

# EFICIÊNCIA DOS GASTOS PÚBLICOS COM EDUCAÇÃO NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ

Daniel Bellucco Pozza<sup>1</sup>  
Gustavo Henrique Leite de Castro<sup>2</sup>  
Alexandre Alves Porsse<sup>3</sup>

## Resumo

O objetivo deste estudo é identificar a eficiência dos gastos públicos com educação básica nos municípios do Estado do Paraná e analisar os condicionantes socioeconômicos dos *scores* de eficiência. Para isso, a estratégia empírica foi baseada em duas etapas: i) utilizou-se do método da Análise Envoltória de Dados (DEA) para medir a eficiência e; ii) realizou-se uma análise econométrica espacial com o índice de eficiência estimado na primeira etapa como variável dependente e um conjunto de indicadores socioeconômicos como covariáveis. As duas etapas foram implementadas com dados referentes aos anos de 2009 e 2017, possibilitando avaliar mudanças ao longo do período. Os principais resultados apontam que houve uma melhora nos índices médios de eficiência da educação, evidenciando também que os municípios com as maiores notas do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) não são necessariamente os que possuem os maiores *scores* de eficiência do gasto público com educação. Os resultados das regressões apontaram uma relação negativa entre gasto por aluno e eficiência, evidenciando uma potencial distorção alocativa dos recursos públicos aplicados na educação básica.

**Palavras-chave:** educação, gasto público, eficiência.

## Abstract

The purpose of this study is to identify the efficiency of public spending on basic education in the municipalities of the State of Paraná and to analyze the socioeconomic conditions of the efficiency scores. For this, the empirical strategy was based on two steps: i) the Data Envelopment Analysis (DEA) method was used to measure efficiency and; ii) a spatial econometric analysis was performed with the efficiency index estimated in the first stage as a dependent variable and a set of socioeconomic indicators as covariables. Both steps were implemented with data for the years 2009 and 2017, making it possible to measure changes over the period. The main results indicate that there was an improvement in the average education efficiency indexes, also showing that the municipalities with the highest scores in the Basic Education Development Index (IDEB) are not necessarily those with the highest efficiency scores for public spending on education. The results of the regressions showed a negative relationship between spending per student and efficiency, showing a potential allocative distortion of public resources applied in basic education.

**Keyword:** education, public expenditure, efficiency.

**Área temática:** 15. Finanças públicas locais e regionais, política fiscal.

**JEL:** H52, I21, R10.

---

<sup>1</sup> Programa de pós-graduação em Desenvolvimento Econômico da Universidade Federal do Paraná. E-mail: danielpozza123@gmail.com

<sup>2</sup> Programa de pós-graduação em Economia da Universidade de São Paulo. E-mail: gustavocastro@usp.br

<sup>3</sup> Professor do Programa de pós-graduação em Desenvolvimento Econômico da Universidade Federal do Paraná. E-mail: porsse@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

A importância da educação para superar os obstáculos do subdesenvolvimento econômico tem espaço nas discussões de fronteira desde décadas atrás (SCHULTZ, 1961; STERN, 2001; SCARPIN; SLOMSKI, 2007, HECKMAN, 2008). Pesquisadores identificaram que a educação tem papel fundamental nas transformações econômicas, uma vez que é por meio dela que são geradas externalidades positivas para toda a sociedade. Segundo Schultz (1961), um dos fatores-chaves para o crescimento econômico é o aumento da produtividade que é potencializado pelo capital humano. Por outro lado, Barros e Mendonça (1997) descrevem que a educação também entra como um fator importante no combate da desigualdade de renda. Conforme apontam Fernandes e Narita (2001), essa desigualdade existe por conta da desigualdade educacional entre os trabalhadores e pela sensibilidade dos salários com base no nível educacional.

Nesse ínterim, é por meio do investimento do Estado, ou seja, por meio dos gastos públicos com educação, que é mitigado esses problemas do subdesenvolvimento e é gerado o desenvolvimento intelectual da sociedade. Segundo Heckman (2008) quanto mais cedo começa-se investir na educação, principalmente entre as crianças oriundas de famílias mais pobres, maior será o benefício no futuro. No caso do brasileiro, este tema é essencial devido aos elevados níveis de pobreza e de desigualdade social que o país apresenta e, por isso, o Estado tem um importante papel em fornecer uma educação pública de maneira abrangente e de boa qualidade. Assim, considerando a importância da educação e seu provimento pelo Estado, tem sido observado no Brasil uma contínua elevação dos gastos públicos com educação durante a década de 2000, acompanhada por uma pequena melhora nos indicadores educacionais. De acordo com Alves et al. (2019), em 2003 o custo de um aluno na rede pública brasileira era de aproximadamente R\$ 2.250 e R\$ 1.750 para níveis de ensino fundamental e médio, respectivamente. Já em 2014 os custos por aluno foram de aproximadamente R\$ 6.700 para ambos os níveis de ensino. Assim, não basta que o gasto com educação seja elevado, é necessário que ele seja eficiente, no sentido de melhor uso possível do recurso. Segundo Diaz (2007) e Menezes-Filho (2007), para que o resultado educacional seja positivo, é necessário planejamento, organização, formação continuada, avaliações, de forma que a gestão da escola é de extrema importância. Nesse sentido, há uma ampla literatura que apresenta a ineficiência dos gastos com educação por meio de uma relação negativa entre elevados gastos públicos e eficiência, como Rosano-Peña et al. (2012), Wilbert e D'Abreu (2013), Savian e Bezerra (2013) e Rodrigues e de Sousa (2019).

Em geral, a provisão efetiva dos serviços públicos de educação nos níveis fundamental e médio é realizada no território municipal, enquanto as políticas educacionais de gestão e pedagógicas sejam definidas principalmente no âmbito estadual ainda que seu marco regulatório seja nacional. Dessa forma, estudos de eficiência devem considerar aspectos espaciais, notadamente na esfera intra-estadual. Nesse sentido, o Estado do Paraná é uma área de estudo que desperta interesse na medida em que se trata de uma região com níveis mais avançados de desenvolvimento no âmbito nacional, mas que também possui relevante heterogeneidade no desenvolvimento entre suas regiões internas. Além disso, já existe uma literatura sobre análise da eficiência dos gastos com educação para a qual este estudo pretende contribuir. Por exemplo, a pesquisa de Zoghbi et al. (2009) apresenta evidências que indicam o Paraná como um dos estados mais eficientes em relação aos gastos educacionais em 2003. Savian e Bezerra (2013) avaliaram a eficiência dos municípios paranaenses para 2005 e 2009 e suas estimativas sugerem que o nível de eficiência se reduziu entre o período analisado. Na análise de eficiência estadual de Beghini e Tosta (2017) para o ano de 2011, o Paraná apresentou ineficiência média baixa. Logo, não se percebe um consenso nos resultados encontrados para o estado, além de que os determinantes dos níveis de eficiência das unidades estudadas não foram explorados nestas pesquisas.

