

Impacto do capital humano no crescimento econômico dos municípios do Paraná: uma análise espacial de 2002 a 2021

Impact of human capital on the economic growth of municipalities in Paraná: a spatial analysis from 2002 to 2021

Victor Hugo Bartholomeu Araujo¹

Arthur Gualberto Barcelar da Cruz Urpia²

Kezia de Lucas Bondezan³

José Luiz Parré⁴

¹ Doutorando em Teoria Econômica pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre em Teoria Econômica pela mesma instituição, tendo sido bolsista CAPES durante o mestrado. Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR). Possui experiência em pesquisa acadêmica, com foco em Economia do Conhecimento e Crescimento Econômico, analisando a relação entre essas duas variáveis. Durante a graduação, atuou por dois anos como pesquisador na área de Economia Internacional, com ênfase no Mercosul, resultando na publicação de dois projetos científicos, sendo um deles apresentado em evento internacional. Além disso, participou ativamente de congressos, eventos acadêmicos e viagens técnicas promovidas pelo colegiado de Economia da UNESPAR. Atualmente, a linha de pesquisa está centrada na Economia do Conhecimento, sem deixar de lado o interesse em Economia Internacional e Crescimento Econômico, mantendo uma abordagem interdisciplinar e aprofundada sobre os impactos do conhecimento no desenvolvimento econômico. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7393-9631>. E-mail: bartholomeuvictorhugo@gmail.com.

² Docente do Departamento de Economia da UEM (DCO-UEM); Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas (PCE-UEM); Coordenador do Conselho Acadêmico do Curso de Economia (DCO-UEM). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5273-6373>. E-mail: agbcurpia@uem.br.

³ Professora adjunta na Universidade Estadual de Maringá. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0962-9484>. E-mail: klbondezan@uem.br.

⁴ Professor Titular da Universidade Estadual de Maringá. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1569-8224>. E-mail: jlparré@uem.br

Data de recebimento: 2 de abril de 2025
Data de aceitação: 13 de agosto, 2025



Resumo

O artigo investiga o impacto do capital humano no crescimento econômico dos municípios do Paraná, Brasil, no período de 2002 a 2021, utilizando modelos econométricos espaciais. O estudo foca em variáveis-chave como matrículas no ensino superior, consumo de energia e crescimento populacional, analisando seus efeitos diretos e indiretos sobre o Produto Interno Bruto (PIB) desses municípios. Como principal resultado, verificou-se que investimentos estratégicos em educação superior devem ser acompanhados por melhorias na infraestrutura energética e políticas que incentivem o crescimento populacional de forma equilibrada, de tal forma que ocorra um ciclo virtuoso de crescimento econômico que ultrapasse as fronteiras municipais, promovendo um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável em todo o Estado.

Palavras-chave: Capital humano, crescimento econômico, econometria espacial, desenvolvimento regional.

Abstract

This article investigates the impact of human capital on the economic growth of municipalities in Paraná, Brazil, from 2002 to 2021, using spatial econometric models. The study focuses on key variables such as higher education enrollment, energy consumption, and population growth, analyzing their direct and indirect effects on the Gross Domestic Product (GDP) of these municipalities. The main finding is that strategic investments in higher education must be accompanied by improvements in energy infrastructure and policies that encourage balanced population growth, creating a virtuous cycle of economic growth that transcends municipal boundaries, promoting more balanced and sustainable development throughout the state.

Keywords: Human capital, economic growth, spatial econometrics, regional development.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento econômico regional resulta de uma combinação complexa de fatores que interagem de forma simultânea e interdependente. Entre esses elementos, destacam-se o capital humano, a infraestrutura e as características demográficas, que influenciam diretamente a produtividade, a capacidade de inovação e a competitividade de uma localidade. A literatura aponta que a qualificação da mão de obra, medida frequentemente pelo nível de escolaridade, é fundamental para elevar a eficiência produtiva e gerar novas oportunidades de emprego (Becker, 1964; Hanushek & Woessmann, 2008).

A infraestrutura, representada aqui pelo consumo de energia elétrica, constitui um insumo essencial para atividades industriais, comerciais e de serviços, possibilitando a expansão econômica e o aumento da competitividade regional (Moretti, 2004). Já o tamanho populacional atua tanto como oferta de trabalho quanto como demanda agregada, influenciando a escala de produção e a diversificação de mercados (Ferreira & Costa, 2018).

No estado do Paraná, embora se observe crescimento econômico ao longo das últimas décadas, persistem disparidades significativas entre os municípios, especialmente no acesso ao ensino superior, na disponibilidade de infraestrutura energética e na densidade populacional. Essas desigualdades comprometem a capacidade de algumas regiões se integrarem plenamente às cadeias produtivas e captarem investimentos, o que pode reforçar ciclos de desenvolvimento desigual (Hirschman, 1961). Apesar de estudos apontarem que capital humano e infraestrutura são motores importantes para o desenvolvimento, há uma lacuna na literatura quanto à análise integrada desses fatores considerando sua dimensão espacial, isto é, como seus efeitos se propagam para municípios vizinhos.

Diante desse cenário, este estudo busca responder à seguinte questão: qual é o impacto do capital humano, da infraestrutura energética e da população no crescimento econômico dos municípios do Paraná, e como esses efeitos se manifestam no espaço geográfico do Estado? O objetivo geral é investigar, no período de 2002 a 2021, a influência dessas variáveis sobre

o Produto Interno Bruto municipal, levando em conta as interações espaciais que podem gerar efeitos diretos e indiretos. Especificamente, pretende-se mensurar o impacto das taxas de matrícula no ensino superior, do consumo de energia elétrica e do tamanho populacional no crescimento econômico; analisar a presença de dependência espacial entre os municípios; e identificar como os efeitos positivos ou negativos de um município podem se estender para outros localizados em sua proximidade.

A justificativa para esta pesquisa reside na relevância de compreender de forma aprofundada como fatores estruturais, como educação, infraestrutura e demografia, interagem para promover o desenvolvimento regional. Ao considerar a dimensão espacial, o estudo contribui para preencher uma lacuna na literatura aplicada ao contexto paranaense e oferece subsídios para a formulação de políticas públicas integradas, capazes de reduzir desigualdades e promover um crescimento mais equilibrado.

O artigo está estruturado da seguinte forma: após esta introdução, apresenta-se o referencial teórico, abordando a teoria do capital humano e sua relação com o crescimento econômico, bem como estudos que tratam da influência da infraestrutura e da demografia no desenvolvimento regional. Na sequência, descreve-se a metodologia, incluindo os modelos econométricos espaciais e as variáveis utilizadas. Posteriormente, são apresentados e discutidos os resultados empíricos obtidos, seguidos das considerações finais, que destacam as principais implicações práticas e sugerem direções para futuras pesquisas.

2. A TEORIA DO CAPITAL HUMANO

A teoria do capital humano é um conceito central na economia que enfatiza o papel dos investimentos na educação, na saúde e nas capacitações individuais para o crescimento econômico sustentável (Hanushek & Woessmann, 2008). Esta abordagem aponta os trabalhadores como proprietários de ativos valiosos, que podem ser melhorados e aumentados em valor ao longo do tempo através de investimentos no desenvolvimento pessoal e profissional (Becker, 1964). A ideia básica da teoria do capital humano é que estes investimentos não só beneficiam os indivíduos, melhorando as oportunidades de emprego e

rendimento, como também contribuem para o crescimento econômico da sociedade como um todo (Schultz,1961).

Segundo Heckman (2008), os investimentos em capital humano têm o potencial de estimular o progresso econômico e o bem-estar social, aumentando a produtividade e a capacidade inovadora da força de trabalho. Esta teoria tem sido extensivamente estudada e aplicada em vários campos da economia para compreender os determinantes do sucesso socioeconômico, desde a análise dos mercados de trabalho até ao desenvolvimento de políticas de educação e saúde (Psacharopoulos & Patrinos,2018).

Um estudo de Bloom *et al.* (2020) mostrou que as melhorias na saúde, como o acesso aos cidadãos a serviços de saúde de qualidade, estão positivamente correlacionadas com o aumento da produtividade e, conseqüentemente, ao crescimento econômico. Além disso, De Neve *et al.* (2018) encontraram evidências de que os investimentos na saúde mental podem levar a benefícios econômicos significativos, incluindo uma maior participação na força de trabalho e níveis de rendimento mais elevados. Estes resultados realçam a importância das políticas destinadas a melhorar o acesso e a qualidade dos serviços de saúde, que não só melhoram os resultados de saúde, mas também promovem o crescimento econômico e reduzem as desigualdades sociais.

