecnológica e fatores socioeconômicos associados. Inicialmente, foram identificados 23 estudos, entre artigos científicos e livros. Desses, 13 foram excluídos por não tratarem diretamente das temáticas propostas ou por apresentarem informações redundantes ou pouco alinhadas ao objetivo do estudo, resultando em uma amostra final de 10 estudos.
- c) **Análise crítica dos dados levantados:** cada obra foi examinada com o objetivo de identificar suas contribuições teóricas sobre os processos de inovação, os estágios tecnológicos e o papel dos diferentes atores envolvidos na evolução das tecnologias.



d) Apresentação e síntese dos resultados: os dados extraídos foram organizados e discutidos de forma comparativa, permitindo a identificação de convergências e divergências entre os autores analisados e subsidiando as discussões e conclusões do estudo.

Figura 1. Etapas de metodologia.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da revisão bibliográfica realizada, observa-se que os ciclos de inovação tecnológica apresentam padrões recorrentes de instalação e implantação, conforme proposto por Pérez (2003). Esses estágios, embora distintos em termos analíticos, são interdependentes e caracterizam-se por processos graduais de desenvolvimento, difusão e consolidação das inovações ao longo do tempo. Tal perspectiva permite compreender a inovação tecnológica não como um evento pontual, mas como um processo estrutural, cumulativo e historicamente situado.

A literatura analisada indica que o período de instalação é marcado pela emergência de novas tecnologias, frequentemente associadas a elevados níveis de incerteza, investimentos concentrados e aplicações ainda restritas. Já o período de implantação corresponde à difusão mais ampla dessas inovações, momento em que seus efeitos passam a se manifestar de forma mais consistente nos sistemas produtivos, organizacionais e sociais (Pérez, 2003). Essa dinâmica evidencia que a consolidação de um novo paradigma tecnológico depende não apenas do amadurecimento técnico, mas também de transformações institucionais, organizacionais e econômicas capazes de sustentar sua disseminação.

Nesse contexto, a teoria da difusão de inovações de Rogers (1962) contribui para a compreensão dos mecanismos sociais envolvidos na adoção tecnológica. Ao destacar o papel dos canais de comunicação, do tempo e do sistema social, o autor demonstra que a difusão das inovações ocorre de maneira heterogênea entre diferentes grupos sociais. Fatores culturais, econômicos e institucionais condicionam o ritmo e a extensão da adoção, explicando por que determinadas inovações se consolidam rapidamente, enquanto outras demandam períodos mais longos para sua incorporação efetiva.



Os estudos revisados também evidenciam fatores que impulsionam os ciclos de inovação, como investimentos em pesquisa e desenvolvimento, políticas públicas de incentivo e a existência de demanda social. Aghion, Akcigit e Howitt (2021) destacam que ambientes institucionais favoráveis à concorrência e à inovação tendem a estimular tanto a criação quanto a difusão de novas tecnologias. Esses autores ressaltam ainda que o desenho das políticas públicas e dos sistemas de incentivos exerce papel central na orientação dos esforços inovativos ao longo do tempo.

Entretanto, o papel das organizações estabelecidas apresenta-se como ambíguo nesse processo. Foster (1986) e Christensen (1997) demonstram que empresas incumbentes tendem a priorizar inovações sustentadoras, alinhadas a seus modelos de negócio consolidados e a retornos previsíveis. Essa orientação estratégica pode influenciar a velocidade e a forma como novas tecnologias são incorporadas, sobretudo nos estágios iniciais do ciclo de inovação, quando ainda predominam incertezas técnicas e mercadológicas. Tal comportamento dialoga com o conceito de destruição criativa de Schumpeter (1961), no qual a transformação tecnológica ocorre por meio da substituição gradual de estruturas produtivas, frequentemente acompanhada de tensões entre novos entrantes e agentes já estabelecidos.

Além das estratégias organizacionais, a literatura destaca a influência de fatores institucionais, econômicos e regulatórios sobre a difusão das inovações. Barreiras normativas, restrições financeiras e limitações estruturais podem afetar a transição entre os estágios de instalação e implantação, moldando os ritmos e as trajetórias da evolução tecnológica. Sob a perspectiva de Rogers (1962), esses elementos refletem características do sistema social que condicionam a disposição dos agentes em adotar novas soluções tecnológicas.

Dessa forma, a articulação entre os aportes teóricos de Schumpeter (1961), Foster (1986), Christensen (1997), Pérez (2003), Rogers (1962) e Aghion, Akcigit e Howitt (2021) permite compreender a inovação tecnológica como um fenômeno complexo, no qual fatores técnicos, econômicos, organizacionais e sociais interagem de maneira contínua. A discussão evidencia que os ciclos tecnológicos são moldados não apenas pelo avanço científico, mas pela capacidade das instituições e dos agentes econômicos de criar condições favoráveis à difusão e à consolidação das inovações.

O Quadro 1 apresenta uma síntese dos principais elementos discutidos nesta seção, destacando os estágios da inovação, os fatores que impulsionam e os fatores que condicionam os processos de evolução tecnológica identificados na literatura analisada.



Quadro 1. Síntese dos Ciclos de Inovação Tecnológica.

