



AMBIENTES DE INOVAÇÃO E EDUCAÇÃO: análise do impacto utilizando *propensity score Matching*

Rodrigo Milano de Lucena¹
Fábio Nobuo Nishimura²

Resumo: Este artigo investiga os efeitos da presença de ambientes de inovação nos municípios brasileiros sobre indicadores de desempenho e permanência na educação pública. A pesquisa parte da premissa de que os impactos da inovação extrapolam a esfera econômica, podendo gerar externalidades sociais relevantes. Para isso, utiliza-se o método de Propensity Score Matching (PSM) para estimar o impacto líquido da presença de parques tecnológicos, incubadoras e centros de pesquisa sobre três variáveis educacionais: nota média no ENEM, taxa de evasão no ensino médio e distorção idade-série. Os resultados indicam que municípios com ambientes de inovação apresentam desempenho educacional superior aos seus pares comparáveis, sugerindo que a inovação territorial pode contribuir positivamente para o fortalecimento da educação básica pública. O estudo contribui para a literatura ao destacar a dimensão social da inovação e fornecer evidências empíricas em um contexto de alta desigualdade regional.

Palavras-chave: Ambientes de inovação; Educação pública; Avaliação de impacto; Políticas territoriais; Propensity Score Matching.

Código JEL: I21; O35; R58

Área Temática: 4.3 Sistemas de inovação – nacional, regional, setorial, tecnológico

Innovation Environments and Education: An Impact Assessment Using Propensity Score Matching

Abstract: *This paper investigates the effects of innovation environments on public education indicators in Brazilian municipalities. The study is based on the premise that the impacts of innovation go beyond economic outcomes, generating relevant social externalities. To this end, the Propensity Score Matching (PSM) method is applied to estimate the net effect of the presence of technology parks, incubators, and research centers on three educational variables: average ENEM scores, high school*

¹ Professor Adjunto da Facap – Faculdade de Ciências Aplicadas e Políticas da UFR (Universidade Federal de Rondonópolis). milano.rodrigo@ufr.edu.br

² Professor Adjunto da Facap – Faculdade de Ciências Aplicadas e Políticas da UFR e (Universidade Federal de Rondonópolis) e Secretário de Inovação e Empreendedorismo da UFR. fabio@ufr.edu.br

dropout rates, and age-grade distortion. Results show that municipalities with innovation environments perform better than comparable counterparts, suggesting that territorial innovation contributes positively to strengthening basic public education. This study contributes to the literature by highlighting the social dimension of innovation and providing empirical evidence within a context of strong regional disparities.

Keywords: *Innovation environments; Public education; Impact assessment; Territorial policies; Propensity Score Matching.*

1. Introdução

A inovação tem sido mobilizada como instrumento estratégico para o desenvolvimento territorial, orientando políticas públicas voltadas à transformação econômica de regiões e municípios. Iniciativas como parques tecnológicos, centros de pesquisa aplicada e hubs de empreendedorismo e inovação ganham destaque ao prometer não apenas ganhos de produtividade, mas também a articulação entre universidades, empresas e governo — elementos centrais nos chamados sistemas regionais de inovação (ASHEIM; GERTLER, 2005). Contudo, os impactos desses ambientes inovadores têm sido avaliados majoritariamente por seus efeitos econômicos, com pouca atenção às dimensões sociais, especialmente à educação.

A literatura especializada reconhece amplamente que a educação é um insumo fundamental para o funcionamento dos sistemas de inovação (VILLALBA, 2007). Ainda assim, permanece pouco explorada a hipótese inversa: ambientes de inovação poderiam gerar impactos positivos nos indicadores educacionais das regiões onde se inserem? Essa lacuna se torna especialmente relevante no contexto brasileiro, marcado por disparidades estruturais e por uma concentração de políticas de inovação em determinados centros urbanos e universitários.

Estudos recentes sobre inovação inclusiva (BRAMWELL, 2021; LOWE; WOLF-POWERS, 2018) indicam que a forma como ecossistemas inovadores se estruturam pode influenciar o acesso à formação técnica, superior e continuada, ao articular instituições de ensino com estratégias locais de desenvolvimento. No entanto, há escassez de evidências empíricas que mensurem tais relações de forma sistemática, sobretudo em nível subnacional. No Brasil, não há consenso sobre se — e em que medida — a presença de ambientes de inovação impacta indicadores como evasão escolar, IDEB ou acesso ao ensino superior.

A presente pesquisa busca preencher essa lacuna ao investigar os efeitos da presença de ambientes de inovação sobre os indicadores educacionais de municípios brasileiros, com foco em acesso, permanência e desempenho escolar. Para isso, adota-se o método de Propensity Score Matching (PSM), que permite estimar o efeito médio do tratamento sobre os tratados (ATT), controlando por variáveis que influenciam tanto a presença desses ambientes quanto os resultados educacionais.

A pergunta que orienta o estudo é: Qual é o efeito da presença de ambientes de inovação nos municípios brasileiros sobre os indicadores, especificamente o desempenho na nota do ENEM, a taxa de evasão no ensino médio e o indicador de distorção idade-série?

As hipóteses testadas são:

- H1: A presença de ambientes de inovação está associada a melhores indicadores de desempenho e permanência na educação pública municipal;
- H2: Municípios com ambientes de inovação apresentam menores taxas de evasão escolar e de distorção idade-série no ensino médio.

O estudo contribui para a literatura ao integrar duas agendas frequentemente tratadas de forma separada — políticas de inovação e políticas educacionais — e ao propor evidências empíricas sobre os efeitos sociais da territorialização da inovação.

Além desta introdução, o artigo segue estruturado com as seções de revisão bibliográfica sobre ambiente de inovação e educação, seções de dados e estratégia empírica, seção de análise dos dados, finalizando com as considerações finais e referências bibliográficas.

2. AMBIENTES DE INOVAÇÃO E EDUCAÇÃO: Revisão Bibliográfica

A teoria da destruição criadora, proposta por Schumpeter (1982), destaca a inovação como força motriz das transformações econômicas, promovendo a substituição de métodos obsoletos por novos processos, produtos e formas organizacionais. No entanto, essa “criação destrutiva” não emerge de forma espontânea: requer um ambiente institucional que reduza barreiras e estimule o desenvolvimento tecnológico. A tradição neoschumpeteriana, representada por autores como Nelson e Winter (1985), amplia essa concepção ao afirmar que cabe ao Estado fomentar esse ambiente, por meio de regulações favoráveis, investimentos em pesquisa e apoio à difusão de inovações. A

inovação, portanto, não é um fenômeno isolado, mas moldado pelas estruturas sociais, políticas e institucionais que a cercam.

A partir dessa abordagem, a literatura sobre sistemas regionais de inovação destaca o papel central da territorialidade na dinâmica inovadora. O desenvolvimento de capacidades tecnológicas depende da articulação entre universidades, empresas e governos em escalas locais e regionais, formando redes densas de conhecimento e interação que sustentam trajetórias baseadas no aprendizado coletivo (ASHEIM; GERTLER, 2005). Com o amadurecimento do debate, surgem abordagens mais específicas, como os sistemas locais e regionais de inovação, que valorizam características endógenas dos territórios — infraestrutura, capital humano, vocações econômicas e mecanismos de governança — como fatores críticos para o desempenho inovador.

Nesse contexto, destacam-se os chamados ambientes de inovação, como parques tecnológicos, incubadoras, polos de inovação e centros de pesquisa aplicada, que atuam como plataformas institucionais de conexão entre ciência, tecnologia e produção (LASTRES; CASSIOLATO, 2005; KUPFER, FERRAZ, MARQUES, 2013). Ao oferecerem infraestrutura, apoio técnico e articulação entre os atores locais, esses ambientes materializam o sistema de inovação regional e contribuem para a consolidação de trajetórias sustentadas no conhecimento.

Embora amplamente reconhecidos por seu papel no dinamismo econômico, os efeitos sociais da inovação — particularmente os educacionais — permanecem menos explorados na literatura. As análises tradicionais costumam restringir-se a indicadores de produtividade, competitividade e geração de empregos qualificados (FAGERBERG; SRHOLEC; VERSPAGEN, 2010; HOWELLS, 2005). No entanto, autores como Nelson e Winter (1985) e Lundvall (2007) já alertavam para a necessidade de compreender a inovação como fenômeno social, cujos efeitos extrapolam as métricas econômicas usuais. A esse respeito, Paunov (2013) ressalta que políticas de inovação tendem a negligenciar seus impactos sociais e distributivos, concentrando-se em retornos econômicos de curto prazo.