Mincer (1958), pioneiro da teoria do capital humano, destacou que existe uma correlação importante entre o investimento na formação de pessoas e a distribuição da renda pessoal. Os indivíduos decidem de forma independente e racional se irão dedicar tempo à aquisição de novos conhecimentos e posteriormente aplicá-los na atividade profissional, ou continuar a trabalhar sem buscar novas formações e formas de aprendizagem. O autor conclui que a dispersão do rendimento pessoal está relacionada com o nível de investimento em capital humano, o que afeta a produtividade e o crescimento econômico.

Segundo Schultz (1964), aperfeiçoar as competências da população através do investimento na educação aumenta a produtividade dos trabalhadores e os lucros dos capitalistas, o que afeta a economia como um todo. Nesse contexto, a inclusão do capital humano nos modelos

de crescimento econômico proporciona uma compreensão mais abrangente da dinâmica econômica de longo prazo. Anteriormente, esse fenômeno era explicado apenas pela interação entre o capital natural e o capital construído entre regiões e países. A incorporação do capital humano permite, portanto, uma visão mais completa e otimista sobre o crescimento econômico.

Becker (1993) argumenta de forma semelhante que o capital humano é um conjunto de competências produtivas que uma pessoa pode adquirir através da acumulação de conhecimento geral ou especializado que pode ser usado para gerar riqueza. A principal preocupação, portanto, é que os indivíduos decidem investir na educação ao ponderar custos e benefícios. É fundamental considerar não apenas os melhores rendimentos financeiros, mas também como esse investimento pode estar associado a padrões culturais mais elevados e outros benefícios não monetários, como melhoria na qualidade de vida, maior engajamento cívico e desenvolvimento pessoal.

Assim, o nível de capital humano de uma nação influencia o sistema econômico de muitas maneiras, aumentando a produtividade e os lucros, proporcionando mais conhecimentos e competências, e também resolvendo problemas e enfrentando dificuldades regionais (Barro & Lee, 2013). Esta ideia também é defendida por Hirschman (1961), que afirma que uma das razões para o crescimento desigual é o progresso desequilibrado em certas áreas como a educação. O autor salienta, portanto, que uma opção para minimizar as disparidades regionais é fazer investimentos que tenham um impacto positivo não só no crescimento econômico, mas também no setor da educação, ou seja, no capital humano.

Neste contexto, encontra-se um estudo realizado por Lozano Rosales e Amador Martínez (2021) sobre a gestão do capital humano nas universidades públicas do México. Os autores propõem que a adoção de um modelo de gestão de capital humano por competências pode apoiar positivamente a implementação de uma gestão por competências nas universidades, contribuindo para a melhoria dos processos educacionais e administrativos.

Outro estudo conduzido por Capilheira, Mota e Lockmann (2021) examinou a política de bem-estar infantil no contexto da racionalidade governamental neoliberal, a partir de um estudo intitulado: “Investigação sobre políticas de investimento em capital humano numa perspectiva neoliberal e como estas políticas afetam o desenvolvimento humano desde a primeira infância”. Como principais resultados, verificou-se que o investimento no capital humano desde a primeira infância pode contribuir para o desenvolvimento econômico a longo prazo.

Torres (2022) avalia a gestão do capital humano em contexto empresarial através do desempenho no trabalho, apontando a urgência de adaptar e integrar práticas que possam aumentar a eficácia do capital humano. Esta gestão eficaz contribui para o aumento da produtividade do trabalho, que é um elemento fundamental do crescimento das empresas e, portanto, do crescimento econômico em geral. Além disso, ao se concentrarem no desenvolvimento das competências dos trabalhadores, as empresas podem aumentar a sua competitividade no mercado, o que, por sua vez, melhora o desempenho econômico e os padrões das regiões em que operam.

Também deve ser mencionada a contribuição do capital humano para o desenvolvimento intelectual nos departamentos universitários de pesquisa em saúde, conforme discutido por Garcés e Fuenmayor (2022). O principal resultado do estudo destes autores é a confirmação da necessidade de incorporar o capital humano nas estratégias de investigação. Esta integração é essencial para promover a inovação e o progresso científico nas instituições de ensino superior.

Como observado no contexto dessa análise, a teoria do capital humano tem sido amplamente aplicada em vários campos, como negócios, educação, saúde e políticas públicas. Pesquisas apontam e exploraram novas dimensões do capital humano, como competências socioemocionais, capital cultural e capital social, destacando a complexidade e multidimensionalidade deste conceito (Heckman e Kautz, 2012).

Estudos mais recentes, como os de Autor (2019) e Hanushek e Woessmann (2019), reforçam a importância do capital humano no crescimento econômico, destacando seu impacto na produtividade e na inovação. Além disso, a tecnologia tem desempenhado um papel cada vez mais importante na formação do capital humano, com o surgimento de plataformas de aprendizado online e ferramentas digitais de capacitação (Brynjolfsson & McAfee, 2014).

Diante desse contexto dinâmico, a teoria do capital humano continua a fornecer um arcabouço conceitual valioso para entender como o investimento em educação, treinamento e saúde pode impactar a produtividade, a inovação e, conseqüentemente, o crescimento econômico. Ao mesmo tempo, a evolução dessa teoria reflete a complexidade das relações entre capital humano, desenvolvimento humano e bem-estar social, desafiando pesquisadores e formuladores de políticas a explorar novas abordagens e soluções para os desafios contemporâneos.

Essas referências citadas abordam temas como a gestão de capital humano por competências em instituições de ensino, as políticas de assistência à infância dentro do quadro do neoliberalismo, o papel do endomarketing na gestão do capital humano, a importância das competências laborais no contexto empresarial, e a contribuição do capital humano para o desenvolvimento intelectual em ambientes de pesquisa em saúde. Em todas essas pesquisas, o capital humano tem um papel relevante, seja para ampliação da produtividade, ou para promoção da inovação, contribuindo, conseqüentemente, para um crescimento econômico mais sustentável.

2.1. TEORIA DO CAPITAL HUMANO: OS PRINCÍPIOS DE SCHULTZ (1961) E BECKER (1964)

Os princípios estabelecidos por Schultz (1961) e Becker (1964) na teoria do capital humano desempenham um papel fundamental para a discussão da importância do conhecimento, via o investimento na educação e no desenvolvimento pessoal, para o crescimento econômico

sustentável. Portanto, esta discussão é de grande importância para a compreensão do papel da educação no crescimento econômico sustentável.

Para Schultz (1973), há duas formas de se mensurar ou dimensionar o capital humano entre diferentes regiões: quantitativa e qualitativa. A forma quantitativa baseia-se no número de pessoas. Por exemplo, sua proporção inserida na população economicamente ativa e no número de horas no trabalho. A forma qualitativa aborda aspectos como a capacitação técnica, os conhecimentos e atributos específicos que afetam as habilidades humanas e sua produtividade.

A partir dessa análise, Schultz (1973) passa a utilizar um conjunto de fatores para mensurar e compreender o processo de formação de capital humano, considerando cinco categorias de maior importância: recursos relativos à saúde e serviços; treinamento realizado no local do emprego; educação formalmente organizada nos níveis elementar, secundário e de maior elevação; programas de estudos para os adultos; migração de indivíduos e de famílias.

Para medir o estoque de educação (capital humano), o autor leva em conta três aspectos: 1) Anos de escola completados, tal não considera o aspecto qualitativo da educação; 2) anos escolares completados constantes em um período de tempo, que leva em conta períodos de estudo das populações, em diferentes momentos do tempo; 3) os custos de educação como medida, que leva em consideração as diferentes proporções de investimento em cada categoria de estudo, além de apresentar a diferente proporção de investimento per capita em cada região.

Além do mais, Schultz (1961), em seu trabalho seminal "Investment in Human Capital", destacou a importância dos investimentos em educação, treinamento e saúde como determinantes-chave do crescimento econômico e da melhoria do bem-estar humano. Ele argumentou que esses investimentos não apenas aumentam a produtividade individual dos trabalhadores, como também geram externalidades positivas para toda a economia, impulsionando a inovação e o progresso tecnológico.