TEMÁTICA	ASPECTOS IDENTIFICADOS
Estágio da Inovação	<p>A inovação tecnológica ocorre em ciclos de longa duração, compostos pelos estágios de instalação e implantação (Pérez, 2003).</p> <p>O estágio de instalação caracteriza-se por incerteza, investimentos concentrados e aplicações limitadas.</p> <p>O estágio de implantação corresponde à difusão ampla das inovações e à reorganização dos sistemas produtivos e institucionais.</p> <p>A transição entre os estágios é gradual e depende de ajustes técnicos, organizacionais e institucionais.</p>
Fatores que Impulsionam a Inovação	<p>Investimentos em pesquisa e desenvolvimento como motores centrais do avanço tecnológico (Aghion; Akcigit; Howitt, 2021).</p> <p>Políticas públicas e ambientes institucionais favoráveis à concorrência estimulam a difusão das inovações.</p> <p>Demandas sociais e necessidades econômicas orientam trajetórias tecnológicas dominantes.</p> <p>Empreendedores e novos entrantes atuam como catalisadores da destruição criativa (Schumpeter, 1961; Foster, 1986).</p>
Fatores que Limitam a Inovação	<p>Resistência de empresas incumbentes à adoção de inovações disruptivas, em favor de inovações sustentadoras (Christensen, 1997; Foster, 1986).</p> <p>Estratégias defensivas de grandes corporações para preservar posições de mercado (Aghion; Akcigit; Howitt, 2021).</p> <p>Barreiras institucionais, regulatórias e econômicas que retardam a difusão das inovações (Pérez, 2003).</p> <p>Assimetria nos processos de adoção tecnológica, condicionada por fatores sociais, culturais e organizacionais (Rogers, 1962).</p>

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

5 CONCLUSÃO

Este estudo analisou os ciclos de evolução tecnológica a partir de uma abordagem teórica fundamentada na literatura clássica e contemporânea sobre inovação. Com base no modelo de Carlota Pérez (2003), evidenciou-se que o desenvolvimento tecnológico ocorre por meio de ciclos estruturados em estágios de instalação e implantação, nos quais as inovações emergem, se difundem e se consolidam progressivamente nos sistemas produtivos, organizacionais e sociais.

A revisão bibliográfica permitiu compreender que o progresso tecnológico não se manifesta de forma linear nem homogênea, sendo condicionado por fatores econômicos, políticos, institucionais e organizacionais. As contribuições de Schumpeter (1961), Foster (1986) e Christensen (1997) demonstram que a introdução de inovações disruptivas tende a enfrentar resistências por parte de empresas incumbentes, que frequentemente priorizam inovações sustentadoras alinhadas a seus modelos de negócio e a retornos previsíveis. Nesse contexto, a inovação configura-se como um processo marcado por tensões entre a preservação de estruturas estabelecidas e a emergência de novos paradigmas tecnológicos.

Ao mesmo tempo, Aghion, Akcigit e Howitt (2021) ressaltam o papel ambíguo das grandes corporações no processo inovativo. Embora disponham de recursos financeiros, tecnológicos e organizacionais capazes de impulsionar o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias, essas organizações podem também adotar estratégias defensivas que retardam a incorporação de inovações que ameacem suas posições de mercado. Essa ambivalência reforça a importância do ambiente institucional e concorrencial na configuração dos ciclos tecnológicos.



A incorporação da teoria da difusão de inovações de Rogers (1962) ampliou a análise ao evidenciar que a consolidação das inovações depende não apenas de seu amadurecimento técnico, mas também dos mecanismos sociais que condicionam sua adoção. A difusão ocorre de forma desigual entre diferentes grupos e contextos, sendo influenciada por fatores culturais, econômicos e institucionais, o que pode gerar defasagens entre o potencial transformador das tecnologias e sua efetiva incorporação pela sociedade.

Dessa forma, os resultados indicam que a dinâmica dos ciclos tecnológicos deve ser compreendida como um fenômeno sociotécnico, no qual o avanço científico interage continuamente com estratégias empresariais, políticas públicas e processos sociais de adoção. A análise integrada das contribuições de Schumpeter (1961), Pérez (2003), Rogers (1962), Foster (1986), Christensen (1997) e Aghion, Akcigit e Howitt (2021) evidencia que a evolução tecnológica resulta menos de rupturas isoladas e mais de processos cumulativos, condicionados por estruturas institucionais e econômicas.

Conclui-se que o arcabouço teórico dos ciclos tecnológicos oferece uma base consistente para compreender os desafios e as oportunidades da inovação contemporânea. Ao destacar a natureza cíclica, gradual e condicionada do progresso tecnológico, este estudo contribui para o entendimento dos mecanismos que orientam a emergência, a difusão e a consolidação das inovações. Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se o aprofundamento empírico dessas análises, por meio de estudos quantitativos sobre investimentos, políticas públicas e impactos econômicos associados aos diferentes estágios dos ciclos de inovação, ampliando a compreensão da dinâmica tecnológica no longo prazo.



REFERÊNCIAS

- AGHION, P.; AKCIGIT, U.; HOWITT, P. O poder da destruição criativa. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021.
- ANDERSON, P.; TUSHMAN, M. L. (1990). Technological discontinuities and dominant designs: a cyclical model of technological design. *Administrative Science Quarterly* , 35(4), 604-633. DOI:10.2307/2393511.
- CHRISTENSEN, C. M. The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail. Boston, MA: Harvard Business Review Press, 1997.
- FOSTER, R. N. Innovation: the attacker's advantage. New York: Summit Books, 1986.
- McAfee, A.; BRYNJOLFSSON, E. The second machine age. New York: W. W. Norton & Company, 2014.
- PÉREZ, C. Technological revolutions and financial capital. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2003.
- SCHUMPETER, J. A. Capitalismo, socialismo e democracia. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.
- VERASZTO, E. V.; SILVA, D.; MIRANDA, N. A.; SIMON, F. O. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. *Prisma.com*, n. 8, p. 19–46, 2009.
- GRÜBLER, A. (1998). Technology and global change (Cap. 2: Technology: Concepts and Definitions). Cambridge University Press.
- ROGERS, E. M. (1962). Diffusion of innovations. Third edition. Free Press.