O debate sobre inovação inclusiva busca justamente romper com essa limitação. Para Lowe e Wolf-Powers (2018), ecossistemas inovadores devem ser avaliados também por sua capacidade de ampliar oportunidades para populações historicamente marginalizadas. Essa perspectiva é aprofundada por Bramwell (2021), que enfatiza o papel dos governos locais na criação de estratégias que conectem inovação tecnológica a políticas de inclusão, capacitação profissional e acesso à educação. Embora esses trabalhos não testem diretamente a relação entre ambientes de inovação e indicadores escolares formais, apontam caminhos institucionais para possíveis efeitos educacionais indiretos — como a criação de centros de ensino técnico, programas de estágio ou projetos de aprendizagem aplicada.

De forma complementar, Hobbs, Link e Shelton (2020) analisam os efeitos regionais de parques universitários nos Estados Unidos e concluem que esses ambientes não apenas impulsionam a economia local, como também favorecem a retenção de talentos e o fortalecimento das instituições acadêmicas. Stoffers (2023), por sua vez, propõe um modelo conceitual para promover a empregabilidade em regiões inovadoras, no qual a cooperação entre atores territoriais amplia o acesso à aprendizagem ao longo da vida, reforçando os vínculos entre inovação e educação.

A relação entre educação e inovação, contudo, ainda é predominantemente tratada de forma unidirecional: a educação é vista como insumo para a inovação. Villalba (2007), ao analisar dados de países da União Europeia, confirma essa associação ao identificar correlações positivas entre escolaridade média, participação em educação continuada e os níveis agregados de inovação. Contudo, o autor também observa que a hipótese inversa — a de que a inovação pode induzir melhorias nos indicadores educacionais — permanece pouco desenvolvida do ponto de vista teórico e subexplorada empiricamente. Segundo ele, um caminho inicial para avançar nessa direção consiste em articular diferentes métricas educacionais com indicadores territoriais de inovação, especialmente em análises subnacionais.

Essa lacuna metodológica se torna ainda mais relevante em contextos como o brasileiro, marcados por desigualdade regional acentuada e forte concentração das políticas de inovação em centros específicos. Ainda são raras as evidências empíricas que investigam o efeito de ambientes de

inovação sobre variáveis educacionais formais. Entretanto, estudos internacionais indicam que fatores territoriais e institucionais desempenham papel crucial na conformação de trajetórias educacionais. Chetty et al. (2014), ao analisarem milhões de registros nos Estados Unidos, demonstram que a mobilidade educacional e de renda é sensivelmente influenciada por características locais, como redes institucionais, capital social e qualidade dos serviços públicos. De forma complementar, a OECD (2019) argumenta que políticas regionais de inovação bem desenhadas podem gerar efeitos positivos sobre a formação técnica, a empregabilidade e a aprendizagem ao longo da vida, especialmente quando articuladas com estratégias de inclusão social e desenvolvimento de competências locais. Esses achados reforçam a hipótese de que a presença de ambientes de inovação pode atuar como vantagem institucional, promovendo não apenas crescimento econômico, mas também ganhos educacionais relevantes — hipótese ainda pouco testada no caso brasileiro.

Este artigo busca justamente avançar esse campo de investigação, ao analisar, em nível municipal, o impacto da presença de ambientes de inovação sobre três dimensões da educação pública: desempenho médio no ENEM, evasão escolar no ensino médio e distorção idade-série. Para isso, utiliza-se o método de Propensity Score Matching (PSM), que permite isolar o efeito líquido do tratamento, contribuindo para o aprofundamento de uma agenda ainda incipiente na literatura sobre inovação territorial e desenvolvimento social.

3. Dados

A base empírica deste estudo contempla informações referentes ao ano de 2022, abrangendo os 5.570 municípios brasileiros. A identificação dos ambientes de inovação nos municípios foi realizada com base no mapeamento disponibilizado pela Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (Anprotec). Essa entidade é responsável por apoiar e integrar os principais atores do ecossistema nacional de inovação.

Conforme sua classificação, os ambientes de inovação englobam incubadoras de empresas, aceleradoras, parques tecnológicos, polos e distritos tecnológicos, espaços de coworking e núcleos de inovação tecnológica (NITs). Tais ambientes funcionam como plataformas institucionais de suporte ao empreendedorismo e à geração de soluções inovadoras, com forte atuação na articulação entre universidades, setor produtivo e governos locais.

As demais informações foram extraídas do Índice de Progresso Social (IPS) Brasil, uma iniciativa elaborada pelo Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon), em parceria com a Fundação Avina, o Social Progress Imperative e o Instituto Cidades Sustentáveis. O IPS foi desenvolvido com o objetivo de mensurar o progresso social dos territórios de forma complementar aos indicadores econômicos tradicionais, utilizando exclusivamente dados secundários de fontes públicas oficiais, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Ministério da Saúde, o Ministério da Educação, o Ministério da Cidadania, entre outros.

A estrutura do índice é composta por três dimensões principais: (i) necessidades humanas básicas, que inclui indicadores relacionados a segurança pessoal, moradia, alimentação e acesso à água e saneamento; (ii) fundamentos do bem-estar, que abrange educação, acesso à informação e saúde; e (iii) oportunidades, dimensão que considera direitos individuais, liberdade pessoal, tolerância, inclusão e acesso à educação superior. Cada dimensão se subdivide em componentes temáticos, os quais, por sua vez, reúnem indicadores estatísticos normalizados e agregados para compor escores entre 0 e 100 para cada município. Esses dados permitem uma análise abrangente do desenvolvimento social e ambiental dos territórios, independentemente da renda ou do Produto Interno Bruto (PIB).

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na análise, segmentadas entre os grupos tratados (municípios com ambientes de inovação) e controles (sem ambientes de inovação). São reportadas as médias e erros padrão para cada grupo, bem como a diferença entre as médias, permitindo verificar o grau de desequilíbrio entre os grupos antes do pareamento.

Observa-se que as variáveis dependentes, como a Nota Média Municipal no ENEM, a Evasão no Ensino Médio e a Distorção Idade-Série, apresentam diferenças substanciais entre os grupos. Por exemplo, a média da nota do ENEM nos municípios tratados é de 484 pontos, contra 331 pontos nos

controles, com uma diferença de 153 pontos e erro padrão de 20,7. Resultados semelhantes são encontrados nas demais variáveis dependentes, sugerindo melhores condições educacionais nos municípios com ambientes inovadores.

Tabela 1 – Estatística Descritiva.

Variável	Controles		Tratados		Diferença	
	Média	Erro Padrão	Média	Erro Padrão	Média	Erro Padrão
Dependentes						
Nota Média Municipal ENEM	331	34,1	484	16,1	-153	20,7
Evasão EM	7,203	0,057	6,656	0,236	0,547	0,346
Distorção Idade-Série	2,333	0,168	2,009	0,775	3,236	1,019
Covariáveis						
Índice de Progresso Social	0,262	0,006	0,154	0,030	0,108	0,036
Índice de Oportunidades	0,310	0,006	0,309	0,038	0,001	0,038
Índice de Nutrição e Cuidados de Saúde	0,751	0,006	0,886	0,026	-0,135	0,036
Índice de Mortalidade Infantil	0,307	0,006	0,134	0,028	0,172	0,038
Índice de Subnutrição	0,546	0,007	0,523	0,041	0,022	0,041
Índice de Obesidade	0,549	0,007	0,792	0,033	-0,243	0,041
Índice de Suicídios	0,386	0,007	0,570	0,041	-0,185	0,040
Índice de Violência contra Mulheres	0,405	0,007	0,503	0,041	-0,099	0,041
Índice de Empregados Ensino Superior	0,471	0,007	0,577	0,041	-0,106	0,041
Índice de Trabalho Infantil	0,379	0,007	0,181	0,032	0,198	0,040
Índice de Acesso Conhec. Básico	0,702	0,006	0,819	0,032	-0,116	0,038
Índice de Acesso Ensino Superior	0,477	0,007	0,779	0,034	-0,302	0,041
Índice de Reprovação	0,394	0,007	0,268	0,036	0,126	0,040
Índice de Expectativa de Vida	0,286	0,006	0,376	0,040	-0,090	0,038
Índice do PIB Per Capita	0,543	0,007	0,872	0,027	-0,330	0,041
Índice de Gravidez na Adolescência	0,371	0,007	0,638	0,040	-0,267	0,040
Índice de Densidade de Telefonia Móvel	0,236	0,006	0,503	0,041	-0,267	0,035
N. Obs	5421		149			

Fonte: Elaborados pelos autores através da dados da ANPROTEC e IPS, 2025.