Becker (1993), por sua vez, afirma que o capital humano de um indivíduo é formado pelos investimentos que possuem o intuito de melhorar a sua habilidade produtiva e seu estoque de conhecimentos adquiridos ao longo do tempo, especialmente pelo seu nível de escolarização, de aprendizado, entre outros. Dessa forma, o autor justifica a razão pela qual esse capital é considerado como de caráter humano, uma vez que o fato de ser humano é devido à impossibilidade de separar do indivíduo o seu conhecimento, sua habilidade, saúde e outras formas que podem definir esse tipo de capital.

Tanto Schultz quanto Becker enfatizaram a importância de considerar o capital humano como um determinante crítico do crescimento econômico e do progresso social. Suas contribuições teóricas forneceram uma base sólida para a formulação de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento humano e a redução das desigualdades (Heckman, 2008). Além disso, suas ideias continuam a influenciar a pesquisa em economia, educação e políticas sociais, destacando a relevância duradoura dos princípios de Schultz e Becker na compreensão do papel do capital humano na economia moderna (Autor, 2011).

3. METODOLOGIA

Do ponto de vista metodológico, a pesquisa se classifica como de natureza aplicada e, quanto aos objetivos, é explicativa, pois visa identificar as causas que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos estudados, proporcionando uma compreensão mais profunda das relações entre as variáveis envolvidas. Quanto à abordagem, a pesquisa se classifica como quantitativa, pois usa o método econométrico de painel espacial como técnica de análise dos dados.

3.1 MODELOS DE PAINEL ESPACIAL

Para investigar a contribuição da taxa de matrículas no ensino superior, do consumo de energia e da população para o crescimento econômico dos municípios do Paraná, adotou-se a metodologia de painel de dados espaciais, cobrindo o período de 2002 a 2021. O Estado do Paraná, localizado na região Sul do Brasil, possui 399 municípios e apresenta forte

diversificação econômica, com destaque para o agronegócio, a indústria automotiva e de papel e celulose, além de um setor de serviços em expansão (IPARDES, 2021; CNI, 2020).

Entre 2002 e 2021, o Estado registrou avanços tecnológicos significativos, como a modernização do parque industrial, a expansão de polos de tecnologia da informação em cidades como Curitiba e Londrina, e investimentos em infraestrutura logística, incluindo duplicações de rodovias e melhorias nos portos de Paranaguá e Antonina (ABDI, 2021; Ministério da Infraestrutura, 2020). Estes fatores, aliados ao crescimento das instituições de ensino superior e à ampliação da rede elétrica, justificam a análise em um período extenso, capaz de capturar as transformações estruturais e socioeconômicas do período (INEP, 2021; COPEL, 2022).

A utilização de modelos de painel espacial permite examinar de forma detalhada as interações entre variáveis econômicas e sociais no tempo e no espaço geográfico (Elhorst, 2014). Esse método é particularmente relevante para compreender como variações no capital humano, infraestrutura e demografia impactam o Produto Interno Bruto municipal e como esses efeitos se propagam para municípios vizinhos. A integração da dimensão espacial na análise é essencial, pois fluxos econômicos e influências recíprocas entre municípios próximos podem gerar padrões que não seriam identificados em modelos tradicionais (Anselin, 1988).

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos de fontes oficiais: o PIB a preços correntes e a população residente foram extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); o consumo de energia elétrica e as taxas de matrícula no ensino superior foram obtidos do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES) e do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEADATA). Todas as variáveis foram tratadas em logaritmo natural para fins de interpretação e estimação nos modelos econométricos.

Na econometria espacial, modelos como o Modelo Autoregressivo Espacial (SAR) e o Modelo de Erros Espaciais (SEM) são fundamentais para analisar dados que apresentam dependências espaciais. Esses modelos ajudam a entender como variáveis em uma

localização são influenciadas por variáveis em localizações próximas, um conceito crucial em muitas áreas, incluindo economia, sociologia e geografia.

O Modelo Autoregressivo Espacial (SAR) é descrito pela equação:

$$Y = \rho WY + X\beta + \epsilon. \quad (1)$$

no qual (Y) representa a variável dependente, (W) é a matriz de pesos espaciais que define a estrutura de dependência espacial, (ρ) é o coeficiente de autodependência espacial, (X) é uma matriz de variáveis independentes, (β) são os coeficientes associados a essas variáveis, e (ϵ) é o termo de erro estocástico. Este modelo é particularmente útil quando a interação entre unidades espaciais na variável dependente é uma preocupação central, como destacado por LeSage e Pace (2009) em seu trabalho sobre técnicas de regressão espacial.

Por outro lado, o Modelo de Erros Espaciais (SEM), expresso pela equação:

$$Y = X\beta + u \text{ com } (u = \lambda Wu + \epsilon) \dots \dots \dots (2)$$

no qual (u) indica os erros que são modelados para incluir autocorrelação espacial através da matriz (W) e do parâmetro (λ). Este modelo é apropriado quando os resíduos da regressão são autocorrelacionados devido à influência espacial não capturada pelas variáveis independentes, como explicam Anselin (1988) e Elhorst (2010) em suas análises sobre autocorrelação espacial.

Para assegurar a robustez e a confiabilidade do modelo de painel espacial, a aplicação de testes estatísticos específicos é essencial. Esses testes ajudam a verificar a presença de características particulares nos dados, que podem influenciar a estimação dos parâmetros e afetar a interpretação dos resultados. Dessa forma, ao aplicar esses testes, valida-se as especificações do modelo e garante-se que as conclusões do estudo sejam baseadas em estimativas precisas e metodologicamente sólidas das dinâmicas econômicas e sociais dos municípios do Paraná.

Os testes a serem realizados são: i) Teste de Moran's I, proposto por Moran (1950), fundamental para identificar a autocorrelação espacial nos dados, fenômeno no qual observações geograficamente próximas apresentam valores mais semelhantes do que o esperado aleatoriamente. A detecção de padrões espaciais é essencial para a modelagem apropriada das interações entre municípios (Anselin, 1988).

ii) Teste de Breusch-Pagan's LM, desenvolvido por Breusch e Pagan (1979), utilizado para detectar heteroscedasticidade nos resíduos do modelo, isto é, variações na variância dos erros que podem comprometer a eficiência das estimativas e a validade dos testes estatísticos (Greene, 2018).

iii) Teste de Hausman, formulado por Hausman (1978), essencial para a escolha entre modelos de efeitos fixos e aleatórios. Esse teste verifica se as diferenças não observadas no modelo são correlacionadas com as variáveis explicativas, sendo decisivo para selecionar a abordagem mais adequada (Wooldridge, 2010).

A aplicação destes testes não apenas valida as especificações do modelo, mas também assegura que as inferências derivadas sejam baseadas em estimativas consistentes e representativas da realidade econômica e social dos municípios do Paraná.

No contexto da econometria espacial, a escolha entre o modelo Spatial Autoregressive Model – SAR e o Spatial Error Model – SEM depende da natureza da autocorrelação identificada. Se o processo espacial estiver nos valores da variável dependente, o modelo SAR é mais indicado; se estiver nos erros, opta-se pelo modelo SEM (Anselin, 1988; Elhorst, 2014). Essa decisão é crítica para garantir a validade das inferências e a robustez das conclusões obtidas.

3.2 MODELO EMPÍRICO E DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS

Ao aplicar a econometria espacial a funções de produção Cobb-Douglas log-lineares com foco no capital humano, é essencial considerar a estrutura espacial dos dados e a presença de autocorrelação, seja na variável dependente (defasagem espacial) ou no termo de erro (erro

espacial). A seleção do modelo adequado, como o SAR, quando há dependência na variável dependente, ou o SEM, quando a autocorrelação está nos resíduos depende dessa distinção (Elhorst, 2014; LeSage e Pace, 2017).