Sendo assim, o objetivo deste estudo é identificar a eficiência dos gastos públicos com educação básica nos municípios do Estado do Paraná e de analisar como as variáveis socioeconômicas se relacionam com os *scores* de eficiência. As principais contribuições consistem em investigar o papel de diversos condicionantes socioeconômicos sobre a eficiência da educação, dentre eles o gasto por aluno, utilizando uma abordagem econométrica que trata a dependência espacial e eventuais variáveis omitidas a ela associadas. Para isso, utiliza-se o método da Análise Envoltória de Dados (DEA) para medir a eficiência e, em seguida, realizam-se estimações com modelos econométricos espaciais nos quais os índices de eficiência são a variável dependente e um conjunto de variáveis socioeconômicas são definidas para avaliar o efeito sobre os *scores* de eficiência da educação municipal paranaense.

Além desta introdução, o estudo consiste em mais quatro seções: a segunda seção tem o foco na revisão da literatura sobre eficiência do gasto público e educação; a terceira seção trata de apresentar a estratégia empírica utilizada, descrevendo os dados e os modelos realizados; na quarta seção estão os resultados e as discussões; por fim, têm-se as considerações finais.

## 2 EDUCAÇÃO E EFICIÊNCIA

A importância da educação para superar o subdesenvolvimento foi ganhando espaço nas discussões entre os pesquisadores quando estes observaram que as estratégias baseadas nas teorias de crescimento clássicas não foram suficientes para resolver questões internacionais de pobreza, estagnação econômica e fome (STERN, 2001). O tema foi se tornando prioridade nas políticas internacionais de fomento juntamente com o desenvolvimento da teoria do capital humano, na qual a educação assume um papel especial e central (DOURADO; OLIVEIRA, 2009; SCHULTZ, 1961). Durante o período em que essas discussões se popularizaram, o debate sobre a atuação do Estado na nova realidade econômica mundial também se intensificou<sup>4</sup>, visto que os investimentos públicos em capital humano eram acatados como uma forma de promover bem-estar (SCHULTZ, 1961).

Além da educação formal, Schultz (1961) considera a estrutura da saúde e os treinamentos profissionais como umas das principais camadas que possibilitam mensurar o capital humano. Segundo o autor, os investimentos em capital humano foram por muito tempo erroneamente menosprezados por economistas que buscavam explicar as diferenças nas taxas de crescimento econômico entre os países. Assim, análises de desempenho educacional e o seu impacto em indicadores econômicos passaram a ser mais frequentes a partir da década de 1960 (ROSANO-PEÑA et al., 2012), assim como os modelos de desenvolvimento econômico incorporando variáveis socioeconômicas na década de 1950 (SCARPIN; SLOMSKI, 2007).

Heckman (2008) indica que diversos problemas econômicos e sociais estão correlacionados com baixos níveis de habilidade e conhecimento dos indivíduos, de tal forma que, se houver incentivos de educação desde o começo da formação, esses podem melhorar significativamente os atributos cognitivos, sociais e emocionais de uma parte da sociedade que é menos privilegiada, reduzindo o crime, gravidez precoce e, posteriormente, elevando a produtividade do mercado de trabalho. Sendo assim, a educação está associada diretamente com o desenvolvimento, atuando na redução da pobreza, elevação de salários e da expectativa de vida (BARROS; MENDONÇA, 1997).

---

<sup>4</sup> Segundo Stern (2001), após a Segunda Guerra Mundial a economia mundial apostou que uma forte atuação do Estado poderia ser uma maneira efetiva de gerir os investimentos. Os resultados das décadas de 1950 e 1960 não corroboraram essa tese, de tal forma que as duas décadas seguintes foram marcadas por movimentos liberais e privatizações. No final dos anos 1990, o autor afirma que a combinação de reformas pró-mercado e fortes instituições era o enfoque das políticas de desenvolvimento econômico.

Barros e Mendonça (1997) ainda refletem sobre a dificuldade de avaliar os impactos de uma melhora na educação: elevação dos rendimentos e da produtividade são apenas alguns efeitos que a educação proporciona. Segundo Mello e Venzon (2014) e Luquini, Castro e Parré (2019), o investimento em educação também promove o desenvolvimento social e cultural. Portanto, todas essas dimensões devem ser levadas em consideração para a formação de uma estrutura educacional de qualidade, sendo que o financiamento público nesse ramo é imprescindível (DOURADO; OLIVEIRA, 2009).

Desta forma, este assunto caminha junto com as questões de eficiência de gastos públicos, principalmente em países com extrema desigualdade social, como o Brasil, onde faltam oportunidades de estudo para grande parte da população. Sendo assim, uma alocação eficiente de recursos voltados para a educação é algo esperado dos gestores públicos (BEGNINI; TOSTA, 2017). Afonso e Aubyn (2005) consideram os gastos com educação e saúde como essenciais para o crescimento econômico de um país e indicam que as análises de eficiência para esses setores têm importante papel para a formulação e manutenção de políticas públicas.

Observa-se uma ampla literatura internacional, tais como Afonso e Aubyn (2005) e Johnes (2006), sobre eficiência dos gastos públicos com educação. Para o caso nacional, o tema é mais abordado utilizando o método DEA, como nos estudos de Begnini e Tosta (2017) e Rodrigues e de Souza (2019), os quais avaliam a eficiência da nação a nível estadual e municipal, respectivamente. De forma geral, os resultados apontam que os recursos direcionados para a educação não são alocados de maneira eficiente.

Estas conclusões não se alteram ao analisar apenas regiões do país. Wilbert e D'Abreu (2013) empregaram o método DEA para estimar a eficiência dos gastos públicos com o ensino fundamental dos municípios do estado do Alagoas. Dos 57 municípios tratados, apenas nove encontram-se na fronteira de eficiência, sendo que quase todos apresentam baixo PIB per capita, baixo rendimento nas notas do IDEB de 2007 e gastam pouco por aluno matriculado. Ou seja, os municípios mais eficientes não necessariamente são os que tem mais recursos.

É possível sugerir que os recursos públicos são necessários para a educação brasileira, mas não suficientes para proporcionar melhores indicadores de ensino (DOMICIANO; ALMEIDA, 2015). Segundo Moraes, Polizel e Crozatti (2017), um aumento dos gastos com educação pode não ser acompanhado com uma melhora de outras condições que afetam a eficiência e qualidade do ensino, tornando-se preciso analisar previamente quais fatores devem ser alterados e quais recursos devem ser solicitados. Por exemplo, os resultados obtidos por Delgado e Machado (2007) para os municípios mineiros indicam que a presença de televisão, biblioteca, sala de vídeo ou laboratório não tem relação com índices de eficiência maiores. Nesse caso, o ideal seria identificar outros direcionamentos para os gastos educacionais.

Savian e Bezerra (2013) analisam a eficiência dos gastos públicos com educação no ensino fundamental dos municípios no Estado do Paraná, utilizando a DEA com retornos constantes a escala (RCC). Como insumos, os autores utilizaram o número de escolas municipais de educação fundamental, o número de alunos dividido pela quantidade de professores, o PIB per capita municipal e o gasto com ensino fundamental por aluno. A nota do IDEB foi o produto escolhido. Novamente os resultados apontam que os municípios mais ricos não são necessariamente os mais eficientes, característica que é mais comum aos municípios que gastam menos. Scarpin et al. (2012), Rosano-Peña et al. (2012) e Moraes, Polizel e Crozatti (2017) apresentam conclusões similares acerca dos municípios de Santa Catarina, Goiás e São Paulo, respectivamente.

