

INOVAÇÃO, DESENVOLVIMENTO REGIONAL E POLÍTICAS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA: O PAPEL DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA FRENTE A UMA NOVA REVOLUÇÃO

INNOVATION, REGIONAL DEVELOPMENT AND SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICIES: THE ROLE OF VOCATIONAL AND TECHNOLOGICAL EDUCATION IN THE FACE OF A NEW REVOLUTION

INNOVACIÓN, DESARROLLO REGIONAL Y POLÍTICAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA: EL PAPEL DE LA EDUCACIÓN VOCACIONAL Y TECNOLÓGICA ANTE UNA NUEVA REVOLUCIÓN

Diego de Moraes Benegas¹, Daniel Bertoli Gonçalves², Fernando Silveira Melo Plentz Miranda³

DOI: 10.54899/dcs.v23i87.4372

Recibido: 28/01/2026 | Aceptado: 30/01/2026 | Publicación en línea: 11/02/2026.

RESUMO

Este artigo analisa a relação entre revoluções tecnológicas, políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) e a Educação Profissional e Tecnológica (EPT), com foco no desenvolvimento regional. Argumenta-se que a atual fase do capitalismo global, marcada pela superposição de Tecnologias de Propósito Geral (GPTs) como inteligência artificial, big data e robótica, intensifica a destruição criadora e exige reestruturação produtiva e educacional. A política de inovação, sob perspectiva neo-schumpeteriana, deve integrar instrumentos explícitos e implícitos, destacando-se a EPT como elemento estratégico para ampliar a capacidade de absorção tecnológica nos Sistemas Regionais de Inovação (SRIs). A análise evidencia que instrumentos como parques tecnológicos (PqTecs) são relevantes para acelerar a complexidade econômica, mas enfrentam desafios de avaliação, pois privilegiam métricas internas em detrimento de impactos territoriais. A EPT, por sua vez, precisa superar sua condição de política-meio e articular os modos de CT&I, promovendo práticas pedagógicas que conciliem conhecimento codificado e aprendizado prático. O estudo conclui que a integração entre políticas de inovação e educação é essencial para evitar lock-in em trajetórias defasadas e garantir desenvolvimento regional inclusivo. Propõe-se uma agenda de pesquisa voltada à análise das capacidades locais, das interações entre empresas e instituições de EPT e da efetividade dos modelos de avaliação dos PqTecs, assegurando coerência entre objetivos e resultados.

Palavras-chave: Inovação. Desenvolvimento Regional. Educação Profissional e Tecnológica. Quarta Revolução Industrial.

¹ Doutorando em Educação, Universidade de Sorocaba (UNISO), Sorocaba, São Paulo, Brasil.
E-mail: dibenegas@hotmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-4307-6517>

² Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Sorocaba, São Paulo, Brasil.
E-mail: daniel.goncalves@prof.uniso.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8418-4166>

³ Doutor em Educação, Universidade de Sorocaba (UNISO), Sorocaba, São Paulo, Brasil.
E-mail: fernando.plentz@prof.uniso.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5110-4545>

ABSTRACT

This article analyzes the relationship between technological revolutions, public policies for science, technology and innovation (ST&I), and Vocational and Technological Education (VTE), focusing on regional development. It argues that the current phase of global capitalism, marked by the overlapping of General Purpose Technologies (GPTs) such as artificial intelligence, big data, and robotics, intensifies creative destruction and demands productive and educational restructuring. Innovation policy, from a neo-Schumpeterian perspective, should integrate explicit and implicit instruments, highlighting VTE as a strategic element to expand the technological absorption capacity in Regional Innovation Systems (RISs). The analysis shows that instruments such as technology parks are relevant for accelerating economic complexity, but face evaluation challenges because they prioritize internal metrics to the detriment of territorial impacts. Vocational and Technological Education (VTE), in turn, needs to overcome its status as a mere means to an end and articulate the modes of Science, Technology & Innovation (ST&I), promoting pedagogical practices that reconcile codified knowledge and practical learning. The study concludes that the integration between innovation and education policies is essential to avoid lock-in on outdated trajectories and ensure inclusive regional development. A research agenda is proposed focused on analyzing local capacities, the interactions between companies and VTE institutions, and the effectiveness of the evaluation models of Technological Innovation Programs (PqTecs), ensuring coherence between objectives and results.

Keywords: Innovation. Regional Development. Vocational and Technological Education. Fourth Industrial Revolution.

RESUMEN

Este artículo analiza la relación entre las revoluciones tecnológicas, las políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación (CTI) y la Educación Profesional y Tecnológica (ETP), con especial atención al desarrollo regional. Argumenta que la fase actual del capitalismo global, marcada por la superposición de Tecnologías de Propósito General (TPG), como la inteligencia artificial, el big data y la robótica, intensifica la destrucción creativa y exige una reestructuración productiva y educativa. La política de innovación, desde una perspectiva neoschumpeteriana, debe integrar instrumentos explícitos e implícitos, destacando la ETP como un elemento estratégico para ampliar la capacidad de absorción tecnológica en los Sistemas Regionales de Innovación (SRI). El análisis muestra que instrumentos como los parques tecnológicos son relevantes para acelerar la complejidad económica, pero enfrentan desafíos de evaluación porque priorizan las métricas internas en detrimento de los impactos territoriales. La Educación Profesional y Tecnológica (ETP), a su vez, necesita superar su condición de mero medio para un fin y articular los modos de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), promoviendo prácticas pedagógicas que concilien el conocimiento codificado con el aprendizaje práctico. El estudio concluye que la integración de las políticas de innovación y educación es esencial para evitar el estancamiento en trayectorias obsoletas y garantizar un desarrollo regional inclusivo. Se propone una agenda de investigación centrada en el análisis de las capacidades locales, las interacciones entre empresas e instituciones de EFP, y la eficacia de los modelos de evaluación de los Programas de Innovación Tecnológica (PqTecs), garantizando la coherencia entre objetivos y resultados.