O SDM amplia o SAR ao incluir defasagens das variáveis explicativas, permitindo a decomposição de impactos diretos e indiretos, o que é particularmente relevante para analisar transbordamentos de capital humano entre municípios (LeSage & Domínguez, 2012; Vega & Elhorst, 2015). Nesse contexto, a função Cobb-Douglas, amplamente utilizada e log-linearizada para estimar elasticidades, tem sido adaptada para incorporar variáveis de capital humano, infraestrutura e demografia em análises regionais com dependência espacial (Démurger, 2022; Longhi & Nijkamp, 2019).

$$\ln y_{it} = \rho W \ln y_{it} + \beta_0 + \beta_1 \ln s_{kit} + \beta_2 \ln m_{it} + \beta_3 \ln(n_{it} + g_{it} + \delta_{it}) + X_{it} \gamma + WX_{it} \theta + u_{it} \quad (3)$$

Nesta equação, o ρ representa o coeficiente de autocorrelação espacial para a variável dependente, $W \ln y_{it}$ representa a dependência espacial da renda per capita, X_{it} é um vetor de variáveis explicativas adicionais, WX_{it} indica a influência espacial dessas variáveis explicativas, e θ são os parâmetros associados a esses efeitos espaciais nas variáveis independentes. u_{it} continua sendo o termo de erro.

Este modelo permite avaliar não apenas o impacto direto das variáveis independentes sobre a variável dependente, mas também como essas relações são modificadas pelas interações espaciais existentes entre as unidades de análise. A decomposição dos impactos em efeitos diretos e indiretos tem se consolidado como abordagem essencial para captar transbordamentos econômicos e sociais em estudos regionais (Elhorst & Freret, 2009; Corrado & Fingleton, 2012; Démurger, 2022). O Quadro 1 apresenta a descrição das variáveis utilizadas no modelo.

Quadro 1: Descrição das variáveis do modelo econométrico.

Variável	Descrição	Fonte	Sinal esperado	Tratamento
----------	-----------	-------	----------------	------------

y_{it}	Produto Interno Bruto (PIB) a preços correntes	IBGE	+	Logaritmo natural
$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$	Parâmetros do modelo	.	.	Logaritmo natural
k_{it}	Consumo de Energia Elétrica	IPARDES	+	Logaritmo natural
m_{it}	Taxas de matrícula no ensino superior	IPARDES	+	Logaritmo natural
n_{it}	População Residente	IPEADATA	+	Logaritmo natural
ρ	Coefficiente de autocorrelação espacial para a variável dependente			
$Wlny_{it}$	Dependência espacial da renda per capita			Logaritmo natural
X_{it}	Vetor de variáveis explicativas adicionais			
WX_{it}	Influência espacial da variável explicativas			Logaritmo natural
θ	Parâmetro associado aos efeitos espaciais na variável independente			Logaritmo natural
u_{it}	Termo de erro			

Fonte: Elaboração do autor (2024).

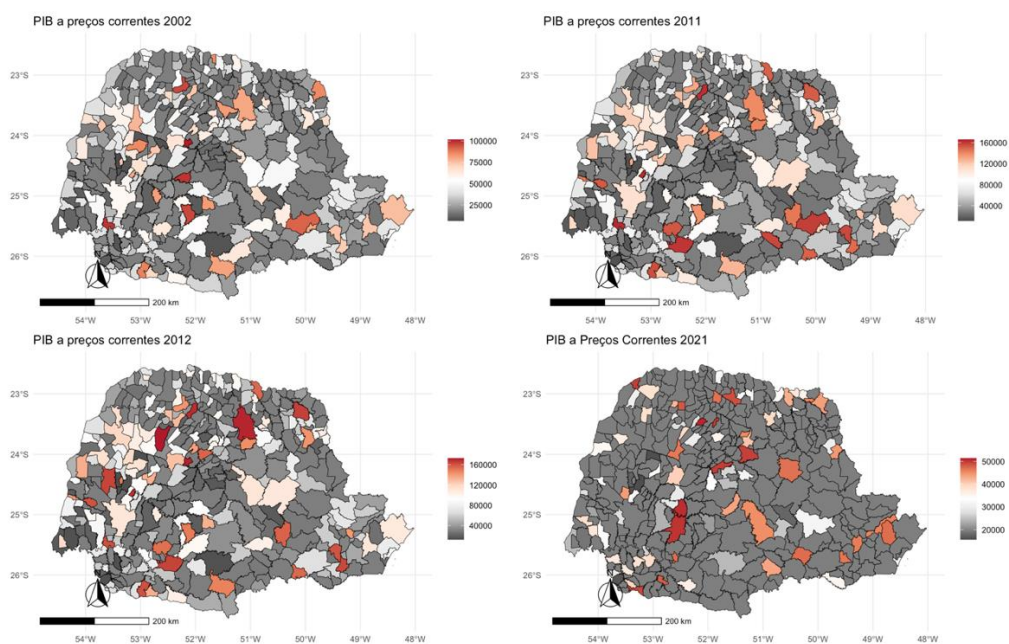
O modelo econométrico empregado neste estudo incorpora variáveis cruciais para analisar o impacto de fatores econômicos e sociais sobre o Produto Interno Bruto (PIB) a preços correntes, tratado através do logaritmo natural para facilitar a interpretação das elasticidades. As variáveis como o consumo de energia elétrica e as taxas de matrícula no ensino superior são consideradas *inputs* significativos que influenciam positivamente a atividade econômica, refletindo a expectativa de que maiores níveis nestas áreas correspondem a um aumento no PIB.

Além disso, a população residente é utilizada para captar os efeitos da escala demográfica sobre a economia, refletindo tanto a oferta de mão de obra quanto o potencial de consumo interno (Crescenzi, Luca & Milio, 2016). Parâmetros como o coeficiente de autocorrelação espacial (ρ) e os termos de dependência espacial da renda per capita ($Wlny_{it}$) são fundamentais para entender como o PIB de uma região pode ser influenciado pelo PIB das regiões vizinhas. Isso é essencial para modelos que buscam capturar não apenas os efeitos diretos das variáveis explicativas, mas também como esses efeitos são modificados pelo contexto espacial, o que é particularmente importante em análises econômicas regionais (Corrado & Fingleton, 2012; Démurger, 2022).

A inclusão de um vetor de variáveis explicativas adicionais (X_{it}) e um parâmetro para efeitos espaciais na variável independente (θ) proporciona ao modelo a flexibilidade de incorporar outras variáveis de controle potencialmente relevantes. O termo de erro (u_{it}) aborda influências não observadas que podem afetar a variável dependente. Esta abordagem metodológica e a seleção das variáveis são fundamentadas na literatura sobre econometria espacial, que destaca a importância de considerar as interações espaciais nas análises econômicas (Anselin, 1988; LeSage & Pace, 2009).

As figuras a seguir apresentam a disposição das variáveis dependente e de interesse para os anos de 2002, 2011, 2012 e 2021. Cada mapa ilustra as variações regionais, permitindo uma visualização clara das mudanças ao longo do tempo e como essas variáveis se relacionam com o crescimento econômico.

Figura 1 - Disposição da variável dependente dos anos de 2002, 2011, 2012 e 2021.



Fonte: Elaboração do autor (2024).

A distribuição do PIB a preços correntes nos anos de 2002, 2012, 2011 e 2021 revela diferenças notáveis entre as regiões do estado do Paraná, destacando áreas com maior e menor produção econômica ao longo dos anos.

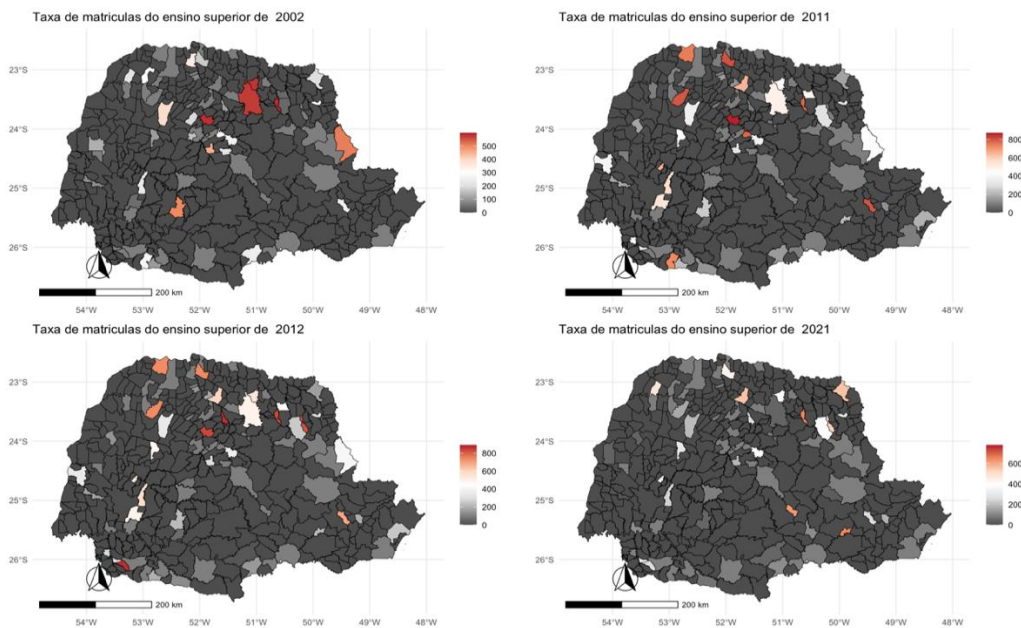
Em 2002, os municípios de Curitiba, Cascavel e Ponta Grossa se destacam com os maiores PIBs, refletindo o desenvolvimento econômico mais expressivo dessas regiões. Por outro lado, áreas como alguns municípios do norte e do sudoeste do estado apresentaram PIBs mais baixos, indicando desafios econômicos nessas localidades.