Um ponto importante é que poucos desses estudos se preocupam em encontrar os determinantes que levam alguns municípios, normalmente de menor tamanho, a serem mais eficientes do que outros. Rosano-Peña et al. (2012) atribuem três motivos para a ineficiência dos municípios goianos: ineficiência de escala, impacto do entorno e ineficiência da gestão.

Delgado e Machado (2007) indicam que alguns recursos educacionais, como a infraestrutura da escola, presença de computadores e variáveis relacionadas com as famílias dos alunos, como escolaridade da mãe e ter livros em casa, contribuem para melhores índices de eficiência nas escolas estaduais de Minas Gerais. Em relação ao desempenho escolar, Menezes-Filho (2007) encontra evidências de que características familiares e individuais dos alunos são as que tem o maior poder de explicação, enquanto variáveis a nível escolar também são influentes, mas de forma menos significativa.

Percebe-se que os trabalhos sobre eficiência dos gastos públicos com educação passaram a levar em conta outras variáveis além das relacionadas com finanças públicas em suas análises, mas também sobre as condições da população. Rodrigues e de Souza (2019) estimam fronteiras de eficiência técnica e de escala utilizando a DEA com RCC e RVS (retornos variáveis a escala) para os municípios brasileiros no ano de 2013, para então dividi-los em quartis de PIB per capita e por níveis populacionais. Os resultados seguem os já mencionados nessa seção, de que os municípios mais eficientes na média são os com menores valores de PIB per capita e com populações abaixo de 20.000 habitantes. Trompieri Neto et al. (2008) realizam uma metodologia em dois estágios para os municípios do Ceará para verificar quais os determinantes de tal eficiência. A principal variável explicativa do modelo é o IDH, a qual tem um impacto significativo e positivo em ambos os casos, indicando que municípios com melhores condições socioeconômicas costumam ser mais eficientes.

Esses estudos apontam que a dimensão socioeconômica, ao ser levada em consideração, pode proporcionar maiores interpretações nas estimativas. Outro exemplo é Luquini, Castro e Parré (2019), que utilizam métodos de econometria espacial para identificar uma correlação espacial entre o Índice de Gini, renda média e grau de urbanização com a taxa de alfabetização dos municípios paranaenses. Os autores notam uma certa deficiência na estrutura socioeconômica de algumas regiões do estado, impactando negativamente a alfabetização, de forma que políticas de distribuição de renda e de melhora no transporte público se fazem necessárias para uma mudança desse quadro.

Em síntese, a educação tem papel importante para superação do subdesenvolvimento econômico. Logo, investir em educação é garantir o futuro de uma economia. No entanto, não basta somente o aumento dos gastos com a educação, é preciso melhorar a eficiência da utilização dos fatores de produção para mitigar a má alocação desses recursos. Há de se levar em conta que existem indicadores subjacentes, como por exemplo os socioeconômicos, que atuam de maneira indireta, mas não menos importante, na eficiência dos gastos públicos com educação. Entender essas relações é importante para formulação de políticas públicas para o ensino infantil.

### **3 ESTRATÉGIA EMPÍRICA**

A estratégia empírica adotada para atingir o objetivo proposto está dividida em dois estágios. O primeiro estágio consiste em estimar um índice de eficiência para cada município paranaense entre 2009 e 2017 utilizando o método DEA, a partir de um modelo inspirado por Savian e Bezerra (2013). No segundo estágio, o índice de eficiência estimado será a variável dependente de uma regressão espacial, estratégia similar a aplicada por Delgado e Machado (2007) e Marques e Camara (2018).

#### *3.1 Medição de eficiência utilizando análise envoltória de dados (DEA)*

Para analisar o índice de eficiência da educação nos municípios foi utilizado a análise de envoltória de dados (DEA). Para isso, considere uma amostra de  $K$  firmas (neste caso municípios, também chamado de DMU- *Decision Making Units*) que usam  $x^t \in R_+^N$  insumos na

produção  $y^t \in R_+^N$  de produtos no período  $t, t = 1, \dots, T$ . Uma tecnologia de produção com múltiplos insumos e múltiplos produtos pode ser representada pelo conjunto de saídas, definido como:

$$P^t(x^t) = \{y^t: y^t \text{ pode ser produzido por } x^t \text{ no tempo } t\} \quad (1)$$

Em uma abordagem baseada no produto, a tecnologia de produção é completamente caracterizada pela função de distância da saída<sup>5</sup>, definida como:

$$D_o^t(y, x) = \min \left\{ v: \frac{y}{x} \in P^t(x) \right\} \quad (2)$$

em que  $v \in (0,1]$  e  $D_o^t(y, x) \leq 1$  se e somente se  $y \in P^t(x)$ . Em uma abordagem baseada no insumo, a função de distância de entrada pode ser usada para representar a tecnologia, sendo definida como:

$$D_i^t(x, y) = \max \left\{ \lambda: \frac{x}{y} \in L^t(y) \right\} \quad (3)$$

em que  $P^t(y) = \{x: x \text{ pode ser produzido por } y \text{ no tempo } t\}$  é o conjunto de requisitos de insumo e  $D_i^t(x, y) \geq 1$  se e somente se  $x \in P^t(y)$ . Em ambas as abordagens, uma firma (município) é considerada tecnicamente eficiente se a função de distância for igual a um.

O uso da abordagem não paramétrica (DEA) é bastante popular por vários motivos<sup>6</sup>. Primeiro, não precisa das suposições sobre a forma funcional da tecnologia de produção e não requer dados de preços. Segundo, para várias entradas e saídas, o DEA não requer agregação. Terceiro, como o DEA se baseia em técnicas de programação linear, é possível identificar as “melhores práticas” para cada firma. Finalmente, em aplicações longitudinais, sua capacidade de decompor o crescimento da produtividade em dois componentes: mudanças na eficiência técnica ao longo do tempo (recuperação) e mudança técnica (mudanças na tecnologia ao longo do tempo) (FÄRE et al., 1994). A abordagem baseada nos produtos é usada nesta pesquisa porque é uma abordagem mais razoável para nossa aplicação empírica, uma vez que os insumos da educação são limitados. Essa abordagem é utilizada por diversos estudos tais como Afonso e Aubyn (2005), Wilbert e D’Abreu (2013), Begnini e Tosta (2017), Savian e Bezerra (2013) e Scarpin et al. (2012).

Seguindo Färe et al. (1995), a função de distância de retornos constantes à escala (RCC) pode ser estimada usando uma tecnologia de referência linear por partes para a firma  $k, k = 1, \dots, K$ , como solução para o problema de programação linear (PL):

$$[\widehat{D}_o^t(y_k^t, x_k^t)]^{-1} = \max_{\theta, z} \{ \theta: \theta y_k^t \leq Y^t z, x_k^t \geq X^t z, z \in R_+^K \} \quad (4)$$

em que  $y_k^t$  é o vetor  $M$  de produtos,  $x_k^t$  é um vetor  $N$  de insumos,  $Y^t$  é uma matriz de produtos ( $M \times K$ ),  $X^t$  é uma matriz de insumos ( $N \times K$ ) e  $z$  é um vetor  $K$  de variáveis de intensidade não negativas. Observe que a solução da equação 4 sempre satisfaz o  $D_o^t(y_k^t, x_k^t) \leq 1$ , uma vez que a firma é um membro da tecnologia de referência.