As covariáveis utilizadas na estimação do score de propensão também revelam desequilíbrios significativos. Municípios tratados possuem, em média, melhores indicadores de condições socioeconômicas, infraestrutura e saúde, como maiores valores de PIB per capita, expectativa de vida, acesso ao conhecimento básico, proporção de empregados com ensino superior, além de menores índices de trabalho infantil, gravidez na adolescência e reprovação escolar.

Esse padrão sugere que os municípios tratados diferem sistematicamente dos controles em múltiplas dimensões antes da aplicação da política, o que inviabiliza a comparação direta entre os grupos e compromete a validade de inferências causais baseadas apenas em média. Tal evidência reforça a necessidade de utilizar métodos de pareamento, como o *Propensity Score Matching* (PSM), a fim de construir um grupo de controle contrafactual mais adequado.

O PSM permite ajustar essas diferenças observadas por meio do pareamento de unidades com probabilidades semelhantes de receber o tratamento, com base nas covariáveis selecionadas. Assim, são atendidas as condições de comparabilidade entre grupos e mitigado o viés de seleção observável (ROSENBAUM; RUBIN, 1983).

Portanto, os resultados descritivos não apenas fornecem uma visão inicial dos dados, mas também justificam metodologicamente a escolha do modelo de *Propensity Score Matching* como ferramenta para estimar o efeito da presença de ambientes de inovação nos indicadores educacionais dos municípios brasileiros.

4. ESTRATÉGIA EMPÍRICA

O objetivo deste artigo é estimar o impacto da presença de ambientes de inovação nos municípios brasileiros sobre indicadores educacionais, especificamente o desempenho na nota do ENEM, a taxa de evasão no ensino médio e o indicador de distorção idade-série. Para isso, emprega-se o método de emparelhamento por escore de propensão (*Propensity Score Matching* - PSM), conforme proposto por Rosenbaum e Rubin (1983). Este método é apropriado para situações nas quais não é possível conduzir experimentos aleatorizados e permite comparar unidades tratadas com unidades não tratadas que possuam características observáveis semelhantes.

A variável de tratamento é uma *dummy* que assume valor 1 para os municípios que possuem ao menos um ambiente de inovação identificado pela Anprotec (2022), e 0 caso contrário. A estimação do escore de propensão foi realizada por meio de modelos Probit e Logit, nos quais a variável dependente é a presença do ambiente de inovação, e as variáveis explicativas são indicadores socioeconômicos extraídos do Índice de Progresso Social (IPS Brasil), referentes ao ano de 2022 e abrangendo os 5.570 municípios brasileiros.

O vetor de covariáveis inclui indicadores de subnutrição, reprovação escolar, hospitalizações por causas evitáveis, abastecimento de água, homicídios, mortes por acidentes de transporte, assassinatos de mulheres e disponibilidade de áreas verdes urbanas. Além disso, foram aplicados três algoritmos de emparelhamento: *nearest-neighbour*, *radius* e *kernel*. Cada um desses métodos contribui para a robustez dos resultados, oferecendo alternativas ao pareamento com diferentes suposições sobre a distribuição do escore de propensão.

A obtenção dos resultados partiu da aplicação das metodologias descritas anteriormente, com a estimação do Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (ATT) para os desfechos de interesse — nota do ENEM, evasão escolar e distorção idade-série — considerando subgrupos definidos por características específicas dos municípios. A estimativa do ATT segue a seguinte expressão:

$ATT = \mathbb{E}[Y_1 - Y_0 \mid Treat = 1] = \frac{1}{N_T} \sum_{i \in T} \left(Y_i - \sum_{j \in C} w_{ij} Y_j \right)$	(1)
--	-----

onde w_{ij} representa os pesos atribuídos a cada unidade de controle, definidos pelo algoritmo utilizado. Para reforçar a validade da estimação do escore, foram utilizadas especificações alternativas com modelos Logit e Probit, a fim de verificar a consistência dos resultados frente a diferentes distribuições de probabilidade subjacentes à variável de tratamento.

O método PSM baseia-se em três hipóteses principais: (i) a condição de independência condicional – CIA (*unconfoundedness*), segundo a qual, condicionalmente ao escore de propensão, o tratamento é independente dos desfechos potenciais; (ii) sobreposição (*common support*), que assegura que haja comparabilidade entre os grupos tratado e controle para todos os valores do escore; e (iii) a ausência de variáveis omitidas relevantes. Em nosso trabalho, tais hipóteses foram cuidadosamente avaliadas. A CIA foi tratada mediante a inclusão de um amplo conjunto de variáveis socioeconômicas e verificada através do método de Ichino et al. (2008); a sobreposição (balanceamento) foi verificada por meio do teste estatístico de Edwin Leuven e Barbara Sianesi (2003), que compara a distribuição dos escores de propensão entre os grupos; e a ausência de viés por variáveis omitidas foi testada com o método de Oster (2016).

Adicionalmente, foram realizados testes de heterogeneidade com base em três subgrupos de municípios: alto PIB per capita, alta inclusão social e alto acesso ao ensino superior. Esses testes foram conduzidos após todos os testes de robustez, com o objetivo de verificar se os efeitos do tratamento variam conforme o nível de desenvolvimento econômico, social e educacional das localidades. A especificação desses modelos seguiu a forma:

$Y_i = \alpha + \beta Treat_i + \delta H_i + \gamma(Treat_i \times H_i) + \varepsilon_i$	(2)
--	-----

em que H_i representa a variável de heterogeneidade (e.g., dummy para alto PIB per capita, alta inclusão social ou alto acesso ao ensino superior).

O teste de Ichino et al. (2008) consiste na inclusão de variáveis artificiais correlacionadas com o tratamento e os desfechos. A especificação básica envolve a geração de variáveis sintéticas Z^* , e a reestimação do ATT sob diferentes níveis de correlação entre Z^* e Y , permitindo avaliar o viés potencial decorrente da omissão de variáveis relevantes. A robustez dos resultados é mantida mesmo sob cenários adversos.

O teste de Oster (2016) foi utilizado para mensurar a sensibilidade dos coeficientes estimados frente à omissão de variáveis não observadas. A abordagem baseia-se na comparação entre os coeficientes obtidos no modelo com controle parcial ($\beta_{parcial}$, $R^2_{parcial}$) e um valor suposto de R^2_{Max} . A fórmula utilizada é:

$\beta^* = \beta_{parcial} - \delta(\beta_{parcial} - \beta_{full}) \frac{R^2_{max} - R^2_{parcial}}{R^2_{full} - R^2_{parcial}}$	(3)
---	-----

onde δ representa a correlação entre as variáveis omitidas e o tratamento. Aplicando valores plausíveis de δ e R^2_{Max} , os resultados indicaram que seriam necessárias variáveis não observadas com correlação muito alta com o tratamento para anular os efeitos estimados, reforçando a robustez das inferências.

Em conjunto, a estratégia empírica adotada fornece evidências robustas do impacto positivo da presença de ambientes de inovação sobre indicadores educacionais, contribuindo para o debate sobre o papel das políticas de apoio à inovação no desenvolvimento territorial.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Resultados Principais

Esta seção apresenta os resultados da estimativa do efeito médio de tratamento sobre os tratados (ATT) utilizando o método de *Propensity Score Matching* (PSM), com diferentes algoritmos de pareamento: *Nearest-Neighbor*, *Radius Matching* e *Kernel Matching*, sob especificações com funções de ligação *probit* e *logit*. O objetivo é identificar o impacto da presença de ambientes de inovação nos municípios sobre três dimensões centrais da educação pública: desempenho médio dos estudantes (Nota ENEM), evasão escolar no ensino médio, e distorção idade-série.

As estimativas foram baseadas em uma amostra de 5.505 municípios brasileiros, com pareamento entre 149 tratados e 5.356 controles, respeitando o critério de *common support*. Todas as variáveis de controle utilizadas na estimação foram balanceadas adequadamente após o pareamento, conferindo credibilidade às inferências apresentadas.

Os resultados podem ser observados na tabela 3, e são interpretados nas seções que se seguem.

5.1.1. Desempenho Educacional (Nota ENEM)

Conforme os resultados demonstrados na Tabela 2, observa-se que a presença de ambientes de inovação nos municípios está associada a melhor desempenho médio dos estudantes no ENEM. Os valores estimados para o ATT variam entre 116,360 e 151,880 pontos na escala do exame, e todos são estatisticamente significativos ao nível de 1%.

Tabela 2 – Resultado Principal: Ambientes de Inovação sobre Indicadores Educacionais.