Ao longo da década seguinte, em 2012, é possível observar uma tendência de crescimento econômico em algumas regiões, especialmente em municípios da região oeste, como Foz do Iguaçu, e no norte do Paraná, onde a produção econômica foi mais impulsionada por setores como indústria e comércio. Em contrapartida, algumas regiões do centro e sul do estado ainda enfrentavam dificuldades, com PIBs mais baixos.

Em 2021, a dinâmica econômica do estado refletiu um crescimento geral, mas com novas distinções. Municípios da região metropolitana de Curitiba, como São José dos Pinhais, continuam com grandes produções econômicas, enquanto áreas rurais, especialmente no interior do estado, ainda registraram PIBs mais modestos, embora com sinais de recuperação econômica.

Esses dados revelam as disparidades regionais no desenvolvimento econômico do Paraná, com alguns municípios apresentando maior resiliência econômica, enquanto outros ainda enfrentam desafios significativos para superar dificuldades estruturais e se integrar ao crescimento econômico do estado.

Figura 2 - Disposição da variável de interesse dos anos de 2002, 2011, 2012 e 2021.



Fonte: Elaboração do autor (2024).

A distribuição da taxa de matrículas no ensino superior nos anos de 2002, 2012, 2011 e 2021 revela um panorama interessante sobre a educação superior nos municípios do Paraná, destacando as áreas com maior e menor acesso ao ensino superior ao longo do tempo.

Em 2002, os municípios da região metropolitana de Curitiba, como Curitiba e Ponta Grossa, já apresentavam taxas de matrícula no ensino superior mais altas, refletindo um maior acesso à educação superior. Por outro lado, regiões mais afastadas da capital, como algumas áreas do centro e sul do estado, mostraram taxas mais baixas, evidenciando desafios na oferta de ensino superior nessas localidades.

Em 2012, houve um crescimento significativo em algumas regiões, especialmente nas áreas mais ao norte e oeste do estado, como em Foz do Iguaçu e Maringá, onde a taxa de matrículas aumentou consideravelmente. No entanto, ainda eram visíveis diferenças marcantes entre os municípios, com áreas mais rurais e distantes apresentando taxas de matrícula mais baixas.

Em 2021, a tendência de crescimento continuou refletindo uma melhoria no acesso à educação superior no Paraná, com destaque para a região oeste e a capital. No entanto, ainda existem algumas áreas, especialmente no norte do estado, que enfrentam desafios

relacionados ao acesso à educação superior, com taxas de matrícula relativamente mais baixas em comparação com outras regiões do estado.

Esses dados demonstram um avanço na oferta e no acesso ao ensino superior no estado, embora ainda haja disparidades regionais que exigem atenção para garantir que todas as regiões do Paraná tenham acesso igualitário à educação superior.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

O quadro 2 apresenta a Matriz de Peso Espacial, que é fundamental para entender a autocorrelação espacial presente nos dados analisados. Através do teste de Moran's I, a tabela revela a presença de autocorrelação espacial significativa nos dados ao longo dos anos 2002, 2011, 2012 e 2021. Em todas as configurações de vizinhança (Queen, Rook, K5, K7, K9, K11), os valores de Moran's I mostram-se consistentes, com p-valores extremamente baixos (0.0001), indicando que a autocorrelação espacial é estatisticamente significativa.

Quadro 2 - Matriz Peso Espacial

Matriz Peso Espacial	Ano							
	2002		2011		2012		2021	
	Moran's I	P-valor	Moran's I	P-valor	Moran's I	P-valor	Moran's I	P-valor
Queen	0,249	0,001	0,245	0,001	0,244	0,001	0,252	0,001
Rook	0,250	0,001	0,247	0,001	0,246	0,001	0,254	0,001
K5 vizinhos	0,272	0,001	0,267	0,001	0,265	0,001	0,275	0,001
K7 vizinhos	0,245	0,001	0,242	0,001	0,241	0,001	0,252	0,001
K9 vizinhos	0,261	0,001	0,263	0,001	0,261	0,001	0,268	0,001
K11 vizinhos	0,250	0,001	0,251	0,001	0,249	0,001	0,257	0,001

Fonte: Elaboração do autor (2024).

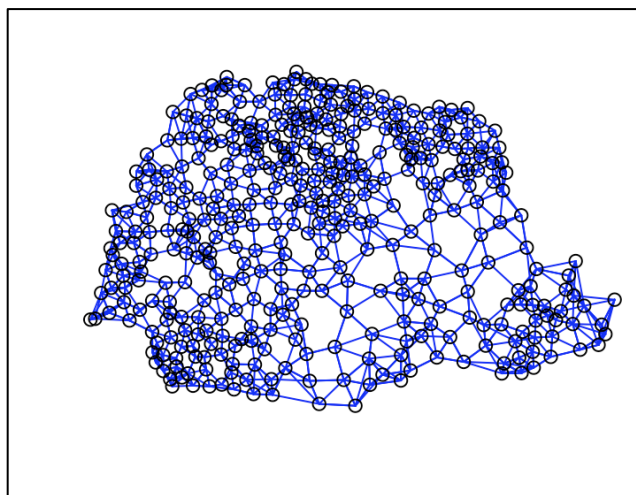
Os valores de Moran's I, que variam de 0.241 a 0.275, sugerem uma autocorrelação espacial moderada nos dados, o que significa que as variáveis observadas em municípios geograficamente próximos tendem a ser mais semelhantes do que seria esperado por acaso.

Isso reflete a importância de considerar as interações espaciais ao analisar esses dados, pois há uma clara evidência de que os municípios próximos influenciam uns aos outros.

A matriz de peso espacial foi construída utilizando diferentes critérios de vizinhança. Tanto os métodos Queen quanto Rook, que consideram diferentes formas de adjacência entre os municípios, apresentaram valores de Moran's I similares, indicando que a escolha da forma de contiguidade não altera significativamente a estrutura de autocorrelação. No entanto, quando se utiliza o critério de K-vizinhos (considerando entre 5 e 11 vizinhos mais próximos), observa-se uma leve variação nos valores de Moran's I. O critério de K5 vizinhos, que considera os cinco vizinhos mais próximos, apresentou as melhores estatísticas ao longo dos anos, sugerindo que essa configuração é a mais adequada para captar a dependência espacial nos dados.

A escolha do critério K5 como o mais apropriado é crucial, pois assegura que as interações espaciais sejam devidamente modeladas, garantindo, assim, a robustez das análises subsequentes. A matriz de peso espacial baseada neste critério fornecerá uma base sólida para investigar como as características econômicas de um município são influenciadas por seus vizinhos, permitindo uma compreensão mais profunda das dinâmicas espaciais envolvidas.

Figura 3 - Representação Gráfica da Matriz de Vizinhos K5 no Paraná



Fonte: Elaboração do autor (2024).

Para determinar o tipo de painel foi utilizado o teste de Hausman para painel de dados, obtendo como resultado que o painel de efeitos fixos é preferível aos efeitos aleatórios. Para maior robustez foi feito outro teste de Hausman, mas para painéis especiais, que obteve os mesmos resultados do primeiro teste (efeito fixo melhor).

Assim, com base nos resultados do teste de Hausman, em que o p-valor é pequeno (p-value < 0.000000000000000022), rejeita-se a hipótese nula de que os estimadores de efeitos aleatórios são consistentes. Isso indica que existe uma correlação entre os efeitos e os regressores, o que torna os estimadores do modelo de efeitos aleatórios não consistentes. Portanto, a escolha mais apropriada é utilizar o modelo de efeitos fixos, que é mais adequado para lidar com essa correlação.