Serão analisados ambos os resultados com RCC (*retorno constantes a escala*) e RVS (*retornos variáveis a escala*), orientados ao produto. A maximização da eficiência está relacionada ao aumento da produção mantendo os insumos constantes.

### 3.2 Modelos de regressão

<sup>5</sup> Shephard (1970).

<sup>6</sup> Ver: Charnes, Cooper e Rhodes (1981) e Banker, Charnes e Cooper (1984).

Para considerar os efeitos das despesas, bem como das variáveis socioeconômicas nos *scores* de eficiência dos municípios, executar-se-á o segundo estágio empregando a análise econométrica. O modelo utilizado pela literatura convencional é o Tobit<sup>7</sup>, que trata diretamente de variáveis dependentes censuradas, ou seja, variáveis cujo domínio é restrito, como, por exemplo, é o caso da medida de eficiência  $\theta$  obtida no primeiro estágio por DEA, em que  $0 < \theta_i \leq 1$ . Seguindo Çelen (2013), assume-se que o escore de eficiência obtido no primeiro estágio por DEA para cada DMU,  $\theta_i$  é o resultado do seguinte processo estocástico:

$$\theta_i = \begin{cases} 0, & \text{se } \theta_i^* \leq 0 \\ \theta_i^*, & \text{se } 0 \leq \theta_i^* \\ 1 & \text{se } \theta_i^* > 1 \end{cases} \quad (7)$$

$$\theta_i^* = X_i' \delta + \varepsilon_i, \text{ com } \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2) \quad (8)$$

em que  $\theta_i^*$  é uma variável aleatória latente,  $X_i'$  é o vetor  $n \times 1$  observado das  $n$  variáveis socioeconômicas para a  $i$ -ésima DMU,  $\delta$  é um vetor  $n \times 1$  de parâmetros,  $\varepsilon_i$  é a  $i$ -ésima observação do erro identicamente e independentemente normalmente distribuído (*iidN*) de média zero e variância  $\sigma^2$ . Com isso,  $\theta_i$  é, por construção, censurado abaixo de 0 e acima de 1. Para obter estimativas do vetor de parâmetros  $\beta$  com base nos valores observados de  $X_i$  e nos valores de  $\theta_i, i = 1, 2, \dots, n$  obtidos no primeiro estágio DEA, este modelo é estimado por máxima verossimilhança.

Cabe destacar que os estudo de Banker e Natarajan (2008, p. 48-58) identificaram condições suficientes em uma estrutura estocástica para justificar a abordagem popular de dois estágios da análise de envoltório de dados seguida por mínimos quadrados ordinários (DEA+MQO) para estimar o impacto de variáveis contextuais na produtividade e, conseqüentemente, na eficiência. No entanto, Simar e Wilson (2007, p. 31-64) sugeriu uma abordagem alternativa envolvendo um modelo de regressão truncada de segundo estágio e o método de *bootstrap* para estimar intervalos de confiança, que é o caso do modelo Tobit utilizado na literatura convencional.

Contudo, em um estudo mais recente, Banker, Natarajan e Zhang (2019) evidenciaram que a eficácia da abordagem de Simar-Wilson depende criticamente da suposição de que o processo de geração de dados real (DGP) corresponde exatamente ao seu DGP assumido e que sua abordagem não produz inferências corretas em ambientes caracterizados por ruído estocástico. Simulações abrangentes de um processo de geração de dados de fronteira estocástica documentam que o modelo simples DEA+MQO de dois estágios supera significativamente o modelo mais complexo de Simar-Wilson com menor desvio absoluto médio (MAD), menor desvio absoluto médio (MEAD) e taxas de cobertura mais altas quando as variáveis contextuais afetam significativamente a produtividade.

Logo, ir-se-á estimar o modelo DEA+MQO a fim de capturar o impacto das variáveis socioeconômicas sobre os *scores* de eficiência da educação, assim serão considerados os seguintes modelos básicos:

$$\theta_i^* = X_i' \delta + \varepsilon \quad (5)$$

em que  $\theta_i^*$  são os *scores* dos índices de eficiência da educação por município;  $X_{it}$  são as variações contemporâneas das demais covariáveis e  $\varepsilon$  é o termo de erro.

<sup>7</sup> Delgado e Machado (2007), Samut e Cafri (2015), Trompieri Neto et al. (2008).

Entretanto, a especificação MQO somente seria válida na hipótese de inexistência de dependência espacial nos resíduos. Em diversas aplicações envolvendo dados territoriais, essa hipótese é violada e implicaria em problemas de viés ou ineficiência na estimação MQO dependendo do tipo de especificação espacial do processo gerador de dados (ANSELIN, 1988; GOLGHER, 2015). Neste sentido, será investigada a presença de dependência espacial na regressão MQO por meio da estatística I de Moran e de testes LM robustos para processos do tipo erro-espacial ou lag-espacial. Uma vez verificada a violação da hipótese de aleatoriedade espacial no modelo de regressão MQO, deve-se então estimar modelos de regressão espacial.

A equação abaixo apresenta a estrutura geral de um modelo de regressão espacial conhecida como modelo de Manski (Golgher, 2015), onde  $W$  representa uma matriz de pesos espaciais. No presente estudo, os modelos espaciais a serem estimados envolvem uma adaptação dessa representação para as versões conhecidas como modelos de Durbin de lag espacial (SDM) ou erro espacial (SDEM). A vantagem dessas estruturas é sua capacidade de corrigir eventuais problemas de viés nos estimadores resultantes da omissão de variáveis espacialmente correlacionadas. O modelo SDM corresponde a equação 6 tal que  $\lambda = 0$ , enquanto o modelo SDEM corresponde a equação 6 tal que  $\rho = 0$ .

$$\begin{aligned}\theta^* &= \rho W\theta^* + X\delta + WX\beta + \varepsilon \\ \varepsilon &= \lambda\varepsilon + u\end{aligned}\tag{6}$$

Os modelos espaciais serão estimados pelo método de máxima verossimilhança usando uma matriz de vizinhança do tipo *queen* de primeira ordem. O Critério de Informação de Akaike será utilizado para escolher o modelo com melhor ajuste e representação do processo espacial para fins de reporte dos resultados das estimações. As regressões espaciais são do tipo corte transversal, sendo estimadas para 2009 e 2017 para averiguar a robustez dos efeitos das covariadas sobre as medidas de eficiência.

### 3.3 Base de dados

As variáveis escolhidas como *inputs* são o número de escolas municipais do ensino fundamental, a relação aluno por função docente, as despesas municipais pagas com ensino fundamental dividido pela quantidade de matrículas realizadas e o PIB *per capita*. O *output* escolhido foi a nota do IDEB. Desta forma, é possível replicar a estrutura do DEA realizado por Savian e Bezerra (2013).

Tabela 1 - Banco de dados utilizados para o DEA

Variável	Definição	Fonte
<i>IDEB</i>	Nota do IDEB atribuída para o ensino fundamental municipal	IPARDES
<i>despaluno</i>	Relação entre as despesas municipais com educação por quantidade de matrículas	IPARDES
<i>alunoprof</i>	Relação entre as matrículas e o número de professores	INEP
<i>escolas</i>	Quantidade de escolas municipais	INEP
<i>pibpc</i>	Produto interno bruto por habitante	IPARDES

Fonte: elaborado pelos autores (2020).