Algoritmo	Nota ENEM		Evasão		Distorção Idade Série	
	Probit	Logit	Probit	Logit	Probit	Logit
NN	116,360*** (29,839)	140,910*** (30,93)	-2,181*** (,587)	-2,157*** (,59)	-12,968*** (1,932)	-13,084*** (1,937)

<i>Radius</i>	151,880*** (16,434)	151,880*** (16,434)	-0,525** (,242)	-0,525** (,242)	-3,136*** (,791)	-3,136*** (,791)
<i>Kernel</i>	141,190*** (18,499)	143,280*** (19,212)	-0,583** (,244)	-0,582** (,244)	-3,234*** (,795)	-3,215*** (,795)
Obs.	5.505	5.505	5.505	5.505	5.505	5.505

Nota: *Significante a 10%; **Significante a 5%; ***Significante a 1%.

Fonte: Elaborados pelos autores através da dados da ANPROTEC e IPS, 2025.

Este resultado é robusto entre os algoritmos testados e sugere que os municípios que promovem a inovação por meio de políticas públicas locais, infraestrutura para ciência e tecnologia, apoio a incubadoras ou parcerias com universidades e setor produtivo, criam um ambiente favorável ao desenvolvimento educacional. Ambientes inovadores podem influenciar positivamente o desempenho escolar ao estimular uma cultura de valorização do conhecimento, fomentar expectativas mais altas entre os jovens quanto ao futuro profissional e ampliar o acesso a recursos didáticos, tecnológicos e oportunidades de aprendizagem diferenciadas, como *hackathons*, projetos *maker* e iniciação científica júnior.

A literatura internacional aponta que ecossistemas de inovação desempenham um papel crucial na melhoria dos resultados educacionais. Por exemplo, Etzkowitz e Leydesdorff (2000) argumentam que a interação entre universidade, governo e setor privado (conhecida como modelo da “hélice tríplice”) fortalece o capital humano e contribui para o desenvolvimento de competências educacionais. Além disso, estudos como o de Cai, Ferrer e Lastra (2020) demonstram que a presença de instituições de ensino superior em ecossistemas de inovação está fortemente associada à melhoria nos resultados acadêmicos dos estudantes.

Além disso, é importante destacar que o impacto observado é particularmente relevante, considerando-se que os efeitos foram estimados após controle por uma ampla gama de covariáveis socioeconômicas, demográficas e estruturais. Isso reforça a hipótese de que os efeitos não são reflexo de características preexistentes, mas possivelmente resultam da intervenção municipal na promoção de ambientes inovadores.

5.1.2. Evasão Escolar no Ensino Médio

Em relação à evasão escolar, os resultados apontam que a presença de ambientes de inovação está associada a uma redução significativa da evasão no ensino médio. O algoritmo *Nearest-Neighbor* indicou um efeito de -2,181 pontos percentuais, estatisticamente significativo a 1%, enquanto os algoritmos *Radius* e *Kernel* apresentaram efeitos mais discretos, entre -0,525 e -0,583 pontos percentuais, ainda com significância estatística em níveis de 5%.

A evasão escolar é um dos principais desafios das redes públicas de ensino e frequentemente está associada à desmotivação, à percepção de baixa aplicabilidade dos conteúdos escolares e à falta de perspectiva profissional. Ambientes de inovação podem atuar como catalisadores de mudança nesse cenário ao reconfigurar o sentido da escola para os jovens, tornando o aprendizado mais contextualizado, prático e conectado com a realidade local.

Além disso, políticas de inovação normalmente envolvem ações intersetoriais, que dialogam com educação, trabalho, ciência e juventude. Essa integração institucional pode ampliar as oportunidades de participação juvenil em projetos, estágios, programas de mentoria e feiras científicas, o que, por sua vez, fortalece os vínculos escolares e reduz a propensão ao abandono. Segundo Radicic e Pugh (2017), a incorporação de práticas inovadoras em organizações de pequeno porte pode ter efeitos indiretos em políticas sociais, incluindo educação, especialmente quando voltadas à inclusão de jovens em atividades produtivas. Do mesmo modo, Clarysse, Wright e Van Hove (2016) mostram que programas de aceleração e inovação tendem a ter impactos educacionais indiretos ao criarem ambientes de engajamento para jovens estudantes e empreendedores.

Portanto, os efeitos identificados pelo *PSM* reforçam a hipótese de que as políticas locais de inovação não atuam apenas como motores econômicos, mas também como mecanismos de coesão social e educacional.

5.1.3. Distorção Idade-Série

A variável distorção idade-série — definida como a discrepância entre a idade esperada e a idade real dos estudantes para determinada série escolar — também apresentou resultados significativos. O modelo com algoritmo *Nearest-Neighbor* e função *logit* indicou uma redução de 13,084 pontos percentuais ($p < 0,01$), enquanto os estimadores *Radius* e *Kernel* apresentaram efeitos entre -3,136 e -3,234 pontos percentuais, todos com alta significância estatística.

A distorção idade-série é um indicador crítico das disfunções do sistema educacional, refletindo reprovações, atrasos, abandono temporário ou interrupções frequentes na trajetória dos estudantes. A sua redução em municípios com ambientes de inovação sugere que esses contextos estão contribuindo para uma maior regularidade e fluidez na trajetória escolar dos alunos.

Esse efeito pode ser decorrente da valorização do ensino como pilar estratégico das políticas de desenvolvimento local, o que tende a induzir ações focadas em correção de fluxo escolar, reforço pedagógico e melhoria do clima institucional das escolas. Além disso, a articulação entre escolas e atores do ecossistema de inovação pode gerar práticas pedagógicas mais estimulantes, inclusivas e voltadas para resolução de problemas reais, diminuindo a evasão e a repetência — fatores centrais para a distorção idade-série.

A convergência dos sinais entre os modelos, combinada à sua magnitude, sinaliza que os ambientes de inovação podem ser vistos não apenas como estratégias para o desenvolvimento econômico, mas também como plataformas estruturantes de transformação educacional, com efeitos mensuráveis sobre o desempenho e a trajetória escolar dos estudantes (Cai, Ferrer & Lastra, 2020).

5.2 Testes de Robustez

5.2.1. Avaliação do Balanceamento das covariáveis

Como primeiro teste de robustez da estratégia de *Propensity Score Matching* (PSM), avaliou-se a hipótese de suporte comum por meio da análise do balanceamento das covariáveis pré e pós-pareamento. Este procedimento busca garantir que os grupos de tratamento e controle sejam comparáveis entre si com base nas características observáveis, eliminando vieses associados à seleção não aleatória (Rosenbaum & Rubin, 1983).

A Tabela 3 apresenta os indicadores de balanceamento para as variáveis de desfecho: Nota do ENEM, Evasão e Distorção Idade-Série. Observa-se que, após o pareamento, houve substancial melhoria no equilíbrio das covariáveis. Para a variável Nota do ENEM, o *Pseudo R*² caiu de 0,173 para 0,031, com redução do viés médio de 36,6% para 7,3%. Já para Evasão e Distorção Idade-Série, o pareamento foi ainda mais eficaz, reduzindo o *Pseudo R*² a praticamente zero (0,000) e o viés médio para apenas 0,3%, com viés mediano zerado, o que sugere excelente sobreposição entre os grupos tratados e de comparação.

Tabela 3 – Indicadores de balanceamento das covariáveis.

Variável		<i>Pseudo R</i> ²	Viés Médio	Viés Mediano
Nota ENEM	Pareado	0,171	7,300	7,200
	Não Pareado	0,031	36,600	35,400
Evasão	Pareado	0,173	0,300	0,000
	Não Pareado	0,000	25,300	26,700

Distorção Idade-Série	Pareado	0,173	0,300	0,000
	Não Pareado	0,000	25,300	26,700

Fonte: Elaborados pelos autores através da dados da ANPROTEC e IPS, 2025.

Esses resultados indicam que os modelos de pareamento foram bem-sucedidos em minimizar as diferenças entre os grupos em termos das covariáveis utilizadas, atendendo aos pressupostos metodológicos do PSM e conferindo maior validade causal às estimativas do efeito médio do tratamento sobre os tratados (*ATT*).

5.2.2 Análise de Sensibilidade: Teste de Ichino (2008) et al.

Como teste de robustez aos potenciais *confundidores* omitidos, aplicou-se o procedimento de sensibilidade proposto por Ichino et al. (2008), simulando a inclusão de uma variável não observada, com diferentes distribuições condicionais. Os resultados são apresentados nos Painéis A, B e C da Tabela 4, para os desfechos Nota do ENEM, Evasão Escolar e Distorção Idade-Série, respectivamente.