Palabras clave: Innovación. Desarrollo Regional. Educación Vocacional y Tecnológica. Cuarta Revolución Industrial.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

O presente artigo se propõe a analisar a intrincada relação entre as Revoluções Tecnológicas (RTs), as políticas públicas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e a Educação Profissional e Tecnológica (EPT), com foco na dimensão do Desenvolvimento Regional. Argumentamos que a dinâmica da mudança técnica global impõe a necessidade urgente de reestruturação das políticas públicas nacionais e regionais, colocando a formação de capital humano qualificado, especialmente via EPT, no centro das estratégias de desenvolvimento.

Desde o último quartel do século XVIII, momento da “explosão” do modo de produção capitalista, conforme narrado por Hobsbawm (2007), onde as sociedades humanas e a economia são reconfiguradas de tempos em tempos por revoluções tecnológicas. Mandel (1982) informa que a inovação é o motor fundamental de sua dinâmica, pois o sucesso na busca por inovações está diretamente associado à obtenção de lucros extraordinários, um fenômeno central tanto nas elaborações de Marx (1984) quanto de Schumpeter (1985). Atualmente, há diversas elaborações que buscam nomear as transformações em curso, incluindo "uma segunda era das máquinas", "uma terceira onda", ou, mais comumente, conforme definido por Schwab (2016), a Quarta Revolução Industrial fundamentada na digitalização dos aspectos da vida humana, em outras palavras, uma verdadeira revolução digital.

Tal dinâmica é caracterizada pela emergência de *General Purpose Technologies* (GPTs), que são inovações tecnológicas drásticas que impactam inicialmente a indústria, desde meados do século XVIII e que tem como base sempre as RTs anteriores: a Primeira Revolução Industrial está embasada na máquina a vapor; a Segunda Revolução Industrial se alicerça nas inovações decorrentes da física e da química desde o último quartel do século XIX, desenvolvendo a eletricidade, a comunicação por fio, os combustíveis fósseis e a organização do trabalho e a linha de produção (fordismo-taylorismo); a Terceira Revolução Industrial de meados do século XX que consiste na absorção dos transistores, dos computadores, dos primeiros robôs industriais nas linhas de produção automotivas e na reorganização da produção e do trabalho (*just-in-time*,

qualidade total e toyotismo), cada qual fase industrial potencializou o uso generalizado em uma ampla gama de setores e apresentaram fortes complementaridades com outras tecnologias.

A fase atual, da Quarta Revolução Industrial, é marcada pela explosiva combinação de GPTs e pela multiplicação de inovações radicais do uso e disseminação da internet, tecnologias digitais disruptivas e uso maciço em áreas de Inteligência Artificial (IA), *machine learning*, *big data* e robótica em diversos setores da sociedade, não só na indústria.

Essas incessantes RTs, sendo que a atual é a revolução digital, gera um impacto direto nos sistemas de produção industrial que passam a ser definidos como Indústria 4.0 (I4.0), no mercado de trabalho e na formação de mão de obra via EPT, conforme descrito nas pesquisas de Paula e Paes (2021) e Silva (2018). O impulso fundamental provém dos novos bens e métodos de produção criados pela empresa capitalista digital, o que gera um movimento de criação de novas ocupações e, em seguida, a destruição de postos de trabalho em setores estabelecidos. Esse processo exige esforços de educação e retreinamento, configurando-se como uma tarefa crítica para o sistema educacional em geral e da EPT em especial.

No Brasil, a política de CT&I evoluiu nas últimas décadas consolidando-se a partir da criação de órgãos decisivos como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e, mais recentemente, incorporando explicitamente a inovação em sua agenda, especialmente a partir da criação dos Fundos Setoriais. A política de CT&I no país assume um caráter de política-meio, servindo de suporte para outras políticas públicas, como a industrial, agrícola e de educação. A coordenação entre as políticas explícitas (fomento financeiro) e as políticas implícitas (como as estratégias educacionais) é essencial, pois se tornam ferramentas de fomento à inovação.

A articulação dessa resposta estatal com o território é vital. A abordagem dos Sistemas Regionais de Inovação (SRI) emergiu reconhecendo que a proximidade geográfica entre os agentes tem efeitos significativos na geração e disseminação de novos conhecimentos, sustentando o desenvolvimento regional baseado na inovação. O estado de São Paulo, por exemplo, buscou esse alinhamento por meio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), com a indução de inovação através da implementação de programas como a Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE) e por meio do Sistema Paulista de Ambientes de Inovação (SPAI). Contudo, a efetividade de instrumentos regionais como os Parques Tecnológicos, que visam promover o desenvolvimento regional e não apenas os retornos privados é fundamental.

Em relação as políticas educacionais, a EPT representa um elemento crucial para o desenvolvimento econômico e social do país, conforme relatam Dias (2019) e Miranda (2023). Ela está diretamente envolvida na resposta à destruição criadora dos postos de trabalho descrita por Schumpeter (1985), cada vez mais abrangente e rápida em função da atual revolução digital e, simultaneamente, é o mecanismo capaz de formar capital humano qualificado e necessário para o desenvolvimento e o adensamento dos SRIs. Desta forma, este artigo busca: i) revisar os fundamentos teóricos da mudança tecnológica (GPTs e RTs); ii) sistematizar a racionalidade e o desenvolvimento das políticas de CT&I no Brasil e no estado de São Paulo; iii) analisar o arcabouço dos SRIs e os desafios dos instrumentos de desenvolvimento regional, como os Parques Tecnológicos (PqTecs); e, iv) estabelecer as implicações e contradições desses processos para a EPT no contexto da nova revolução digital que já se aplica na sociedade brasileira.