O modelo foi feito para 2009 e 2017 e foram excluídos da amostra 7 dos 399 municípios pertencentes ao Paraná por insuficiência de dados, sendo eles: Candói, Ibaiti, Nova América da Colina, Porto Rico, Santa Cruz de Monte Castelo, São José da Boa Vista e Virmond. A efetivação da DEA foi realizada pelo programa *R Studio*, com o pacote “*rDEA*”. Os valores de despesas e PIB foram deflacionados utilizando como base o ano de 2018 e o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).



Tabela 2 – Bancos de dados utilizados e efeito esperado

Variável	Descrição	Fonte	Efeito esperado
<i>Eficiência RCC</i>	Índice de eficiência da educação por município com retornos constantes a escala	-	-
<i>Eficiência RVS</i>	Índice de eficiência da educação por município com retornos variáveis a escala	-	-
<i>despaluno</i>	Relação entre as despesas municipais com educação por quantidade de matrículas	IPARDES	-
<i>alunoescola</i>	Relação entre as matrículas e o número de escolas	INEP	-
<i>medialunos</i>	Média de alunos por turma	INEP	-
<i>internet</i>	Proporção de escolas com internet	IPARDES	+
<i>urban</i>	Proporção de escolas na área urbana	INEP	+
<i>pibpc</i>	Produto interno bruto por habitante	IPARDES	+
<i>densidade</i>	Densidade populacional	IPARDES	+
<i>fpmreceita</i>	Proporção do FPM sobre as receitas correntes	IPARDES	-
<i>profsaude1</i>	Quantidade de profissionais de saúde por 10.000 habitantes	IPARDES	+

Fonte: elaborado pelos autores (2020).

A fim de capturar o efeito das variáveis socioeconômicas sobre os *scores* de eficiência da educação por município, a Tabela 2 apresenta o banco de dados utilizados nos modelos de regressões, conforme apresentado na literatura, bem como seus possíveis efeitos esperados. Definindo as variáveis explicativas da regressão, as únicas variáveis que foram reutilizadas do DEA foram as despesas por aluno (variável do problema de pesquisa) e o PIB per capita. Aqui, o resultado esperado é que as despesas influenciem positivamente na eficiência da educação nos municípios, desta forma estaria de acordo com a literatura (Scarpin et al., 2012; Savian e Bezerra, 2013) – visto que há possivelmente uma relação entre ineficiência e altos níveis de despesas com educação.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Já foi discutida a importância da educação para o desenvolvimento econômico e o papel essencial das despesas orçamentárias para a execução de políticas públicas com o objetivo de melhorar os indicadores educacionais e colher os resultados no longo prazo. Nesta seção serão apresentados os resultados da DEA e da regressão com as devidas interpretações.

Na Tabela 3 encontram-se as estatísticas descritivas das variáveis que compuseram o modelo DEA. Lembrando que o IDEB é o *output*, enquanto o restante são os *inputs*. O município que menos gastou com educação, em relação ao número de alunos, foi Sarandi em 2009, e o mais pobre em PIB per capita foi Guaraqueçaba no mesmo ano. Enquanto Curitiba contém o maior número de escolas para todos os anos, são diversas cidades com apenas uma: das 1765 observações, aproximadamente 67 municípios. Ponta Grossa possui o valor máximo da relação aluno/professor em 2009, e Lupionópolis o mínimo.

O município de Saudade do Iguçu, contendo em média uma população de 5.272, apresentou o maior PIB per capita em todos os anos da amostra. Em relação as despesas com educação por aluno, Lupionópolis obteve o valor amostral máximo, em 2017, ano que alcançava 4.911 em população. Em ambas as cidades, 100% das escolas são urbanas, tem conexão com a internet e microcomputadores.

Serranópolis do Iguçu, que também compartilha essas mesmas características, foi o município que exibiu a maior nota do IDEB da amostra, no ano de 2017. Em contraste, Alto Paraíso também tem o ensino fundamental totalmente na área urbana com acesso à internet e microcomputadores e mesmo assim apresentou a menor nota do IDEB da amostra em 2009,

indicando que a estrutura da educação do estado paranaense tem alguns atributos predominantes em seu território. Inclusive, as maiores notas do IDEB da amostra são de municípios pequenos, com cerca de 5 a 20 mil habitantes, como também foi evidenciado em Scarpin et al. (2012). Uma possível explicação, segundo Crozzati et al. (2018), é que municípios menores têm despesas médias por aluno superior aos maiores devido à combinação de três fatores: rede municipal pequena, alta receita per capita e obrigatoriedade de gasto mínimo de 25% da Receita Corrente Líquida do ano

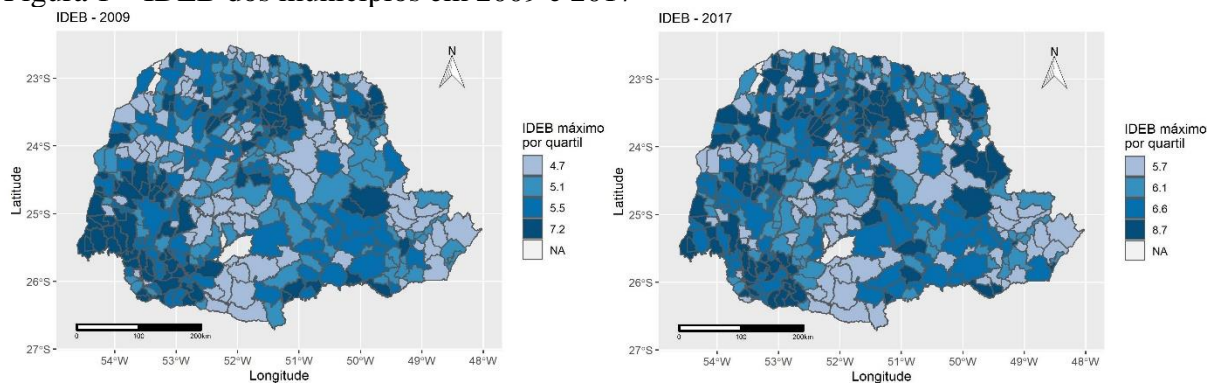
Tabela 3 - Análise descritiva

Variáveis	Média	Desv. padrão	Mínimo	Máximo
<b>2009</b>				
<i>IDEB</i>	5,14	0,61	3,60	7,20
<i>despaluno</i>	8.009,70	2.384,16	4.204,91	19.245,46
<i>alunoprof</i>	19,94	4,56	10,55	39,33
<i>pibpc</i>	23.110,52	16.415,27	8.436,87	261.645,16
<i>escolas</i>	8,73	14,11	1	175
<b>2017</b>				
<i>IDEB</i>	6,14	0,66	4,30	8,70
<i>despaluno</i>	14.618,01	4.287,61	8.079,61	37.610,02
<i>alunoprof</i>	16,10	3,96	6,26	34,59
<i>pibpc</i>	53.528,84	26.525,87	19.999,87	291.044,60
<i>escolas</i>	7,91	13,98	1	185

Fonte: elaborado pelos autores (2020).