Tabela 4 – Análise de Sensibilidade: Teste de Ichino (2008) et al.

	<i>p</i> 11	<i>p</i> 10	<i>p</i> 01	<i>p</i> 00	Γ	Λ	ATT	SE
Painel A: Nota do ENEM								
Sem <i>Confundidor</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	.	.	140,000***	28,8
Índice de Progresso Social	0,140	0,220	0,260	0,270	0,15	0,26	139,000***	34,8
Índice de Oportunidades	0,320	0,260	0,310	0,310	0,31	0,31	140,000***	42
Índice de Nutrição e Cuidados de Saúde	0,900	0,830	0,750	0,760	0,89	0,75	148,000***	33,2
Índice de Mortalidade Infantil	0,130	0,170	0,290	0,330	0,13	0,31	132,000***	32
Índice de Subnutrição	0,520	0,570	0,560	0,530	0,52	0,55	140,000***	30,1
Índice de Obesidade	0,790	0,830	0,540	0,570	0,79	0,55	136,000***	34,7
Índice de Suicídios	0,580	0,520	0,400	0,360	0,57	0,39	106,000***	33,1
Índice de Violência contra Mulheres	0,480	0,610	0,420	0,370	0,5	0,4	130,000***	40,5
Índice de Empregados Ensino Superior	0,590	0,520	0,470	0,470	0,58	0,47	118,000***	33,7
Índice de Trabalho Infantil	0,190	0,130	0,390	0,360	0,18	0,38	120,000***	32
Índice de Acesso Conhec. Básico	0,830	0,780	0,700	0,710	0,82	0,7	133,000***	36,4
Índice de Acesso Ensino Superior	0,760	0,870	0,480	0,470	0,78	0,48	116,000***	30
Índice de Reprovação	0,370	0,390	0,290	0,270	0,38	0,29	116,000***	34,6
Índice de Expectativa de Vida	0,900	0,740	0,530	0,560	0,87	0,54	144,000***	43,5
Índice do Pib Per Capita	0,640	0,610	0,370	0,360	0,64	0,37	117,000***	40,1
Índice de Gravidez na Adolescência	0,530	0,350	0,230	0,250	0,5	0,24	127,000***	36,4
Índice de Densidade de Telefonia Móvel	0,870	0,830	0,570	0,550	0,86	0,56	134,000***	34,4
Painel B: Evasão								
Sem <i>Confundidor</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	.	.	-0.752***	0.253
Índice de Progresso Social	0,230	0,110	0,280	0,250	1.201	0,483	-0,716***	0,262
Índice de Subnutrição	0,460	0,560	0,520	0,560	0,869	0,936	-0,659***	0,263
Ideb Ensino Fundamental	0,000	0,000	0,000	0,000	1.392	.	-0,637***	0,261
Índice de Reprovação	0,560	0,280	0,410	0,200	2.708	1,68	-0,708***	0,282
Índice de Hospitais	0,630	0,670	0,470	0,470	1.005	2,14	-0,759***	0,275
Índice de Abastecimento de Água	0,000	0,000	0,010	0,010	2.429	.	-0,645***	0,261
Índice de Assassinatos Mulheres	0,620	0,440	0,400	0,350	1.216	1.684	-0,694***	0,269
Índice de Mortes por Acid. Trânsito	0,130	0,290	0,370	0,360	0,994	0,547	-0,754***	0,263

Índice de Homicídio	0,500	0,350	0,390	0,390	1.063	0,986	-0,676***	0,263
Índice de Áreas Verdes Urbanas	0,630	0,720	0,400	0,400	1.009	3.562	-0,800***	0,279

Painel C: Distorção Idade-Série

Sem <i>Confundidor</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	-3,666***	0,814
Índice de Progresso Social	0,300	0,100	0,280	0,250	1,155	0,540	-3.433***	0,864
Índice de Subnutrição	0,590	0,500	0,590	0,510	1,364	0,896	-3.249***	0,875
Ideb Ensino Fundamental	0,000	0,000	0,000	0,000	5,382	.	-3.098***	0,842
Índice de Reprovação	0,640	0,270	0,410	0,190	3,005	1,517	-3.228***	0,86
Índice de Hospitais	0,610	0,680	0,460	0,470	0,966	2,263	-3.610***	0,877
Índice de Abastecimento de Água	0,000	0,000	0,020	0,000	3,419	.	-3.179***	0,843
Índice de Assassinatos Mulheres	0,480	0,510	0,400	0,340	1,250	1,754	-3.296***	0,871
Índice de Mortes por Acid. Trânsito	0,250	0,230	0,360	0,370	0,976	0,541	-3.137***	0,855
Índice de Homicídio	0,410	0,400	0,400	0,380	1,115	1,180	-3.369***	0,852
Índice de Áreas Verdes Urbanas	0,590	0,730	0,390	0,410	0,913	3,250	-3.654***	0,884

Nota: As colunas p11, p10, p01 e p00 mostram os valores pij utilizados para simular a variável *confundidora* binária (U) em cada cenário. Γ representa o *odds ratio* do desfecho de interesse (Y) para os não tratados, considerando o efeito de U e controlando pelas covariáveis observadas (X); Λ representa os *odds ratios* do tratamento (T), também considerando as covariáveis observadas (X). O ATT foi estimado com base no método do vizinho mais próximo (NN1), utilizando U como uma covariável adicional. O SE refere-se ao erro padrão associado a essa estatística (Ichino et al., 2008). *** significância a 1%.

Fonte: Elaborados pelos autores através da dados da ANPROTEC e IPS, 2025.

Para a variável “Nota do ENEM” a análise de sensibilidade indica que o efeito do tratamento permanece estatisticamente significativo ($p < 0.01$) em todos os cenários. Mesmo sob diferentes configurações da variável simulada, o ATT se manteve estável, oscilando entre 106 e 148, com erros padrão entre 28,8 e 43,5. Além disso, os valores de Γ e Λ foram majoritariamente inferiores a 1, com destaque para o cenário com maior potencial de viés (índice de nutrição e cuidados médicos), sugerindo que mesmo sob correlações elevadas entre o *confundidor* e as variáveis de tratamento e resultado, os resultados se mantêm robustos.

Para evasão escolar, os valores estimados do ATT foram negativos e significativos estatisticamente em todos os cenários, oscilando entre -0,637 e -0,800, todos significativos ao nível de 1%. Os valores de Γ variaram amplamente (de 0,869 a 2,708), sendo os mais altos associados aos índices de reprovação e abastecimento de água — sugerindo que esses fatores poderiam representar *confundidores* mais fortes. Ainda assim, mesmo sob esses cenários extremos, o efeito permanece robusto.

No caso da distorção idade-série, os resultados também se mostraram estáveis frente à inclusão da variável simulada. Os ATTs mantiveram-se negativos e estatisticamente significativos ($p < 0.01$) em todas as configurações, com magnitudes variando entre -3,098 e -3,666. A robustez é novamente confirmada mesmo sob valores extremos de Γ , como no caso do Ideb do Ensino Fundamental e índice de abastecimento de água, indicando que mesmo com *confundidores* altamente correlacionados, não eliminam a significância do efeito.

Em suma, os resultados indicam robustez substancial das estimativas de impacto do tratamento frente à omissão de variáveis não observadas, conforme modelado pelo procedimento de Ichino et al. (2008). Mesmo nos cenários com maior risco de viés simulado, a significância estatística foi preservada, e as magnitudes dos efeitos sofreram variações mínimas. Esses achados aumentam a confiabilidade das estimativas de impacto obtidas pelo PSM neste estudo.

5.2.3 Teste de Oster (2016) sobre o impacto do PSM.

Com o intuito de avaliar a robustez dos resultados estimados via *Propensity Score Matching* (PSM), esta subseção aplica o teste de sensibilidade proposto por Oster (2016). Esse teste busca verificar em que medida a inclusão de variáveis não observadas poderia alterar significativamente a magnitude ou direção do efeito estimado do tratamento. Para tanto, estima-se o parâmetro δ necessário para que o efeito do tratamento se torne nulo ($\beta=0$), dado um limite superior teórico para o R^2 total (Max R). Adicionalmente, calcula-se o conjunto de identificação do parâmetro causal (β) assumindo $\delta=1$, o que representa o caso em que variáveis não observadas têm o mesmo poder explicativo das variáveis observadas.