Do ponto de vista metodológico, o estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa de natureza teórico-conceitual e analítico-documental. A investigação fundamenta-se na revisão crítica da literatura sobre revoluções tecnológicas, inovação, desenvolvimento regional e EPT, bem como na análise de documentos legais e normativos relacionados às respectivas políticas públicas. A abordagem adotada permite compreender as interações entre políticas explícitas e implícitas, assim como suas implicações territoriais e educacionais no contexto da Quarta Revolução Industrial.

REFERENCIAL TEÓRICO

A Nova Dinâmica Tecnológica Digital: Revoluções e a Natureza da Mudança

O sistema capitalista global se caracteriza pela sua dinâmica expansiva, que é impulsionada pela inovação tecnológica, a qual reconfigura continuamente o sistema. A inovação é o motor fundamental da dinâmica capitalista, pois a busca por inovações está diretamente associada à obtenção de lucros extraordinários (Marx, 1984; Schumpeter, 1985). A inovação é, no nível das empresas capitalistas, uma estratégia de sobrevivência, rompendo o fluxo circular e garantindo que o processo de destruição criadora que caracteriza o sistema permaneça constante.

Embora o presente artigo dialogue simultaneamente com aportes marxistas e neo-schumpeteriano, é fundamental destacar que essas abordagens partem de pressupostos teóricos distintos, ainda que complementares para a análise da dinâmica capitalista contemporânea. A

perspectivas neo-schumpeteriana é mobilizada principalmente para compreender os mecanismos da inovação, da mudança tecnológica e da competição dinâmica, enfatizando o papel das GPTs, dos processos de aprendizado e da atuação do Estado na coordenação dos sistemas de inovação. Já a tradição marxista contribui para uma leitura crítica das transformações tecnológicas, especialmente no que se refere às relações entre trabalho vivo e trabalho morto, à mercantilização da educação e às contradições sociais geradas pela reestruturação produtiva. A articulação dessas perspectivas permite, portanto, analisar simultaneamente a lógica econômica da inovação e seus efeitos sociais, territoriais e educacionais, sem incorrer em reducionismos teóricos.

O estudo das transformações tecnológicas deve ser iniciado a partir da elaboração de Marx (1984) sobre a Primeira Revolução Industrial, ao descrever a emergência da maquinaria e da grande indústria, que estabeleceu um padrão de interpretação e acumulação de capital para as revoluções subsequentes. Segundo a teoria marxista, o processo de propagação das mudanças tecnológicas começa quando uma inovação radical em um ponto estratégico da economia se difunde, sendo que o momento de partida desta lógica ocorreu na Primeira Revolução Industrial, onde a máquina substituiu o trabalhador, criando os conceitos de “trabalho vivo” e “trabalho morto”. Com base no pensamento marxista, Araújo (2022) afirma que o conceito de trabalho vivo refere-se à força de trabalho humana, essencial para a produção, enquanto o trabalho morto representa o capital acumulado, como máquinas e tecnologia, que dependem do trabalho vivo para existir. Indica que na atual fase do modo de produção capitalista do século XXI, o trabalho morto “ganha vida” com as máquinas automatizadas e por meio da IA subjugando o trabalho vivo e reduzindo sua participação no processo produtivo.

Albuquerque (2020) defende a ideia de que a dinâmica da vida econômica capitalista é de caráter complexo e cíclico, com a existência de ondas longas com duração média de cerca de 50 anos cada, com a incorporação do papel da tecnologia de cada época nestas ondas longas. Exemplos como ferrovias, eletrificação, telefonia, computação, internet e, mais recentemente *smartphones* e conexões *wi-fi*, demonstram que essas inovações disruptivas são extremamente significativas e moldam as condições ambientais para seu próprio desenvolvimento contínuo.

Atualmente, a elaboração e difusão das GPTs vinculados a revolução digital representam um refinamento das investigações sobre RTs. Albuquerque (2020) argumenta que as GPTs são inovações drásticas e, muitas vezes, disruptivas, que possuem potencial para uso generalizado em uma ampla gama de setores, alterando drasticamente o modo de operação dos mesmos, sendo as suas características principais e que as definem como o amplo espaço para aperfeiçoamentos e

melhorias, os diversas e variadas formas de usos, a aplicabilidade em grandes setores da economia e as fortes complementaridades com outras tecnologias, digitais ou não.

Neste sentido, Paula e Paes (2021) relatam que a introdução das novas tecnologias digitais no século XXI está ocasionando, de um lado, a criação de novos conhecimentos que demandam a atualização constante das qualificações dos trabalhadores e, de outro, determinando a obsolescência de postos de trabalho em segmentos tradicionais, impondo desafios constantes à adaptação da força de trabalho. Esse processo pode assumir caráter incremental quando setores econômicos consolidados se reestruturam, notadamente na I4.0, para incorporar as novas competências do trabalho com tecnologias digitais inseridas na produção industrial.

Diante desse cenário, Bittencourt e Rauen (2021) indicam que a educação se torna imperativa como instrumento de mitigação dos efeitos adversos da mudança tecnológica. A necessidade de retreinamento e qualificação contínua implica a expansão e diversificação da oferta educacional em EPT em todos os níveis, incluindo cursos técnicos, superiores e de pós-graduação, alinhados às demandas emergentes das empresas, dos setores inovadores e da I4.0. Assim, a EPT assume papel central nesse processo, pois constitui uma estratégia educacional capaz de responder rapidamente às transformações digitais, integrando-se às políticas públicas implícitas de inovação que influenciam indiretamente a capacidade inovativa do sistema econômico.