A Figura 1 tem o objetivo de demonstrar a distribuição do IDEB no primeiro e último ano do período. Neste mapa foram contabilizados apenas os 392 municípios utilizados no trabalho. Na média, as notas do IDEB no Paraná melhoraram durante esses anos. Os municípios que apresentam as maiores notas encontram-se nas mesorregiões do Norte Central, Oeste e Sudoeste.

Figura 1 – IDEB dos municípios em 2009 e 2017

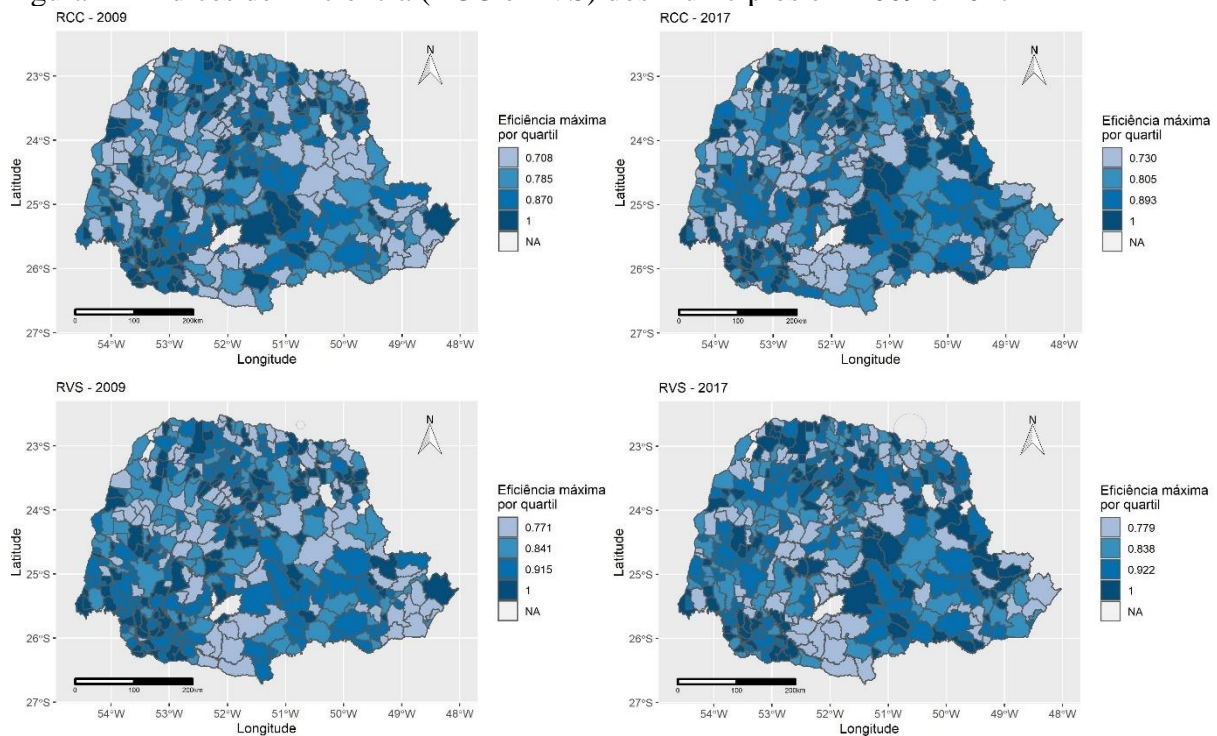


Fonte: elaborado pelos autores (2020).

Os municípios que apresentam as menores notas encontram-se nas mesorregiões Centro Oriental, Centro Sul e Metropolitana de Curitiba. De acordo com Dominiciano e Almeida (2015), as regiões geográficas de maiores nota no IDEB normalmente são aquelas que apresentam as menores taxas de reprovação, abandono, distorção idade série e maior tempo médio de aula por turma, bem como maior rendimento domiciliar per capita e menores taxas de analfabetismo entre homens e mulheres. Este último resultado, inclusive, está em consonância com os estudos nacionais e internacionais, tais como: Hanushek (1970), Menezes-Filho e Amaral (2008) e Diaz (2012).

A Figura 2 apresenta os *scores* dos índices de eficiência (RCC e RVS) dos municípios paranaenses em 2009 e 2017 por quartis. Pelo método RCC ser mais restrito e conservador do que o RVS, alguns estudos utilizam apenas este modelo para realizar a análise de eficiência, como Savian e Bezerra (2013), Begnini e Tosta (2017). Observa-se que utilizando retornos variáveis de escala, com a amostra utilizada, nenhum município exibe menos do que 0,55 de eficiência dos gastos públicos com educação. Ainda, a quantidade de municípios considerados eficientes no RVS aumenta em relação ao RCC em todos os modelos. Mesmo assim, alguns estudos utilizam o RVS, como Andrade et al. (2017), que o considera mais adequado para diferenciar as situações em que existem ineficiências técnicas ou de escala. Uma estratégia utilizando os dois métodos pode proporcionar uma análise mais abrangente na comparação geográfica.

Figura 2 – Índices de Eficiência (RCC e RVS) dos municípios em 2009 e 2017



Fonte: elaborado pelos autores (2020).

Para o modelo RCC percebe-se que, em 2009, os municípios que mais se destacaram concentram-se na mesorregião Sudoeste, em contra partida, os que menos se destacaram concentram-se na mesorregião Centro-Oriental. Já em 2017, há uma melhora na distribuição dos *scores* de eficiência na mesorregião Centro-Oriental e metropolitana de Curitiba, contudo os municípios localizados no quartil mais baixo encontram-se na mesorregião Centro-Sul. Já para o modelo RVS percebe-se em 2009 uma concentração nos quartis superiores dos municípios localizados nas mesorregiões Oeste e Sudoeste. Para 2017 há uma melhora nos *scores* de eficiência das mesorregiões Sudeste, Centro-Oriental e Metropolitana de Curitiba. Entretanto, em 2009 e 2017 há uma concentração de municípios da mesorregião Centro-Sul localizados no quartil mais baixo do *score* de eficiência.

Os resultados de Savian e Bezerra (2013) indicam que houve uma piora na eficiência média dos gastos com educação para o Paraná entre 2005 e 2009 de 0,1% utilizando o DEA RCC. Nos índices estimados para 2009 e 2017, houve uma melhora na média do RCC de 2,45% e 0,1% para o RVS. Entretanto, a quantidade de municípios eficientes ( $\theta = 1$ ) diminuiu utilizando os dois métodos: de 26 para 25 com o RCC, e de 56 para 46 com o RVS.

Logo, com base nas figuras 1 e 2, percebe-se que não necessariamente os municípios que possuem os melhores indicadores do IDEB também possuem os melhores *scores* de eficiência. É o caso do município de Serrana do Iguazu que possuía a melhor nota do IDEB (7,2) em 2009 e no entanto ocupa a posição 51<sup>o</sup> nos *scores* de eficiência. O inverso também é verdadeiro, ou seja, os municípios que possuem os piores IDEB não necessariamente possuem os piores *scores* de eficiência, como é o caso do município de Diamante do Sul que possuía um dos piores indicadores do IDEB do estado (3,7) mas estava entre os 160 municípios com os maiores *scores* de eficiência dentre os 392 disponíveis para análise. Isso significa que os municípios poderiam manter a performance com a redução dos insumos ou poderiam produzir melhores indicadores educacionais com os mesmos insumos. Esses resultados evidenciam uma má alocação dos recursos para a educação. Resultados semelhantes também foram observados nas pesquisas de Savian e Bezerra (2013) e Wilbert e D’Abreu (2013).