Os resultados para Notas do ENEM demonstram forte robustez dos efeitos encontrados. Mesmo assumindo a presença de variáveis não observadas com o mesmo poder explicativo das observadas ($\delta=1$), o efeito estimado permanece expressivo. O intervalo identificado para β se mantém distante de zero mesmo em valores conservadores de Max R. Ademais, os valores de δ necessários para anular o efeito ($\beta=0$) são superiores a 1 em todos os cenários simulados, variando entre 1,851 (Max R = 0,6) e 1,093 (Max R = 1,0), reforçando a resiliência do resultado frente a potenciais *confundidores* não observados.

Tabela 5 – Teste de Oster (2016) para PSM.

Max R	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Painel A: Nota do ENEM					
δ for $\beta = 0$	1,851	1,577	1,374	1,218	1,093
Set Id. ($\delta = 1$)	[68,9; 256,9]	[53,1; 265,8]	[38,2; 274,6]	[24,3; 283,5]	[11,3; 292,3]
Painel B: Evasão					
δ for $\beta = 0$	-2,27	-1,846	-1,556	-1,344	-1,184
Set Id. ($\delta = 1$)	[-2,74; 330,67]	[-2,95; 328,97]	[-3,16; 327,28]	[-3,37; 325,58]	[-3,59; 323,89]
Painel C: Distorção Idade-Série					
δ for $\beta = 0$	-4,810	-4,014	-3,444	-3,015	-2,682
Set Id. ($\delta = 1$)	[-13,19; 1050,15]	[-13,77; 1040,04]	[-14,36; 1029,94]	[-14,97; 1019,85]	[-15,59; 1009,78]

Fonte: Elaborados pelos autores a partir dos dados da ANPROTEC e IPS, 2025.

No caso da evasão, os resultados também indicam razoável robustez, embora com maior sensibilidade. Os valores de δ são negativos (entre -2,27 e -1,18), sugerindo que seria necessário um grau elevado e inverso de viés de seleção para anular o efeito observado.

Por fim, a análise de robustez para a distorção idade-série revela-se igualmente sólida. Os valores de δ necessários para que $\beta=0$ são ainda mais extremos (entre -4,81 e -2,68), o que indica que, mesmo sob presença de *confundidores* relevantes, a direção do efeito permanece negativa. Esses resultados sugerem que o impacto estimado dos ambientes de inovação sobre a redução da distorção idade-série é robusto mesmo frente a possíveis omissões de variáveis relevantes.

5.3 Respostas Heterogêneas

Para investigar potenciais heterogeneidades no impacto dos ambientes de inovação sobre variáveis educacionais, a amostra foi estratificada com base no PIB per capita dos municípios, considerando dois subconjuntos: municípios com PIB per capita acima da média nacional (PIB Maior) e abaixo da média nacional (PIB Menor). Os resultados revelam padrões consistentes de heterogeneidade nas três variáveis analisadas: Nota do ENEM, evasão escolar e distorção idade-série.

Tabela 6 – Heterogeneidade: Município com PIB per capita maiores e menores que a média.

Algoritmo	Nota ENEM			
	Probit		Logit	
	PIB Maior	PIB Menor	PIB Maior	PIB Menor
NN	139,0*** (43,1)	130,9*** (45,2)	102,5** (42,5)	164,2*** (48,1)

Radius	154,0*** (19,8)	139,7*** (28,1)	154,0*** (19,8)	139,6*** (28,1)
Kernel	123,1*** (24,9)	136,1*** (28,3)	117,9*** (25,1)	135,2*** (28,4)
Obs.	2.080	3.425	2.080	3.425
Algoritmo	Evasão			
	Probit		Logit	
	PIB Maior	PIB Menor	PIB Maior	PIB Menor
NN	-2.125*** (0.651)	-1.811** (0.774)	-2.087*** (0.652)	-1.811** (0.774)
Radius	-0.804*** (0.277)	-0.060 (0.434)	-0.804*** (0.277)	-0.060 (0.434)
Kernel	-0.838*** (0.299)	-0.061 (0.438)	-0.854*** (0.300)	-0.059 (0.438)
Obs.	2,080	3,425	2,080	3,425
Algoritmo	Distorção Idade Série			
	Probit		Logit	
	PIB Maior	PIB Menor	PIB Maior	PIB Menor
NN	-10.632*** (2.200)	-10.517*** (2.600)	-10.620*** (2.201)	-10.517*** (2.600)
Radius	-3.366*** (0.879)	-0.042 (1.293)	-3.366*** (0.879)	-0.042 (1.293)
Kernel	-3.147*** (0.932)	-0.046 (1.304)	-3.178*** (0.932)	-0.038 (1.304)
Obs.	2,080	3,425	2,080	3,425

Nota: *** significância a 1%; **significância a 5% e *significância a 10%.

Fonte: Elaborados pelos autores através dos dados da ANPROTEC e IPS, 2025.

Para a variável dependente Nota do ENEM, observa-se um impacto positivo e estatisticamente significativo nos dois grupos de municípios, tanto com modelo Probit quanto Logit e independentemente do algoritmo de pareamento (NN, Radius ou Kernel). Contudo, o efeito é ligeiramente superior nos municípios com menor PIB. Esses resultados sugerem que os ambientes de inovação são eficazes em elevar o desempenho escolar, com efeito relativamente mais expressivo em contextos menos favorecidos economicamente, possivelmente devido a retornos marginais maiores do investimento em inovação educacional nesses locais.

A análise da evasão escolar indica maior redução da evasão nos municípios com maior PIB per capita. Já nos municípios com menor PIB, embora os coeficientes também sejam negativos e significativos com NN, os valores são ligeiramente menores (-1.811). Para os algoritmos Radius e Kernel, a significância é perdida no grupo de menor PIB, apontando que os efeitos positivos na permanência escolar se concentram nos municípios mais ricos, onde possivelmente há mais estrutura e condições para potencializar os efeitos dos ambientes de inovação.

Há um padrão semelhante ao observado para evasão: os efeitos mais robustos e significativos ocorrem em municípios com maior PIB, com coeficientes elevados nos modelos NN. Em contraste, os efeitos em municípios com PIB menor perdem significância nos algoritmos Radius e Kernel, sugerindo que a redução de distorções idade-série ocorre de forma mais clara onde há maior capacidade institucional e infraestrutura de apoio às políticas educacionais.

Em síntese, os resultados apontam que os ambientes de inovação têm efeitos positivos sobre os indicadores educacionais em ambos os grupos, mas com impactos mais consistentes e significativos nos municípios com maior PIB per capita. A heterogeneidade observada sugere que políticas complementares de fortalecimento institucional e suporte à infraestrutura podem ser necessárias para amplificar os efeitos em contextos menos desenvolvidos.

Em um segundo teste, foi analisado o impacto da presença de ambientes de inovação educacional sobre os três indicadores fundamentais ora citados, mas agora distinguindo os municípios com maior e menor nível de inclusão social, definidos com base na média do respectivo índice.

Tabela 7 - Heterogeneidade: Município com Índice de Inclusão Social maiores e menores que a média.

Algoritmo	Nota ENEM			
	Probit		Logit	
	Maior	Menor	Maior	Menor
NN	116,4*** (70,9)	113,1*** (32,9)	116,4 (69,0)	113,1*** (33,0)
Radius	120,2*** (15,3)	113,1*** (11,5)	116,4*** (15,1)	107,1*** (29,6)
Kernel	120,4*** (15,6)	114,0*** (10,7)	116,4*** (15,5)	114,2*** (19,8)
Obs.	3002	2503	3002	2503
Algoritmo	Evasão			
	Probit		Logit	
	Maior	Menor	Maior	Menor
NN	-3,775*** (1,23)	-1,158* (0,64)	-3,775*** (1,23)	-1,040 (0,63)
Radius	-1,293** (0,59)	-0,034 (0,26)	-1,293** (0,59)	-0,034 (0,26)
Kernel	-1,290** (0,59)	-0,180 (0,27)	-1,289** (0,59)	-0,184 (0,27)
Obs.	3002	2503	3002	2503
Algoritmo	Distorção Idade Série			
	Probit		Logit	
	Maior	Menor	Maior	Menor
NN	-8,889*** (3.908)	-12,12*** (1.854)	-8,889*** (3.908)	-11,784*** (1.863)
Radius	-2,827 (2.381)	-0,992 (0.782)	-2,827 (2.381)	-0,992 (0.782)
Kernel	-2,797 (2.389)	-1,324* (0.819)	-2,778 (2.389)	-1,305 (0.819)
Obs.	3002	2503	3002	2503

Nota: *** significância a 1%; **significância a 5% e *significância a 10%.