A articulação entre políticas explícitas, como incentivos fiscais e fundos setoriais e políticas implícitas, como a EPT, é condição necessária para a eficácia do Sistema Nacional de Inovação. Instrumentos como a Lei do Bem (Brasil, 2005; 2025), a Lei de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo (Brasil, 2004; 2016) e o Decreto que instituiu a Política Nacional de Inovação (Brasil, 2020) que estimulam a contratação de mestres e doutores em atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), exemplificam essa complementaridade, reforçando a importância da coordenação entre ciência, tecnologia, inovação, EPT, políticas públicas e I4.0, para sustentar trajetórias de desenvolvimento regional e nacional em um mundo digital e constante transformação.

Racionalidade e Evolução das Políticas de Inovação e CT&I

O reconhecimento da inovação como elemento central do dinamismo econômico consolidou-se nas agendas públicas internacionais apenas no final do século XX e início do século

XXI, conforme lecionam Freeman e Soete (2008). Neste período, se tornou evidente a relevância da inovação digital para a competitividade, sendo que a racionalidade que fundamenta a intervenção estatal campo do fomento à P&D está ancorada na perspectiva neo-schumpeteriana, segundo a qual a inovação é essencial para a sobrevivência das empresas nos mercados nacionais e internacionais cada vez mais competitivos e que envolve elevados níveis de incerteza quanto aos retornos econômicos e tecnológicos. Essa incerteza, associada à aversão ao risco, que leva as empresas a investir menos do que seria socialmente desejável em esforços inovativos de caráter radical, justificando a ação pública como mecanismo de indução e coordenação ao fomento da P&D.

Nesse contexto, a política de inovação assume papel estratégico ao estruturar sistemas capazes de acelerar processos de aprendizado, acumulação de conhecimento e criação das capacidades tecnológicas digitais necessárias no século XXI. Freeman e Soete (2008) indicam que a política industrial na perspectiva neo-schumpeteriana busca não apenas fomentar a geração de inovações, mas também promover sua difusão, desencadeando trajetórias de desenvolvimento baseadas em conhecimento. Para atingir esses objetivos, o Estado dispõe de um conjunto diversificado de instrumentos, tradicionalmente classificados em políticas do lado da oferta e políticas do lado da demanda.

Bittencourt e Rauen (2021) argumentam que a eficácia dessas intervenções, contudo, é condicionada pela coordenação entre as políticas públicas explícitas definidas como aquelas formalmente constituídas e que utilizam instrumentos diretos de fomento, como crédito e subvenções, e, as políticas implícitas que influenciam indiretamente a inovação por meio de objetivos macroeconômicos e setoriais, incluindo políticas fiscal, monetária e educacional. As políticas implícitas exercem influência significativa sobre as estratégias privadas, podendo inclusive neutralizar os efeitos das políticas explícitas.

O desafio da gestão pública entre políticas explícitas e implícitas manifesta-se em três dimensões centrais, como indicam Freeman e Soete (2008): i) a coordenação política, que envolve a construção de consensos e convenções de desenvolvimento de longo prazo em contextos democráticos; ii) a coordenação da política econômica, que exige sintonia entre políticas industriais e instrumentos macroeconômicos, como a definição de uma taxa de câmbio compatível com a competitividade industrial; e, iii) a coordenação da gestão instrumental, relacionada à administração eficiente dos mecanismos de oferta e demanda. A superação desses desafios é determinante para que as políticas de CT&I cumpram sua função de induzir trajetórias

inovativas e sustentar estratégias de desenvolvimento regional e nacional.

Neste sentido, Suzigan e Albuquerque (2008) afirmam que a constituição da estrutura voltada à ciência e tecnologia no Brasil ocorreu de forma tardia e enfrentou dificuldades significativas, especialmente no que se refere ao financiamento durante a década de 1980. O desenvolvimento e consolidação da política nacional de ciência e tecnologia podem ser compreendidos em três fases históricas. A primeira, anterior a 1964, tem como marco a criação do CNPq e da CAPES, ambos instituídos em 1951. A segunda fase, entre 1964 e 1990, corresponde ao período de evolução e consolidação do sistema brasileiro de ciência e tecnologia, que se tornou o maior da América Latina durante o regime militar. Nesse período, foram criadas instituições estratégicas, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em 1973, e elaborados os Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCTs).

A terceira fase inicia-se após 1990, quando a inovação é incorporada de forma efetiva à agenda nacional, destacando-se a criação dos Fundos Setoriais em 1999, que buscavam integrar ciência, tecnologia e inovação, promovendo maior sinergia entre universidades, centros de pesquisa e setor produtivo. Essa mudança levou à consolidação do trinômio CT&I como referência estratégica. A partir de 2003, a Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (PNCT&I) foi estruturada e alinhada à Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE).

No âmbito regional, Bittencourt e Rauen (2021) ressaltam que o estado de São Paulo desempenhou papel pioneiro na estruturação institucional de ciência e tecnologia, notadamente pela criação da Fapesp. Embora prevista na Constituição Estadual de 1947, sua implementação ocorreu apenas em 1962, com autonomia financeira e científica assegurada por um dispositivo constitucional que destinava 0,5% da receita ordinária do Estado à fundação, percentual ampliado para 1% na Constituição Paulista de 1988 (Fapesp, 2025).