A fim de considerar os efeitos das despesas, bem como de outras variáveis socioeconômicas que não estão diretamente na função produção, mas que influenciam nos *scores* de eficiência dos municípios, serão apresentados os resultados do segundo estágio. Logo a Tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no modelo de regressão. As variáveis *despaluno* e *pibpc* são as únicas repetidas do primeiro estágio.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas das variáveis da regressão

Variáveis	Média	Erro padrão	Mínimo	Máximo
<b>2009</b>				
<i>despaluno</i>	8.009,70	2.384,16	4.204,91	19.245,46
<i>alunoescola</i>	217,82	113,33	27,03	851
<i>medialunos</i>	20,95	3,1	11,5	30,1
<i>internet</i>	0,76	0,24	0,08	1
<i>urban</i>	0,72	0,3	0,04	1
<i>pibpc</i>	23.110,52	16.415,27	8.436,87	261.645,16
<i>densidade</i>	64,06	253,94	3,08	4.250,83
<i>fpmreceita</i>	0,34	0,11	0,04	0,71
<i>profsaude1</i>	18,89	8,01	4,87	55,4
<i>RCC</i>	0,79	0,11	0,47	1
<i>RVS</i>	0,85	0,1	0,56	1
<b>2017</b>				
<i>despaluno</i>	14.618,01	4.287,61	8.079,61	37.610,02
<i>alunoescola</i>	194,31	97,08	29	588
<i>medialunos</i>	19,32	3,27	9,9	29,1
<i>internet</i>	0,95	0,11	0	1
<i>urban</i>	0,77	0,28	0	1
<i>pibpc</i>	53.528,84	26.525,87	19.999,87	291.044,6
<i>densidade</i>	68,26	266,51	2,87	4391,47
<i>fpmreceita</i>	1,18	17,21	0,003	341,12
<i>profsaude1</i>	24,93	10,50	6,76	72,71
<i>RCC</i>	0,81	0,11	0,51	1
<i>RVS</i>	0,85	0,1	0,58	1

Fonte: elaborado pelos autores (2020).

O município que mais dependeu das transferências do FPM em relação a sua receita foi Nova Aliança do Ivaí em 2017 com um índice de 341, um valor incomparavelmente maior do que o observado em 2009 de 0,705 para o mesmo município. Se esse *outlier* fosse retirado, a média do *fpmreceita* para 2017 seria de 0,31 e o desvio padrão 0,11. Os municípios que mais dependem dos recursos do FPM têm em média 2000 habitantes, constando uma ou duas escolas.

A capital Curitiba apresenta a maior população, maior densidade demográfica e maior relação de profissionais da saúde por habitante. Observa-se que o Paraná é um estado em que a maioria das escolas estão em áreas urbanas e tem conexão com a internet. Os elevados erros

padrão da população e densidade refletem a estrutura hierárquica do território, que é composto por muitos municípios pequenos. Em 2017, apenas 20 municípios apresentaram uma população acima de 100 mil habitantes, e apenas um deles demonstrou uma densidade menor do que a média amostral: Guarapuava. Os poucos municípios maiores trazem grande variabilidade nessas variáveis.

As variáveis de aluno por escola e média de alunos por turma são importantes para análise da qualidade da educação ofertada, de acordo com Dourado e Oliveira (2009), pois menores valores podem indicar uma melhor condição de ensino. Em relação a primeira, o valor máximo de 851 alunos por escola é de Paraíso do Norte em 2009 - a cidade consta apenas uma escola e apresentou ineficiência nas estimações - enquanto a menor relação é de Guaraqueçaba do mesmo ano - quando foi eficiente com o DEA RVS. Sobre a média de alunos por turma, esta tem variabilidade menor, atingindo seu máximo em Jaboti (em 2009) e o mínimo em Guaraqueçaba em 2017.

Tabela 5 – Resultados do modelo de regressão MQO para os anos 2009 e 2017

Variáveis	MQO			
	RCC		RVS	
	2009	2017	2009	2017
<i>ln(despaluno)</i>	-0,1353*** (0,024)	-0,14021*** (0,0259)	-0,1095*** (0,022)	-0,0936*** (0,023)
<i>ln(alunoescola)</i>	0,0428** (0,02)	0,0115 (0,0167)	0,0173 (0,015)	-0,0105 (0,015)
<i>ln(medialunos)</i>	-0,2947*** (0,04)	-0,1470*** (0,045)	-0,2113*** (0,0427)	-0,0543 (0,041)
<i>Internet</i>	0,0980*** (0,03)	-0,0159 (0,056)	0,111*** (0,031)	0,0139 (0,050)
<i>Urban</i>	-0,0106 (0,02)	0,0678** (0,026)	-0,0156 (0,02)	0,045* (0,024)
<i>ln(pibpc)</i>	-0,0527*** (0,01)	-0,0489*** (0,014)	-0,0432*** (0,013)	-0,0430*** (0,013)
<i>ln(densidade)</i>	0,0262*** (0,07)	0,0138* (0,007)	0,0324*** (0,006)	0,0209*** (0,006)
<i>ln(fpmreceita)</i>	0,3968*** (0,06)	-0,0001 (0,00)	0,1460** (0,058)	-0,0003 (0,000)
<i>ln(profsaude1)</i>	0,0131 (0,01)	0,0202 (0,014)	0,0179 (0,012)	0,0234* (0,013)
<i>Constante</i>	2,8681*** (0,27)	2,9044*** (0,2948)	2,5226*** (0,255)	2,2281*** (0,266)
Observações	392	392	392	392
R <sup>2</sup>	0,3234	0,1528	0,2154	0,1355
I-Moran****	4,3593 (0,000)	3,6009 (0,000)	3,8361 (0,000)	4,8493 (0,000)
LM robusto (lag)****	0,0055 (0,941)	0,0108 (0,9171)	0,0165 (0,897)	0,0749 (0,784)
Dv r	4,1491 (0,000)	1,2810 (0,2577)	1,3926 (0,001)	2,4584 (0,000)

Fonte: Elaboração própria.

Notas: \*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01; \*\*\*\* p-valor entre parênteses.

A Tabela 5 apresenta os modelos de regressão *cross-section* para os anos 2009 e 2017, utilizando o estimador MQO<sup>8</sup>. O principal resultado desta tabela é de que a variável *despaluno* tem sinal negativo e é estatisticamente significativa para todos os modelos, corroborando com a literatura que indica uma relação negativa entre eficiência e despesas com educação tais como

<sup>8</sup> A título de comparação foi estimado o modelo Tobit para os anos 2009 e 2017 e os resultados se mantiveram (ver Apêndice).

Gouveia, de Souza e Tavares (2009) e Savian e Bezerra (2013) para o Paraná, Wilbert e D'Abreu (2013) para Alagoas, Domiciano e Almeida (2015) para a Paraíba, Moraes, Polizel e Crozatti (2017) para o estado de São Paulo. Isso reforça a tese de que esses gastos são, no geral mal alocados, principalmente em regiões maiores e com mais recursos.