Fonte: Elaborados pelos autores através da dados da ANPROTEC e IPS, 2025.

No que se refere à Nota do ENEM, os efeitos são positivos e estatisticamente significativos tanto em municípios com maior inclusão social quanto naqueles com menor inclusão, ainda que com magnitudes variadas. Em contextos de maior inclusão, os coeficientes estimados variam de 116,4 a 120,4 pontos, com significância estatística elevada ($p < 0,01$), o que indica que os ambientes inovadores podem potencializar ainda mais o desempenho dos estudantes onde já há um cenário de maior equidade social. Por outro lado, em municípios com menor nível de inclusão, os impactos também são expressivos — entre 107,1 e 114,2 pontos — evidenciando que tais políticas têm o potencial de atenuar disparidades regionais e promover melhorias relevantes mesmo em contextos socioeconômicos mais desafiadores.

No indicador de evasão escolar, os efeitos da presença de ambientes de inovação são negativos, sinalizando uma redução nas taxas de evasão em ambos os grupos. Nos municípios com maior inclusão social, a redução na evasão é mais significativa, com destaque para o algoritmo NN no modelo Probit, que apresenta um coeficiente de -3,775 ($p < 0,01$). Já nos municípios com menor inclusão, embora também se observem efeitos negativos, a significância estatística e a magnitude dos coeficientes são menores ou inexistentes em alguns casos. Isso pode indicar que, em contextos mais vulneráveis, os ambientes de inovação enfrentam barreiras adicionais para produzir os mesmos impactos — como infraestrutura escolar deficiente ou limitações institucionais — exigindo políticas complementares de apoio.

Com relação à distorção idade-série, os efeitos também são negativos e altamente significativos nos municípios com maior inclusão social, chegando a -12,12 pontos percentuais ($p<0,01$), indicando que os ambientes inovadores têm papel relevante na promoção da regularidade escolar nesses contextos. Já em municípios com menor inclusão, os efeitos são menores e muitas vezes não significativos, com exceção de alguns resultados pontuais, como no modelo Probit com algoritmo Kernel, que mostra um coeficiente de -1,324 ($p<0,1$). Esses resultados sugerem que, embora as políticas de inovação tragam benefícios em geral, seu impacto pleno sobre a regularização da trajetória escolar depende de condições estruturais mais favoráveis, frequentemente ausentes nos territórios mais desiguais.

De forma geral, os achados revelam que os ambientes de inovação educacional geram impactos positivos e consistentes sobre o desempenho acadêmico, a permanência escolar e a progressão adequada dos alunos. No entanto, os efeitos são mais intensos em municípios com níveis mais altos de inclusão social, o que destaca a importância de garantir condições mínimas de equidade e suporte institucional para que os municípios mais vulneráveis também possam usufruir plenamente dessas inovações. A ampliação da cobertura e o reforço de estratégias direcionadas a contextos de menor inclusão se mostram, portanto, caminhos promissores para potencializar os benefícios dessas políticas públicas.

Por fim, Como terceiro teste de robustez, restringiu-se a amostra aos indivíduos com acesso ao ensino superior, com o objetivo de verificar a consistência dos resultados dentro do suporte comum e reforçar a validade interna das estimativas. Os resultados obtidos confirmam a robustez dos achados principais, especialmente no que se refere ao impacto dos ambientes de inovação sobre os desfechos educacionais.

No caso da Nota do ENEM, observou-se que os efeitos permaneceram positivos e altamente significativos em todas as especificações, independentemente do modelo utilizado (Probit ou Logit) e do algoritmo de pareamento (NN, Radius e Kernel). Os coeficientes estimados variaram entre 107 e 120 pontos, com significância estatística ao nível de 1%, reforçando a conclusão de que a exposição a ambientes de inovação está associada a um desempenho acadêmico superior entre os alunos.

Tabela 8 - Heterogeneidade: Município com Acesso a Educação Superior maiores e menores que a média.

Algoritmo	Nota ENEM			
	Probit		Logit	
	Maior	Menor	Maior	Menor
NN	116,4*** (70,9)	113,1*** (32,9)	116,4*** (69,0)	113,1*** (33,0)
Radius	120,2*** (15,3)	113,1*** (11,5)	116,4*** (15,1)	107,1*** (29,6)
Kernel	120,4*** (15,6)	114,0*** (10,7)	116,4*** (15,5)	114,2*** (19,8)
Obs.	2672	2833	2672	2833
Algoritmo	Evasão			
	Probit		Logit	
	Maior	Menor	Maior	Menor
NN	-1,916*** (0.589)	-1,666 (1.138)	-1,899*** (0.594)	-1,667 (1.138)
Radius	-1,542* (1.15)	-0,418 (0.252)	-1,666* (1.138)	-0,418 (0.252)
Kernel	-0,426 (0.267)	-0,342 (0.613)	-0,415 (0.267)	-0,348 (0.613)
Obs.	2672	2833	2672	2833
Algoritmo	Distorção Idade Série			
	Probit		Logit	
	Maior	Menor	Maior	Menor
NN	-10.775***	-9.606***	-10.787***	-9.673***

	(1.966)	(3.291)	(1.966)	(3.297)
Radius	-0.928	-3.258	-0.928	-3.258
	(0.845)	(1.843)	(0.845)	(1.843)
Kernel	-1.074	-3.345	-1.045	-3.351
	(0.875)	(1.855)	(0.875)	(1.855)
Obs.	2672	2833	2672	2833

Nota: *** significância a 1%; **significância a 5% e *significância a 10%.

Fonte: Elaborados pelos autores através da dados da ANPROTEC e IPS, 2025.

Em relação à evasão escolar, os resultados também indicam efeitos negativos importantes, especialmente para os indivíduos com maior propensão ao tratamento. Os coeficientes estimados nos modelos com algoritmo NN foram significativos ao nível de 1% (Probit e Logit), sugerindo que a presença em ambientes inovadores reduz a evasão escolar para esse grupo. Nos modelos com Radius, os efeitos também foram negativos e significativos ao nível de 10%, embora menos consistentes. Já nos modelos com algoritmo Kernel e nos subgrupos com menor propensão ao tratamento, os efeitos não foram estatisticamente significativos, o que pode indicar menor poder preditivo dessas especificações nesse subgrupo.

Por fim, os resultados referentes à distorção idade-série apontam efeitos negativos e altamente significativos nos modelos com algoritmo NN, com reduções estimadas em torno de 10 pontos percentuais. Esses achados são consistentes tanto no Probit quanto no Logit, reforçando a conclusão de que os ambientes de inovação contribuem para mitigar desigualdades educacionais entre os alunos que efetivamente acessam o ensino superior. Embora os modelos Radius e Kernel também apontem efeitos negativos, estes não atingem significância estatística, o que pode ser atribuído à menor precisão dessas estratégias de pareamento.

Em conjunto, os resultados deste teste de robustez reforçam a tese de que ambientes de inovação exercem efeitos positivos sobre os resultados educacionais, em especial para os alunos que acessam o ensino superior, corroborando a validade dos efeitos estimados no estudo.

5.4 Algumas discussões

Os resultados empíricos encontrados neste estudo evidenciam que a presença de ambientes de inovação em nível municipal está associada a melhor desempenho escolar, menor evasão no ensino médio e menor distorção idade-série. Tais achados reforçam a hipótese de que os efeitos da inovação extrapolam a esfera econômica e alcançam dimensões sociais, como a educação pública.

Esses resultados dialogam diretamente com a literatura sobre sistemas territoriais de inovação, que reconhece o papel da infraestrutura institucional e da articulação local entre universidades, empresas e governos na produção e disseminação de conhecimento (ASHEIM; GERTLER, 2005; LASTRES; CASSIOLATO, 2005). Ambientes como incubadoras, parques tecnológicos e centros de pesquisa, ao promoverem dinâmicas locais de inovação, podem contribuir para a valorização da educação, a ampliação da oferta de oportunidades formativas e a criação de trajetórias aspiracionais para jovens estudantes.

A associação positiva entre ambientes inovadores e nota média no ENEM sugere que tais ecossistemas podem atuar como vetores indiretos de incentivo ao desempenho cognitivo, seja pela criação de uma cultura local voltada ao conhecimento e à qualificação, seja pelo fortalecimento institucional das redes de ensino (STOFFERS, 2023). Essa evidência corrobora os achados de Villalba (2007), que destaca a relação entre inovação territorial e desempenho educacional, e encontra respaldo na análise de Chetty et al. (2014), que demonstram como a exposição a contextos locais mais dinâmicos e qualificados afeta positivamente os resultados escolares e a mobilidade educacional.