Vale ressaltar que a articulação da resposta estatal no âmbito das CT&I transcende a provisão de infraestrutura ou o simples financiamento, incorporando políticas públicas cruciais em conjunto com a EPT como elemento central para o desenvolvimento econômico e social. Contudo, a análise das políticas educacionais recentes revela uma tendência preocupante de conceber a tecnologia sob uma ótica estritamente instrumental. Documentos como o Plano Nacional de Educação (PNE 2014-2024), instituído pela Lei nº 13.005/2014, o Programa de Inovação Educação Conectada (Brasil, 2017), a Política Nacional de Inovação Educação Conectada (Brasil, 2021) e a Estratégia Nacional de Escolas Conectadas (Brasil, 2023), tratam a

tecnologia predominantemente como um artefato técnico, reduzindo-a a uma “ferramenta pedagógica” utilizada de forma acrítica para atingir objetivos pragmáticos. A meta do PNE de incentivar o desenvolvimento e a divulgação de “tecnologias educacionais” para a educação básica exemplifica essa racionalidade.

Costa e Guerra (2025) destacam que essa perspectiva instrumental, alinhada ao viés solucionista, busca converter problemas complexos da educação em produtos de consumo imediato, impulsionando a Indústria Global de Educação (Edu-Business). A crescente adoção das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) no setor educacional tem gerado uma alarmante dependência de interesses comerciais, intensificada pelo uso de IA para monetização de dados pessoais e sensíveis. Desta forma, as políticas educacionais acabam priorizam a disseminação de equipamentos e acesso a recursos digitais, negligenciando a apropriação crítica e a integração efetiva das tecnologias digitais ao processo pedagógico, revelando assim uma visão utilitarista voltada à capacitação tecnológica de jovens e adultos com baixa escolarização, reforçando práticas tecnicistas.

Em contraposição, Heinsfeld e Pischetola (2019) realizam abordagens críticas e socioculturais a estas práticas tecnicistas, propondo a redefinição do papel da escola e, em especial das instituições escolares de EPT, superando a lógica de formação meramente operacional, sendo certo que a educação deve promover participação cidadã e a consciência crítica, permitindo a leitura da realidade e a transformação social.

Desenvolvimento Regional Centrado na Inovação: o Foco no Território

As políticas de inovação, tanto explícitas quanto implícitas, encontram no espaço regional um campo de aplicação fundamental. O reconhecimento de que a inovação é um elemento-chave para o desenvolvimento econômico, ocorrendo a partir de processos cumulativos de aprendizado interativo, culminou na emergência da abordagem dos SRIs no início dos anos 1990.

A centralidade do território nas estratégias de desenvolvimento baseadas na inovação pode ser aprofundada a partir da contribuição de Milton Santos (1996), especialmente por meio do conceito de meio técnico-científico-informacional. Para o autor, o território não constitui um simples suporte físico das atividades econômicas, mas um conjunto indissociável de sistemas de objetos e de ações, historicamente construído e marcado por relações de poder. O meio técnico-científico-informacional expressa a fase contemporânea do capitalismo, na qual ciência, técnica

e informação passam a estruturar seletivamente os usos do território, intensificando desigualdades espaciais e produzindo diferenciações regionais no acesso às infraestruturas, aos fluxos de conhecimento e às oportunidades de desenvolvimento. Essa abordagem dialoga diretamente com as perspectivas dos SRIs, ao evidenciar que a capacidade inovativa das regiões depende não apenas da presença de empresas e instituições, mas da forma como o território é apropriado, regulado e integrado às redes técnico-científicas. Assim, a inovação deixa de ser compreendida como um fenômeno abstrato ou exclusivamente empresarial, passando a ser entendida como um processo territorialmente situado, condicionado pelas heranças históricas, pelas políticas públicas e pelas assimetrias do meio técnico-científico-informacional.

Asheim e Gertler (2005) informam que os SRIs partem da premissa de que a proximidade geográfica desempenha papel crucial no fomento à inovação, pois favorece o aprendizado interativo e a transferência de conhecimento, especialmente o conhecimento tácito, por meio de mecanismos como mobilidade de trabalhadores qualificados e transbordamentos locais de conhecimento. Essa abordagem ratifica o enfoque regional dos sistemas de inovação, tornando-se uma ferramenta poderosa para subsidiar políticas públicas canalizadas para estimular as capacidades inovadoras das economias regionais.

Jensen *et al.* (2007) apontam que o modo de inovação dominante influencia fortemente a dinâmica regional. O modo CT&I baseia-se em conhecimento codificado, P&D formal e vínculos estreitos com universidades, sendo típico de indústrias intensivas em pesquisa, como biotecnologia e microeletrônica. Já o modo DUI (Doing, Using, Interacting) fundamenta-se em *know-how*, experiência e aprendizagem informal, predominando em setores tradicionais.

Quadro 1. Tipologia de Sistemas Regionais de Inovação.

TIPO DE SRI	CONTEXTO INDUSTRIAL REGIONAL	NATUREZA DOS VÍNCULOS
ADENSADO DIVERSIFICADO	Setores <i>hi-tech</i> em regiões centrais	Mobilidade de trabalhadores, transbordamentos; Regional + Internacional.
RAREFEITO	Setores <i>hi-tech</i> ou maduros em regiões periféricas	Projetos de desenvolvimento, publicações e internet, compras de insumos; Nacional, Global (+ regional).

Fonte: adaptado de Jensen *et al.*, 2007.

A partir dessas características, tipologias de SRIs foram desenvolvidas, variando entre sistemas adensados e diversificados, comuns em regiões centrais com setores de alta tecnologia, e sistemas rarefeitos, típicos de regiões periféricas com baixa densidade institucional (Quadro 1).