Para identificar o modelo espacial a ser utilizado no trabalho foram utilizados dois testes, Hausman para painel de dados e Locally robust LM, para averiguar se o modelo tem correlação com erros espaciais ou com lag espacial. Pelo primeiro teste, o lag espacial foi significativo, diferentemente do erro espacial que não foi significativo, dando fortes indícios que lag espacial é mais adequada para o modelo. No segundo teste, tanto o teste LM quanto o teste LM robusto indicaram que a melhor estatística foi obtida para o lag espacial, conforme mostrado na Tabela 1. Conclui-se que o melhor modelo é o SAR, pois o lag espacial é mais adequado para ser usado.

Tabela 1 - Teste LM e LM robusto

	<i>lml</i>	<i>Lme</i>	<i>Rlml</i>	<i>rlme</i>
LM test	3486.8	1462.5	2024.3	0.047391
p-value	0.00	0.00	0.00	0.00

Fonte: Elaboração do autor (2024).

A Tabela 1 apresenta os resultados dos testes LM e LM robusto, que são essenciais para identificar a presença de correlação espacial nos erros e na variável dependente, além de ajudar na escolha do modelo espacial mais adequado para a análise. Os testes realizados

incluem o LM para o erro espacial (lme), o LM para o lag espacial (lml), e as versões robustas de ambos (rlme e rlml).

Todos os testes apresentaram p-valores extremamente baixos, indicando que há evidências significativas de autocorrelação espacial nos dados. Isso significa que a variável dependente e os erros do modelo apresentam padrões de dependência espacial, o que torna fundamental a utilização de um modelo que capture essa estrutura espacial.

Os valores obtidos para o teste LM para o lag espacial e seu robusto são mais elevados em comparação com os testes para o erro espacial, sugerindo que o lag espacial tem uma influência mais significativa na estrutura dos dados. Isso leva à conclusão de que um modelo que considere o lag espacial, como o Modelo Autoregressivo Espacial (SAR), é mais apropriado para a análise em questão. Esse modelo, ao incluir a defasagem espacial da variável dependente, permite uma análise mais detalhada de como o PIB de um município é influenciado pelo PIB dos municípios vizinhos, capturando as dinâmicas espaciais de maneira mais eficaz.

Em resumo, a Tabela 2 confirma que o Modelo SAR é o mais adequado para esta análise, dado que a dependência espacial se manifesta de forma significativa nos dados, especialmente através do lag espacial, o que exige uma modelagem que possa capturar essas interações entre as regiões. O modelo SAR considera que a variável dependente y é afetada por outra variável endógena y , mas dos vizinhos de um local (Almeida, 2012). O que representa essa relação é o Wy , um vetor $n \times 1$ de defasagem espacial e o coeficiente autorregressivo espacial ρ . Ele tenta englobar no modelo o efeito “vizinhança” e como ela afeta as regiões próximas.

O modelo Spatial Durbin Model (SDM), apresentado na Tabela 2, baseia-se no modelo SAR, mas inclui a defasagem espacial nas variáveis exógenas através da variável WX , analisando os efeitos de “vizinhança”. Apesar de ser menos eficiente por incluir variáveis nem sempre significativas, o SDM oferece maior consistência na estimação dos coeficientes (Almeida, 2012). A Tabela 2 apresenta os impactos diretos, indiretos e totais das variáveis $\log(\text{energia})$,

log(matriculasup) e log(pop) sobre o PIB, considerando o contexto espacial e as interações entre as variáveis.

Tabela 2 - Resultados do Modelo SAR X SDM

	log(PIB) (1)	log(PIB) (2)
Λ	0.5786900*** (0.0083351)	0.495284*** (0.012809)
log(energia)	0.3750672*** (0.0073949)	0.3331315*** (0.0087405)
log(matriculasup)	0.0111164*** (0.0025327)	0.0109168*** (0.0025520)
log(pop)	0.1129226*** (0.0142590)	0.0968691*** (0.0148499)
WX1		0.1352766*** (0.0144534)
WX2		-0.0106007 (0.0057126)
WX3		0.0793952** (0.0301970)
Observations	399	399
Model	SAR	SDM

+ p < 0.1, * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001

Fonte: Elaboração do autor (2024).

A Tabela 2 apresenta os resultados dos modelos SAR (Modelo Autoregressivo Espacial) e SDM (Modelo de Defasagem Espacial Durbin) aplicados à análise do impacto de variáveis econômicas sobre o PIB dos municípios. No contexto da teoria do capital humano, esses resultados fornecem uma visão sobre como diferentes fatores, tais como consumo de energia, matrículas no ensino superior e população, influenciam o crescimento econômico em uma estrutura espacial.

Tabela 3 - Impactos do Logaritmo da Energia, Matrículas e População para o PIB

Variável	Direto	Indireto	Total
-----------------	---------------	-----------------	--------------

log(energia)	0.40641498*** (0.008025762)	0.48382548*** (0.018512207)	0.89024046*** (0.024741337)
log(matriculasup)	0.01204549** (0.002902559)	0.01433981*** (0.003459811)	0.02638529*** (0.006350625)
log(pop)	0.12236057*** (0.015569575)	0.14566679*** (0.018908652)	0.26802736*** (0.034260452)

***p < 0.1, **p < 0.05, ***p < 0.01**

Fonte: Elaboração do autor (2024).

A Tabela 3 apresenta os impactos diretos, indiretos e totais das variáveis log(energia), log(matriculasup) e log(pop) sobre o PIB dos municípios, dentro de um contexto espacial. Esses impactos refletem como investimentos em energia, educação superior e a demografia influenciam o crescimento econômico, não apenas localmente, mas também em regiões vizinhas, conforme previsto pela teoria do capital humano.

Os resultados do modelo Spatial Autoregressive (SAR) mostram que o coeficiente λ , que captura a dependência espacial, é altamente significativo, indicando que o PIB de um município é fortemente influenciado pelo PIB dos municípios vizinhos. Esse resultado está em linha com a teoria do capital humano, que sugere que o desenvolvimento econômico não ocorre de forma isolada, mas é impulsionado por interações regionais. Estudos como o de Almeida (2012) confirmam que a interdependência espacial entre municípios tem um impacto significativo no crescimento econômico, o que é claramente refletido pelos achados deste estudo.

A variável matriculasup, que representa a taxa de matrículas no ensino superior, emerge como uma proxy crucial para o capital humano. Os coeficientes positivos e significativos para matriculasup nos modelos SAR e SDM indicam que um aumento na taxa de matrículas no ensino superior resulta em um aumento substancial no PIB dos municípios, tanto diretamente quanto por meio de suas interações espaciais. Esse impacto direto reflete o papel fundamental da educação superior na formação de uma força de trabalho qualificada, que impulsiona a inovação e a produtividade local. Sob a perspectiva da teoria do capital humano, é importante destacar que o aumento da escolaridade também pode gerar outros efeitos relevantes sobre a economia municipal.

O crescimento do número de pessoas qualificadas tende a elevar o nível de renda média, ampliando a capacidade de consumo das famílias e estimulando a demanda por bens e serviços. Esse movimento, por sua vez, incentiva a produção local, favorece a diversificação econômica e cria um ambiente mais dinâmico para o surgimento de novos negócios e oportunidades de trabalho. Assim, além de impactar a produtividade diretamente, a expansão da educação superior contribui para fortalecer o mercado consumidor e a base produtiva dos municípios, reforçando os ciclos de crescimento econômico regional.

O efeito indireto, capturado pela variável WX, sugere que os municípios com maiores taxas de matrículas não só experienciam crescimento econômico direto, mas também geram efeitos multiplicadores em municípios vizinhos. Esse tipo de externalidade espacial está alinhado com os resultados de Dutz *et al.* (2021), que destacaram como o aumento da educação superior contribui para o crescimento econômico regional, ampliando os benefícios para áreas circundantes.

A análise dos impactos diretos e indiretos da *matriculasup* mostra que as políticas públicas focadas na educação superior podem ter um efeito multiplicador significativo. A expansão do acesso à educação superior, além de qualificar a força de trabalho local, pode gerar benefícios econômicos para os municípios vizinhos, que se beneficiam da inovação, do dinamismo empresarial e do aumento da competitividade decorrentes da presença de capital humano qualificado.