Em relação à evasão escolar, a redução observada nos municípios tratados indica que os ambientes de inovação podem funcionar como mecanismos de retenção escolar, ao ampliar o horizonte de expectativas dos estudantes e fomentar políticas locais de formação técnica e integração escola-trabalho. Essa interpretação encontra suporte em Bramwell (2021) e Lowe & Wolf-Powers

(2018), que defendem o papel dos governos locais na construção de estratégias de inovação que incluam dimensões sociais e educacionais.

No caso da distorção idade-série, a associação negativa encontrada sugere que os ambientes inovadores contribuem para trajetórias escolares mais regulares, possivelmente por meio de programas de reforço, parcerias com instituições de ensino técnico e redes locais de apoio ao estudante. Ainda que esse efeito não tenha sido explorado diretamente por estudos anteriores, ele aponta para um campo promissor de pesquisa sobre a articulação entre inovação territorial e regularidade educacional.

De maneira geral, os achados reforçam a necessidade de superação da visão unidirecional — amplamente difundida na literatura — de que educação é insumo da inovação. Como argumenta a OCDE (2019), é igualmente importante compreender como ambientes inovadores podem retroalimentar positivamente os sistemas educacionais, por meio de externalidades institucionais, organizacionais e simbólicas.

Assim, este estudo contribui para uma agenda de pesquisa ainda emergente, ao oferecer evidências empíricas robustas de que a inovação territorial pode gerar impactos sociais mensuráveis, especialmente na educação básica pública, devendo ser considerada como elemento estratégico de políticas de desenvolvimento local integrado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo buscou analisar os efeitos da presença de ambientes de inovação sobre três dimensões centrais da educação pública nos municípios brasileiros: o desempenho médio dos estudantes no ENEM, a evasão escolar no ensino médio e a distorção idade-série. Fundamentado em uma perspectiva territorial da inovação e valendo-se do método de Propensity Score Matching, o estudo buscou isolar o impacto líquido desses ambientes sobre variáveis educacionais formais, em uma tentativa de avançar uma agenda ainda incipiente na literatura internacional.

Os resultados indicam que municípios com ambientes de inovação apresentam, em média, melhor desempenho escolar, menor evasão e menor distorção idade-série em comparação com municípios similares sem esses ambientes. Tais evidências sugerem que os efeitos da inovação vão além do crescimento econômico, alcançando também esferas sociais e educacionais. A presença de parques tecnológicos, incubadoras e centros de pesquisa parece contribuir para a criação de um ecossistema local mais propício à valorização da educação, ao acesso a oportunidades formativas e à permanência dos jovens na escola.

Esses achados corroboram a literatura recente sobre inovação inclusiva e desenvolvimento territorial, que defende uma abordagem ampliada para a avaliação de políticas de inovação, incorporando seus potenciais efeitos redistributivos e sociais. Ao mesmo tempo, reforçam estudos internacionais que identificam o papel das instituições locais e do capital social na promoção da mobilidade educacional e da redução das desigualdades regionais.

Como limitação, reconhece-se que a metodologia utilizada, embora robusta na construção de contrafactuais, não elimina por completo o risco de viés por variáveis omitidas. Além disso, os efeitos observados são de natureza associativa e, embora indicativos de um padrão consistente, não devem ser interpretados como relações causais determinísticas. Sugere-se, para pesquisas futuras, a incorporação de estratégias de identificação mais rigorosas — como modelos quasi-experimentais com dados longitudinais — e a ampliação dos indicadores educacionais considerados, incluindo dimensões qualitativas do ensino.

Por fim, os resultados deste estudo trazem implicações relevantes para o desenho de políticas públicas. Em vez de tratar a inovação como uma agenda isolada da esfera educacional, os formuladores de políticas devem considerar as sinergias possíveis entre inovação territorial e desenvolvimento social. Investimentos em ambientes de inovação, quando articulados com estratégias educacionais e de capacitação profissional, podem contribuir de forma mais abrangente para o fortalecimento das capacidades locais, a redução das desigualdades e a promoção de trajetórias de desenvolvimento mais equitativas e sustentáveis.

Referências bibliográficas

- ASHEIM, Bjørn T.; GERTLER, Meric S. The geography of innovation: regional innovation systems. In: FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C.; NELSON, Richard R. (org.). **The Oxford handbook of innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2005. p. 291–317.
- BRAMWELL, Allison. Inclusive innovation and regional development. **Regional Studies**, v. 55, n. 2, p. 219–231, 2021.
- CAI, Yu; FERRER, Blanca Rosa; LASTRA, José Luis Muñoz. Higher education in innovation ecosystems. **Sustainability**, v. 12, n. 11, p. 4376, 2020.
- CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena Maria Martins. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 1, p. 34–45, 2005.
- CHETTY, Raj et al. Where is the land of opportunity? The geography of intergenerational mobility in the United States. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 129, n. 4, p. 1553–1623, 2014.
- CLARYSSE, Bart; WRIGHT, Mike; VAN HOVE, Jonas. A look inside accelerators: building businesses. **Nature Biotechnology**, v. 34, n. 1, p. 16–17, 2016.
- ETZKOWITZ, Henry; LEYDESDORFF, Loet. The dynamics of innovation: from national systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. **Research Policy**, v. 29, n. 2, p. 109–123, 2000.
- FAGERBERG, Jan; SRHOLEC, Martin; VERSPAGEN, Bart. Innovation and economic development. In: HALL, Bronwyn H.; ROSENBERG, Nathan (org.). **Handbook of the economics of innovation**. Amsterdam: Elsevier, 2010. p. 833–872.
- HOBBS, Kelly G.; LINK, Albert N.; SHELTON, Thomas L. The regional economic impacts of university research and science parks. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 11, n. 1, p. 42–56, 2020.
- HOWELLS, Jeremy. Innovation and regional economic development: a matter of perspective? **Regional Studies**, v. 39, n. 1, p. 61–73, 2005.
- ICHINO, Andrea; MEALLI, Fabrizia; NANNICINI, Tommaso. From temporary help jobs to permanent employment: what can we learn from matching estimators and their sensitivity? **Journal of Applied Econometrics**, v. 23, n. 3, p. 305–327, 2008.
- KUPFER, David; FERRAZ, João Carlos; MARQUES, Felipe Silveira. The return of industrial policy in Brazil. In: STIGLITZ, Joseph E.; LIN, Justin Y. (org.). **The industrial policy revolution I: the role of government beyond ideology**. London: Palgrave Macmillan, 2013. p. 327–339.
- LASTRES, Helena Maria Martins; CASSIOLATO, José Eduardo. Sistemas de inovação e desenvolvimento: contribuições analíticas e políticas. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 4, n. 2, p. 233–269, 2005.

LEUVEN, Edwin; SIANESI, Barbara. PSMATCH2: Stata module to perform full Mahalanobis and propensity score matching, common support graphing, and covariate imbalance testing. **Statistical Software Components**, S432001, Boston: Boston College, 2003.

LOWE, Nichola; WOLF-POWERS, Laura. Who works in innovation districts? The socio-economic impacts of innovation spaces. **Economic Development Quarterly**, v. 32, n. 1, p. 2–15, 2018.

LUNDVALL, Bengt-Åke. Innovation system research: where it came from and where it might go. **Globelics Working Paper Series**, n. 1, p. 1–26, 2007.

NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: Harvard University Press, 1985.

OECD. **Digital innovation: Seizing policy opportunities**. Paris: OECD Publishing, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/a298dc87-en>. Acesso em: ano de acesso.

OSTER, Emily. Unobservable selection and coefficient stability: theory and evidence. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 37, n. 2, p. 187–204, 2019.

PAUNOV, Caroline. Innovation and inclusive development: a discussion of the main policy issues. In: OECD. **Innovation and inclusive development**. Paris: OECD Publishing, 2013. p. 1–28.

RADICIC, Dragana; PUGH, Geoffrey. R&D programmes, policy mix, and the ‘European paradox’: Evidence from European SMEs. **Science and Public Policy**, v. 44, n. 4, p. 497–512, 2017.

ROSENBAUM, Paul R.; RUBIN, Donald B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v. 70, n. 1, p. 41–55, 1983.

STOFFERS, Jol. Employability in de context van een innovatieve en lerende regio. **Gedrag & Organisatie**, v. 36, n. 3, p. 235–255, 2023.

VILLALBA, Ernesto. The relationship between education and innovation: evidence from European indicators. **Research Policy**, v. 36, n. 5, p. 745–761, 2007.