Cassiolo e Lastres (2005) evidenciam o raciocínio segundo o qual embora a abordagem

SRI seja um arcabouço relevante para estratégias de desenvolvimento de longo prazo, as principais aplicações empíricas têm se restringido às experiências em países desenvolvidos, especialmente na Comunidade Europeia. Para o Brasil, o debate e a aplicação da abordagem SRI são cruciais, dadas as potencialidades de promoção do desenvolvimento regional baseado na inovação, mas exige-se adaptação às especificidades e, principalmente, as realidades, deficiências e carências locais.

Link e Scott (2003) afirmam que o modelo conceitual dos PqTecs evoluiu significativamente ao longo do tempo. As iniciativas de primeira geração, surgidas nos Estados Unidos da América do Norte na década de 1950, tinham como foco principal a provisão de infraestrutura física — os chamados “tijolos” — para abrigar empresas de base tecnológica. Esse modelo, embora pioneiro, apresentava limitações quanto à promoção de interações dinâmicas entre os atores do sistema de inovação. A partir da virada do século XX para o XXI, emergem os parques de terceira geração, que incorporam uma lógica orientada para “cérebros”, priorizando a criação de ambientes propícios à criatividade, à colaboração e à difusão da cultura empreendedora.

A relevância da terceira geração de PqTecs está na sua capacidade de atuar como plataformas de inovação, oferecendo serviços especializados e atuando como magnetos para outros atores. O PqTec, como parte do SRI, deve contribuir para o fortalecimento do sistema por meio da geração de empregos qualificados, difusão de uma cultura de empreendedorismo e estabelecimento de redes. É de suma importância que os PqTecs não sejam concebidos como um empreendimento isolado e fechado, mas sim que esteja imiscuído na região que o hospeda e diretamente envolvido com as políticas regionais de inovação. Seu objetivo é contribuir para a transformação da estrutura produtiva e o aumento da complexidade econômica das regiões que os hospedam.

A transição para modelos mais avançados reflete uma mudança na compreensão do papel dos PqTecs, de simples aglomerados empresariais para ecossistemas complexos que articulam redes de conhecimento e inovação. No caso brasileiro e, particularmente, no estado de São Paulo, os parques tecnológicos têm buscado alinhar-se a essa lógica atuando como instrumentos para qualificação urbana e desenvolvimento territorial, conforme demonstram Bittencourt e Rauen (2021). Seu objetivo é funcionar como polos de atração de empresas intensivas em conhecimento, gerar empregos de alta qualificação e estimular a cooperação entre atores locais e globais, sendo que essa abordagem é coerente com estratégias contemporâneas de desenvolvimento regional,

que enfatizam a importância da inovação como vetor de competitividade e inclusão produtiva.

Apesar da concepção robusta, a política paulista enfrenta desafios significativos na implementação e, sobretudo, na avaliação de resultados. O processo de credenciamento dos parques exige condições prévias, como vínculo com arranjos produtivos locais e participação efetiva de universidades e empresas, o que, em geral, é atendido. No entanto, a lógica de monitoramento adotada pelo SPAI revela uma orientação predominantemente voltada para indicadores internos, como número de empresas residentes, empregos gerados e faturamento. Embora esses dados sejam relevantes para aferir a performance empresarial, eles não capturam a dimensão territorial da política, que deveria priorizar impactos sobre a complexidade econômica regional, retenção de talentos e fortalecimento da P&D no estado de São Paulo.

Perspectivas e Contradições: EPT Frente à Tecnologia e a Inovação

A EPT ocupa uma posição estratégica no contexto das políticas de inovação, sendo considerada uma política implícita capaz de influenciar indiretamente a capacidade inovativa do sistema produtivo. No entanto, sua trajetória recente revela contradições entre o potencial transformador da EPT e os discursos predominantes nas políticas educacionais brasileiras. A análise do PNE (2014-2024), do Programa de Inovação Educação Conectada (PIEC) instituída por meio da Lei 14.180/2021 (Brasil, 2021), bem como da sua regulamentação por meio do Decreto 11.713/2023 que instituiu a Estratégia Nacional das Escolas Conectadas (Brasil 2023), evidencia a evidente concepção instrumental da tecnologia que passa a ser tratada como mera ferramenta pedagógica. Essa visão pragmática e acrítica reduz a tecnologia a um artefato técnico destinado à resolução de problemas imediatos, desconsiderando sua dimensão sociocultural e epistemológica.

Heinsfeld e Pischetola (2019) denunciam que a ênfase na informatização das escolas e na universalização do acesso à internet, embora relevante, é insuficiente para promover mudanças estruturais, pois pressupõe que a simples exposição às tecnologias garante melhorias educacionais, reforçando um determinismo tecnológico que naturaliza a tecnologia como sujeito da ação, dissociado dos atores educacionais.

Esse discurso tecnocrático, centrado na infraestrutura e na capacitação técnica para inserção no mercado de trabalho, orienta políticas públicas que privilegiam cursos tecnológicos e científicos, em detrimento de formações mais amplas e críticas. Paralelamente, observa-se o

avanço do chamado Edu-Business, caracterizado pela mercantilização da educação e pela crescente influência das startups que oferecem soluções tecnológicas para aprendizagem na governança educacional. Essa tendência, impulsionada por redes empresariais e mecanismos de *lobby*, introduz riscos significativos, como a captura de políticas públicas por interesses privados e a padronização curricular orientada por plataformas digitais. A adoção de ferramentas de IA pelo governo paulista ilustra um viés solucionista que transforma o processo educativo em produto de consumo rápido, desconsiderando a complexidade pedagógica e a mediação docente.