Esses efeitos de transbordamento educacional têm sido documentados em estudos que evidenciam ganhos indiretos em produtividade e inovação em regiões próximas a polos universitários (Acemoglu, Akcigit & Kerr, 2016; Abel & Deitz, 2019). Tais externalidades positivas tendem a ser amplificadas em contextos regionais, onde a proximidade geográfica facilita a difusão de conhecimento, a mobilidade de profissionais e a formação de redes produtivas e de inovação (Rodríguez-Pose & Wilkie, 2017).

Além de matriculasup , o consumo de energia também se mostrou um determinante significativo para o crescimento do PIB. O coeficiente positivo e significativo para o logaritmo do consumo de energia nos modelos indica que o aumento no consumo de energia está associado a um aumento no PIB. Este resultado sugere que a infraestrutura energética é um componente essencial para o desenvolvimento econômico, uma vez que o acesso à energia é crucial para diversas áreas como educação, saúde e indústria, que são determinantes chave para o aumento da produtividade e competitividade das regiões.

O impacto indireto do consumo de energia nos municípios vizinhos, refletido pela variável WX , reforça a importância das externalidades espaciais associadas à infraestrutura energética, que beneficia tanto o município em questão quanto os seus arredores. Estudos indicam que o acesso estável e abrangente à energia elétrica impulsiona atividades econômicas interdependentes, promovendo integração produtiva e difusão tecnológica entre regiões (Khan et al., 2020; Bazilian et al., 2021). Portanto, a infraestrutura energética é um suporte fundamental para a expansão do capital humano, pois possibilita a modernização de instituições de ensino, centros de pesquisa e atividades intensivas em conhecimento, ampliando a capacidade de formação e retenção de mão de obra qualificada.

A variável população, por sua vez, também exerce um impacto positivo e significativo sobre o PIB. Municípios com maior população não só possuem uma força de trabalho maior, mas também geram um mercado consumidor mais amplo, o que impulsiona a atividade econômica. Esse efeito de escala, observável tanto diretamente quanto de forma indireta, através das interações espaciais, está em linha com a literatura sobre o impacto do tamanho da população no crescimento econômico, como evidenciado por Ferreira e Costa (2018). A presença de uma população maior cria um ambiente mais dinâmico para o desenvolvimento de setores econômicos e a criação de novos mercados, o que ajuda a fomentar o crescimento econômico local.

Os coeficientes associados às variáveis espaciais $WX1$, $WX2$ e $WX3$ no modelo SDM também indicam como as características dos municípios vizinhos influenciam o PIB de um município. Por exemplo, o coeficiente positivo de $WX1$ sugere que o aumento no consumo

de energia nos municípios vizinhos tem um efeito positivo sobre o PIB do município em questão. Isso destaca a importância das externalidades espaciais no crescimento econômico, indicando que os investimentos em infraestrutura e educação em um município podem gerar benefícios significativos para as regiões vizinhas, criando uma rede de desenvolvimento interligada.

Portanto, a análise dos resultados revela que *matriculasup* é uma variável-chave para o crescimento econômico regional, com efeitos tanto diretos quanto indiretos que se estendem para os municípios vizinhos. A educação superior, como proxy para o capital humano, não só aumenta a capacidade produtiva local, mas também tem um impacto difuso nas regiões vizinhas, gerando benefícios para a economia regional.

Os efeitos das outras variáveis, como o consumo de energia e a população, também são significativos, mas é o papel de *matriculasup* que se destaca, demonstrando a importância da educação superior como motor de crescimento econômico. Esses achados são consistentes com a literatura, como os estudos de Mok *et al.* (2023), que mostram que o aumento das matrículas no ensino superior não apenas eleva os rendimentos individuais, mas também proporciona um efeito multiplicador na economia local e regional.

Esses resultados indicam que políticas públicas focadas no aumento do acesso à educação superior podem gerar impactos econômicos significativos, não apenas no município de origem, mas também em áreas vizinhas, através da criação de um ciclo virtuoso de crescimento econômico regional. A combinação de investimentos em educação, infraestrutura energética e capital humano pode ser a chave para promover um crescimento econômico sustentável e de longo prazo, não apenas para municípios individuais, mas para toda a região.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste trabalho foi investigar o impacto do capital humano no crescimento econômico dos municípios do Paraná, com ênfase nas matrículas no ensino superior. Os resultados confirmam que os investimentos em educação superior têm um impacto positivo

e significativo sobre o PIB dos municípios, evidenciando o papel fundamental da educação como motor de crescimento econômico. O aumento das matrículas no ensino superior não apenas melhora a qualificação da força de trabalho local, mas também promove a inovação e a produtividade, criando uma base sólida para o desenvolvimento econômico sustentável.

Além disso, a análise espacial revelou que os efeitos do aumento das matrículas no ensino superior não se limitam aos municípios individualmente, mas se estendem para as regiões vizinhas. Esse achado destaca a interconexão econômica entre os municípios, demonstrando que os investimentos em educação superior geram externalidades positivas que contribuem para o crescimento econômico regional. O modelo de Defasagem Espacial Durbin (SDM) mostrou-se adequado para capturar essas dinâmicas espaciais, considerando tanto os impactos diretos quanto os indiretos da educação sobre o PIB, bem como as influências de fatores como o consumo de energia e o crescimento populacional.

Os resultados também mostraram que, embora o consumo de energia e o crescimento populacional sejam variáveis relevantes para o crescimento econômico, o impacto da educação superior se sobressai como o principal motor de transformação econômica. O consumo de energia, por exemplo, exerce um impacto direto positivo sobre o PIB, mas sua importância é mais visível quando combinado com o desenvolvimento do capital humano. A mesma lógica se aplica ao crescimento populacional, que, embora crucial para a criação de uma força de trabalho, depende da qualificação dessa força de trabalho, o que é proporcionado pelo aumento das matrículas no ensino superior.

Esses achados sugerem que políticas públicas voltadas para o desenvolvimento do capital humano, especialmente por meio do aumento do acesso à educação superior, devem ser priorizadas. A educação, ao criar uma base de trabalho mais qualificada, atua como um multiplicador que favorece o crescimento econômico local e regional. As implicações práticas desses resultados reforçam a necessidade de uma abordagem coordenada entre os municípios, em que os esforços para melhorar o capital humano sejam complementados por políticas de incentivo ao consumo de energia e ao crescimento populacional, formando uma estrutura adequada para o desenvolvimento econômico sustentável.

Investimentos estratégicos em educação superior, como a expansão de universidades e programas de capacitação, devem ser acompanhados por melhorias na infraestrutura energética e políticas que incentivem o crescimento populacional de forma equilibrada. Esse conjunto de políticas tem o potencial de gerar um ciclo virtuoso de crescimento econômico que ultrapassa as fronteiras municipais, promovendo um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável em todo o Estado.

Em resumo, este estudo contribui para a compreensão de como os fatores associados ao capital humano, particularmente a educação superior, quando integrados em uma perspectiva espacial, podem ser alavancados para promover o crescimento econômico regional. Futuros estudos poderiam explorar mais a fundo as especificidades dos investimentos em educação, infraestrutura e capital humano, analisando como diferentes combinações desses fatores podem afetar o crescimento econômico de forma mais detalhada, e como os efeitos a longo prazo de políticas educacionais e energéticas podem oferecer insights para a formulação de estratégias de desenvolvimento sustentável.

6. REFERÊNCIAS

Abel, J. R., & Deitz, R. (2019). Underemployment in the early careers of college graduates following the Great Recession. *Regional Science and Urban Economics*, 77, 107–123.
<https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2019.04.002>

Acemoglu, D., Akcigit, U., & Kerr, W. (2016). Innovation network. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(41), 11483–11488.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1613559113>

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI. (2021). *Panorama setorial da economia digital no Brasil*. Brasília: ABDI. <https://www.abdi.com.br>

Almeida, E. S. (2012). *Econometria espacial aplicada*. Editora Alínea.