Para compreender melhor essas contradições, a análise SWOT⁴ das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças sobre a implementação das tecnologias digitais na educação brasileira revela forças, fraquezas, oportunidades e ameaças que impactam diretamente a EPT:

Quadro 2. Análise SWOT das implementações das tecnologias digitais no Brasil.

FATORES	DESCRIÇÃO
FORÇAS	Expansão da inclusão digital; flexibilização do ensino; estímulo à inovação.
FRAQUEZAS	Formação docente insuficiente; desigualdade de acesso; infraestrutura precária.
OPORTUNIDADES	Integração entre EPT e setores inovadores; uso pedagógico crítico das TDIC; internacionalização de práticas.
AMEAÇAS	Financeirização da educação; monopólios de grandes empresas; captura de políticas públicas; viés solucionista.

Fonte: Costa e Guerra, 2025.

Essa matriz analítica evidencia que, embora existam condições favoráveis para ampliar a inclusão digital e integrar a EPT às estratégias de inovação, persistem fragilidades estruturais e riscos associados à mercantilização da educação. Nesse cenário, a defesa da EPT e da educação pública como direito social torna-se imperativa. É necessário resistir à reconfiguração da educação segundo lógicas mercadológicas e reafirmar princípios constitucionais, como liberdade de aprender e ensinar, pluralismo de ideias e gestão democrática. Para cumprir seu papel estratégico, a EPT deve superar abordagens tecnicistas e promover práticas pedagógicas que articulem inovação tecnológica com inclusão social, desenvolvimento crítico e formação cidadã, evitando que a tecnologia seja reduzida a um vetor de lucro ou a um mecanismo de controle curricular.

CONCLUSÃO

A análise desenvolvida ao longo do artigo evidencia que a dinâmica contemporânea do

⁴ Acrônimo em língua inglesa de *strengths, weaknesses, opportunities, threats*.

capitalismo digital, marcada pela intensificação da mudança técnica e pela difusão das GPTs, aprofunda os processos de destruição criadora e redefine simultaneamente a estrutura produtiva, o mercado de trabalho e as demandas educacionais. A partir da articulação entre a perspectiva neo-schumpeteriana, mobilizada para compreender os mecanismos da inovação, da aprendizagem e da coordenação estatal no âmbito das políticas de CT&I, a tradição marxista fundamental para a elaboração de uma teoria crítica, demonstra que a EPT deve ser compreendida não como uma política-meio subordinada, mas como elemento estruturante das estratégias de inovação e desenvolvimento regional. Nesse sentido, a integração efetiva entre políticas explícitas de CT&I, políticas implícitas educacionais e instrumentos territoriais, como os SRIs e os PqTecs, constitui condição necessária para evitar trajetórias de *lock-in* tecnológico, mitigar desigualdades regionais e assegurar que a transformação digital seja acompanhada por inclusão social, fortalecimento das capacidades locais e desenvolvimento regional sustentável.

A dinâmica do capitalismo global contemporâneo, marcada pela intensificação da mudança técnica e pela emergência de tecnologias digitais, impõe a necessidade de reordenamento das estratégias de desenvolvimento, colocando a capacidade de inovação via desenvolvimento de P&D no centro das políticas econômicas e sociais. A análise realizada ao longo do artigo evidencia que a atual fase tecnológica do mundo digital, caracterizada pela explosiva combinação de IA, *big data*, robótica e outras CTICS, desencadeia um processo contínuo de destruição criadora, exigindo não apenas a reestruturação produtiva, mas também a formação de novas competências e ocupações. Essa transformação ao mesmo tempo que amplia oportunidades, acentua incertezas, justificando a intervenção coordenada do Estado para reduzir custos de oportunidade e induzir trajetórias inovativas.

A política de inovação, sob a ótica neo-schumpeteriana, deve integrar instrumentos explícitos e políticas implícitas entre as quais se destacam as estratégias educacionais de EPT. Essa integração é fundamental para desencadear processos de aprendizado, acumulação de conhecimento e criação de capacidades tecnológicas. Contudo, a efetividade dessas políticas encontra seu locus estratégico no nível regional, onde a abordagem dos SRIs reconhece a importância da proximidade geográfica para a difusão do conhecimento, especialmente o tácito, e para a promoção de interações dinâmicas entre empresas, universidades e governo. Instrumentos como os PqTecs emergem como mecanismos relevantes para acelerar a complexidade econômica e articular redes de inovação, mas sua eficácia depende da capacidade de gerar impactos territoriais e não apenas retornos privados.

Nesse contexto, a EPT assume papel central como política implícita de inovação, pois é responsável por prover as competências necessárias para absorção e aplicação do conhecimento nos SRIs. A EPT, entretanto, enfrenta o desafio de superar sua condição de política-meio secundária e posicionar-se como ator estratégico na construção de capacidades superiores nos agentes locais. Neste sentido, a EPT deve avançar em três eixos prioritários: i) necessário analisar as capacidades dos atores privados locais e identificar como a EPT pode suprir lacunas específicas, respeitando as heterogeneidades regionais; ii) deve-se investigar as interações entre empresas e instituições de apoio, incluindo instituições escolares de EPT para compreender como induzir mecanismos cooperativos e superar a fragmentação estrutural; e, iii) é crucial avaliar se os modelos de monitoramento e avaliação dos PqTecs e demais instrumentos regionais estão efetivamente aferindo impactos sobre desenvolvimento territorial e formação de capital humano e não apenas ganhos internos das empresas residentes. Essa agenda é fundamental para alinhar políticas de inovação e EPT às exigências da Quarta Revolução Industrial, garantindo que a transformação digital seja acompanhada por inclusão social, desenvolvimento regional e fortalecimento da soberania tecnológica.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. M. Revoluções tecnológicas e *general purpose technologies*: mudança técnica, dinâmica e transformações do capitalismo. In: RAPINI, M. S.; RUFFONI, J.; ALBUQUERQUE, E. M. (orgs.). **Economia da ciência, tecnologia e inovação**: fundamentos teóricos e a economia global. Belo Horizonte: UFMG, 2020, p. 53-83.

ARAÚJO, W. P. Marx e a indústria 4.0: trabalho, tecnologia e valor na era digital. **R. Katál.**, Florianópolis, v. 25, n. 1, p. 22-32, jan./abr., 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rk/a/kQHYDzr9wpjWSMWjhpQGnWd/?lang=pt> Acesso em: 10 dez. 2025.

ASHEIM, B. T.; GERTLER, M. S. The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems. **The Oxford handbook of innovation**, p. 291-317, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Bjoern-Asheim/publication/284698107_The_Geography_of_Innovation_Regional_Innovation_Systems/links/594a44fd0f7e9ba3beaf7584/The-Geography-of-Innovation-Regional-Innovation-Systems.pdf Acesso em: 10 dez. 2025.

BITTENCOURT, P. F.; RAUEN, A. T. Políticas de inovação: racionalidade, instrumentos e coordenação. In: LIMA, P. V.; SOUZA, A. J. S. (orgs.). **Política e Gestão da Inovação no Brasil**. Brasília: IFB, 2021. p.520-546.

BRASIL. **Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004**. Brasília: Imprensa Oficial, 2004.

BRASIL. **Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005**. Brasília: Imprensa Oficial, 2005.

BRASIL. **Lei nº 13.005, de 25 de julho de 2014**. Brasília: Imprensa Oficial, 2014.

BRASIL. **Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016**. Brasília: Imprensa Oficial, 2016.

BRASIL. **Decreto nº 9.204, de 23 de novembro de 2017**. Brasília: Imprensa Oficial, 2017.

BRASIL. **Decreto nº 10.534, de 28 de outubro de 2020**. Brasília: Imprensa Oficial, 2020.

BRASIL. **Lei nº 14.180, de 1º de julho de 2021**. Brasília: Imprensa Oficial, 2021.

BRASIL. **Decreto nº 11.713, de 26 de setembro de 2023**. Brasília: Imprensa Oficial, 2023.

BRASIL. **Medida Provisória nº 1.318, de 17 de setembro de 2025**. Brasília: Imprensa Oficial, 2025.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 1, p. 34-45, jan./mar. 2005. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/spp/a/9V95npkxV66Yg8vPJTpHfYh/?format=html&lang=pt> Acesso em: 10 dez. 2025.

COSTA, R. A. R. A.; GUERRA, M. G. G. V. Indústria global de educação, Edu-Business, Edtechs e os reflexos no campo educacional brasileiro. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, v. 21, n. 62, p. 110-132, 2025. Disponível em:

<https://revistaboletimconjuntura.com.br/revista/article/view/6593/1392> Acesso em: 10 dez. 2025.

DIAS, J. A. A importância da educação profissional para o mercado de trabalho contemporâneo. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, v. 1, 2019.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Campinas: Unicamp, 2008.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO – FAPESP.

Programas estratégicos. São Paulo: FAPESP, 2025. Disponível em:

<https://fapesp.br/programas-estrategicos> Acesso em: 10 dez. 2025.

JENSEN, M. B. *et al.* Forms of Knowledge and Modes of Innovation. **Research Policy**, v. 36, n. 5, p. 680-693, 2007. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/222526843_Forms_of_Knowledge_and_Modes_of_Innovation/link/5adefa48a6fdcc29358d9fa6/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19 Acesso em: 10 dez. 2025.

HEINSFELD, B. D.; PISCHETOLA, M. O discurso sobre tecnologias nas políticas públicas em educação. **Educ. Pesqui.**, v. 45, e205167, 2019. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ep/a/XPSDrBf4TFCSNzfxW9jMWww/?lang=pt> Acesso em 10 dez. 2025.

HOBBSAWN, E. J. **A Era das revoluções**: Europa 1789-1848. 21. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2007.

LINK, A.; SCOTT, J. On the growth of US science parks. *The Journal of Technology Transfer*, v. 28, n. 1, p. 81-85, 2003. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1021634904546> Acesso em: 10 dez. 2025.

MANDEL, E. **O capitalismo tardio**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

MARX, K. **O Capital**: crítica da economia política. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1984. v. 1, t. 1.

MIRANDA, F. S. M. P. Políticas de educação profissional e tecnológica perante a Indústria 4.0: desafios e contradições. **Educere**, Umuarama, v. 23, n. 2, p. 988-1004, 2023. Disponível em: <https://revistas.unipar.br/index.php/educere/article/view/10474> Acesso em: 10 dez. 2025.

PAULA, A. P. P.; PAES, K. D. Fordismo, pós-fordismo e ciberfordismo: os (des)caminhos da Indústria 4.0. **Cad. EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, p. 1047-1058, out./dez. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/jdPSyBLskZhg6MBgfWKXBsF/?format=html&lang=pt> Acesso em: 10 dez. 2025.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: Hucitec, 1996.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1985.

SILVA, M. T. Organização e trabalho 4.0. p. 95-112. In: SACOMANO, J. B. *et al.* (Orgs). **Indústria 4.0**: conceitos e fundamentos. São Paulo: Blucher, 2018.

SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. M. **A interação universidades e empresas em perspectiva histórica no Brasil**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2008.