Anselin, L. (1988). *Spatial econometrics: Methods and models*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-94-015-7799-1>

Autor, D. H. (2011). The economics of labor market intermediation: An analytical framework. In O. Ashenfelter & D. Card (Eds.), *Handbook of Labor Economics* (Vol. 4, pp. 1043–1072). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(11\)02410-6](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(11)02410-6)

Autor, D. H. (2019). Work of the past, work of the future. *AEA Papers and Proceedings*, 109, 1–32. <https://doi.org/10.1257/pandp.20191110>

Barro, R. J., & Lee, J. W. (2013). A new data set of educational attainment in the world, 1950–2010. *Journal of Development Economics*, 104, 184–198.
<https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2012.10.001>

Bazilian, M., Rogner, H., Howells, M., Hermann, S., Arent, D., Gielen, D., Steduto, P., Mueller, A., Komor, P., Tol, R. S. J., & Yumkella, K. K. (2021). Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach. *Energy Policy*, 39(12), 7896–7906. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.039>

Becker, G. S. (1964). *Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education*. University of Chicago Press.

Becker, G. S. (1964/1975). *Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education* (2nd ed.). National Bureau of Economic Research.

Becker, G. S. (1993). *Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education* (3rd ed.). University of Chicago Press.
<https://doi.org/10.7208/chicago/9780226041223.001.0001>

Bloom, D. E., Kuhn, M., & Prettnner, K. (2020). Health and economic growth. In *Oxford Research Encyclopedia of Economics and Finance*. Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190625979.013.493>

Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1979). A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica*, 47(5), 1287–1294. <https://doi.org/10.2307/1911963>

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W. W. Norton & Company.

Capilheira, R., Mota, F. C., & Lockmann, K. (2021). Políticas de investimento em capital humano na perspectiva neoliberal e seu impacto no desenvolvimento humano desde a primeira infância. *Educação & Sociedade*, 42, e246121. <https://doi.org/10.1590/ES.246121>

Companhia Paranaense de Energia – COPEL. (2022). *Relatório anual 2021*. Curitiba: COPEL. <https://ri.copel.com>

Confederação Nacional da Indústria – CNI. (2020). *Mapa da Indústria 2020–2030*. Brasília: CNI. <https://www.portaldaindustria.com.br>

Corrado, L., & Fingleton, B. (2012). Where is the economics in spatial econometrics? *Journal of Regional Science*, 52(2), 210–239. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2011.00726.x>

Crescenzi, R., Luca, D., & Milio, S. (2016). The geography of the economic crisis in Europe: National macroeconomic conditions, regional structural factors and short-term economic performance. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 9(1), 13–32. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsv031>

Démurger, S. (2022). Human capital and regional economic development: A spatial analysis. *Regional Studies*, 56(2), 195–210. <https://doi.org/10.1080/00343404.2021.1939867>

Dutz, M. A., Almeida, R. K., Packard, T. G., & Rojas, J. V. (2021). *The jobs of tomorrow: Technology, productivity, and prosperity in Latin America and the Caribbean*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1677-1>

Elhorst, J. P. (2010). Applied spatial econometrics: Raising the bar. *Spatial Economic Analysis*, 5(1), 9–28. <https://doi.org/10.1080/17421770903541772>

Elhorst, J. P. (2014). *Spatial econometrics: From cross-sectional data to spatial panels*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40340-8>

Elhorst, J. P., & Freret, S. (2009). Evidence of political yardstick competition in France using a two-regime spatial Durbin model with fixed effects. *Journal of Regional Science*, 49(5), 931–951. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2009.00627.x>

Ferreira, P. C., & Costa, L. F. (2018). Population growth and economic development: A long-run analysis. *Economic Modelling*, 71, 307–319. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.12.014>

Garcés, A. M., & Fuenmayor, D. J. (2022). Capital humano y desarrollo intelectual en departamentos universitarios de investigación en salud. *Revista de Ciencias Sociales*, 28(3), 130–144. <https://doi.org/10.31876/rcs.v28i3.38689>

Greene, W. H. (2018). *Econometric analysis* (8th ed.). Pearson.

Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2008). The role of cognitive skills in economic development. *Journal of Economic Literature*, 46(3), 607–668. <https://doi.org/10.1257/jel.46.3.607>

Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2019). The economic benefits of improving educational achievement in the European Union: The value of smarter and more equal schools. *EENEE Analytical Report No. 39*.

Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251–1271. <https://doi.org/10.2307/1913827>

Heckman, J. J. (2008). The economics of human development. *Annual Review of Economics*, 1, 17–45. <https://doi.org/10.1146/annurev.economics.050708.142952>

Heckman, J. J. (2008). Schools, skills, and synapses. *Economic Inquiry*, 46(3), 289–324. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.2008.00163.x>

Heckman, J. J., & Kautz, T. (2012). Hard evidence on soft skills. *Labour Economics*, 19(4), 451–464. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2012.05.014>

Hirschman, A. O. (1958). *The strategy of economic development*. Yale University Press.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). *Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA*. <https://sidra.ibge.gov.br/>

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP. (2021). *Censo da Educação Superior 2020: Notas estatísticas*. Brasília: MEC/INEP. <https://www.gov.br/inep>

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2023). *IPEADATA*. <http://www.ipeadata.gov.br/>

Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES. (2021). *Perfil socioeconômico do Paraná 2021*. Curitiba: IPARDES. <https://www.ipardes.gov.br>

Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. (2023). *Base de dados do IPARDES*. <http://www.ipardes.gov.br/>

Khan, M. I., Yasmeen, T., Shakoor, A., Khan, N. B., & Khan, M. F. (2020). Energy demand forecasting in Pakistan: The case of electricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119, 109594. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109594>

LeSage, J. P., & Domínguez, M. (2012). The importance of modeling spatial spillovers in public policy analysis. *Papers in Regional Science*, 91(3), 563–582. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2012.00455.x>

LeSage, J. P., & Pace, R. K. (2009). *Introduction to spatial econometrics*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420064254>

LeSage, J. P., & Pace, R. K. (2017). *Spatial econometrics*. CRC Press.

Longhi, S., & Nijkamp, P. (2019). Knowledge spillovers and regional economic growth: The role of human capital. *Annals of Regional Science*, 62(2), 233–257.
<https://doi.org/10.1007/s00168-018-0887-5>

Lozano Rosales, F., & Amador Martínez, J. A. (2021). Gestión del capital humano en universidades públicas en México: Un enfoque por competencias. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(23), e038.
<https://doi.org/10.23913/ride.v12i23.1062>

Mincer, J. (1958). Investment in human capital and personal income distribution. *Journal of Political Economy*, 66(4), 281–302. <https://doi.org/10.1086/258055>

Ministério da Infraestrutura. (2020). *Balanço de infraestrutura logística: Portos e rodovias*. Brasília: Governo Federal. <https://www.gov.br/infraestrutura>

Mok, K. H., Xiong, W., & Ye, H. (2023). Higher education expansion and regional economic growth: Evidence from Asia. *Higher Education*, 86(1), 45–67.
<https://doi.org/10.1007/s10734-022-00926-4>

Moran, P. A. P. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*, 37(1–2), 17–23. <https://doi.org/10.1093/biomet/37.1-2.17>

Moretti, E. (2013). Local multipliers and human capital in the United States and abroad. *International Commerce Review*, 22(1), 339–356.

Psacharopoulos, G., & Patrinos, H. A. (2018). Returns to investment in education: A decennial review of the global literature. *Education Economics*, 26(5), 445–458.
<https://doi.org/10.1080/09645292.2018.1484426>

Rodríguez-Pose, A., & Crescenzi, R. (2008). Research and development, spillovers, innovation systems, and the genesis of regional growth in Europe. *Regional Studies*, 42(1), 51–67. <https://doi.org/10.1080/00343400601142720>

Rodríguez-Pose, A., & Wilkie, C. (2017). Revamping local and regional development through place-based strategies. *Cityscape*, 19(1), 151–170.

Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. *The American Economic Review*, 51(1), 1–17. <https://www.jstor.org/stable/1818907>

Schultz, T. W. (1964). *Transforming traditional agriculture*. Yale University Press.

Schultz, T. W. (1973). The value of the ability to deal with disequilibria. *Journal of Economic Literature*, 13(3), 827–846.

Torres, L. M. (2022). Gestão do capital humano e desempenho organizacional: Estratégias para aumento da produtividade. *Revista de Administração e Inovação*, 19(1), 45–62. <https://doi.org/10.5585/rai.v19i1.21345>

Vega, S. H., & Elhorst, J. P. (2015). The SLX model. *Journal of Regional Science*, 55(3), 339–363. <https://doi.org/10.1111/jors.12188>

Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data* (2nd ed.). MIT Press.