A *medialunos* apresenta sinal negativo para todas as estimativas, implicando que municípios com turmas maiores tendem a apresentar menores índices de eficiência – o que apoia as considerações de Dourado e Oliveira (2009). Entretanto, a variável *alunoescola* apresenta efeitos positivos no modelo RCC de 2009, diferindo do estudo de Dourado e Oliveira (2009) que indicam que menores valores de alunos por escola é uma medida de qualidade da oferta de ensino. Uma hipótese para isso é que a nota do IDEB é composta por dois elementos, sendo um deles a taxa de rendimento escolar (número de aprovações), logo quanto mais alunos por escola maiores serão os números de aprovações, contribuindo positivamente para os *scores* de eficiência.

Outro fato interessante e não menos importante é que a proporção de escolas com internet afeta de maneira positiva os *scores* de eficiência, exceto para os modelos de 2017. Segundo Damiani et al., (2016) o acesso à internet aumenta o desempenho dos alunos. No entanto, Menezes-Filho (2007) descreve que variáveis ao nível de escola, tais como acesso à internet, tem efeitos positivos, porém reduzidos, sobre o desempenho dos alunos. A variável *urban* apresentou coeficiente positivo apenas para o ano de 2017. Isso quer dizer que a proporção de escolas urbanas em relação às rurais aumentam os *scores* de eficiência da educação nos municípios do Estado do Paraná. Resultado semelhante foi observado no estudo de Delgado e Machado (2007) para o estado de Minas Gerais, a explicação para isso se deve ao fato de que as escolas rurais possuem, em média, menos recursos, no sentido de infraestrutura, do que as localizadas nas cidades e isso afeta a eficiência delas. A pesquisa de Luquini, Castro e Parré (2019) sugerem incentivos as escolas do campo como forma de aumentar os índices educacionais no Estado do Paraná, como uma forma alternativa a urbanização.

Em relação ao PIB per capita, indica que não necessariamente os municípios mais ricos são os mais eficientes, como apontado nas pesquisas de Savian e Bezerra (2013), Wilbert e D'Abreu (2013) e Rodrigues e de Sousa (2019). Já a densidade demográfica apresentou efeito positivo e significativo entre 1% e 10% nos níveis de confiança para todos os modelos, como esperado. Esse resultado corrobora com as pesquisas de Miranda (2006) e Rocha et al. (2013) as quais apontaram que os melhores resultados são obtidos por municípios com maiores tamanhos populacionais. No entanto, ao avaliar a eficiência dos gastos em educação básica para os municípios cearenses, Aguiar Neto (2010) mostrou que os grandes municípios apresentam os piores resultados, enquanto a pesquisa de Rodrigues e de Sousa (2019) também apresentou resultados negativos entre população e os *scores* de eficiência da educação para os municípios brasileiros.

A proporção do FPM na receita municipal tem efeitos positivos para os anos de 2009 indicando que essa dependência pode estimular uma gestão mais eficiente em alguns casos. Vale destacar que a natureza do FPM é não vinculativa, logo os municípios não têm a obrigatoriedade de utilizar essa receita para custear aos gastos com educação, diferente do FUNDEB (Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica), implicando em diversas finalidades de gastos que o FPM pode oferecer. No entanto, há evidência empírica, como o estudo de Lins (2014) que o aumento de ambos os fundos nas receitas dos municípios melhora o desempenho do IDEB.

No que se refere a interação da variável de saúde pública com os *scores* de eficiência dos municípios, tem-se que o impacto da quantidade de profissionais de saúde por 10.000 habitantes (*profsaude1*) é significativa e positiva apenas para o modelo com RVS para o ano de 2017. Essa relação indica que essa variável, mesmo não tendo uma relação direta com os gastos públicos com educação, possibilitam captar algum efeito nos *scores* de eficiência da educação.

As evidências internacionais mostram que o desempenho escolar está relacionado positivamente com a saúde dos alunos como mostram as pesquisas de Behrman (1996) e Blumenshine (2008).

Tabela 6 – Resultados do modelo de regressão espacial SDEM para os anos 2009 e 2017

Variáveis	SDEM			
	RCC		RVS	
	2009	2017	2009	2017
<i>ln(despaluno)</i>	-0,1590*** (0,025)	-0,1545*** (0,026)	-0,1250*** (0,73)	-0,1002*** (0,023)
<i>ln(alunoescola)</i>	0,0370** (0,016)	0,006 (0,016)	0,0150 (0,015)	-0,0132 (0,014)
<i>ln(medialunos)</i>	-0,2756*** (0,045)	-0,1516*** (0,044)	-0,198*** (0,042)	-0,0667* (0,040)
<i>Internet</i>	0,1060*** (0,034)	-0,0164 (0,055)	0,114*** (0,03)	0,0146 (0,050)
<i>Urban</i>	0,0048 (0,026)	0,0617** (0,028)	-0,002 (0,024)	0,0365 (0,025)
<i>ln(pibpc)</i>	-0,0522*** (0,013)	-0,0486*** (0,014)	-0,044*** (0,012)	-0,0431*** (0,013)
<i>ln(densidade)</i>	0,0096 (0,008)	0,0032 (0,008)	0,024*** (0,060)	0,0181** (0,007)
<i>ln(fpmreceita)</i>	0,389*** (0,064)	-0,0002 (0,000)	0,1678*** (0,060)	-0,0004 (0,00)
<i>ln(profsaude1)</i>	0,0205 (0,013)	0,0259* (0,014)	0,0252** (0,012)	0,0259* (0,013)
<i>Wln(despaluno)</i>	0,1003* (0,056)	0,0641 (0,056)	0,0735 (0,051)	0,0253 (0,052)
<i>Wln(alunoescola)</i>	0,0549 (0,038)	0,0483 (0,036)	0,0370 (0,035)	0,0177 (0,034)
<i>Wln(medialunos)</i>	-0,1604 (0,113)	-0,0912 (0,099)	-0,140 (0,104)	-0,0354 (0,091)
<i>WInternet</i>	-0,0684 (0,075)	-0,2374** (0,124)	-0,0456 (0,069)	-0,2100* (0,116)
<i>WUrban</i>	-0,053 (0,057)	0,0359 (0,030)	-0,0291 (0,052)	0,0628 (0,050)
<i>Wln(pibpc)</i>	-0,063* (0,033)	0,0355 (0,030)	-0,0572*** (0,011)	0,0324 (0,028)
<i>Wln(densidade)</i>	0,033** (0,014)	0,0231 (0,014)	0,011 (0,013)	0,007 (0,013)
<i>Wln(fpmreceita)</i>	-0,1631 (0,033)	-0,0002 (0,001)	-0,2715** (0,129)	-0,000 (0,00)
<i>Wln(profsaude1)</i>	0,0599* (0,033)	-0,0368 (0,036)	0,0497 (0,031)	-0,0249 (0,033)
<i>Constante</i>	2,8566*** (0,809)	2,3769*** (0,715)	2,7405*** (0,739)	1,9739*** (0,678)
$\lambda$	0,3037*** (0,069)	0,2351*** (0,072)	0,2571*** (0,071)	0,3090*** (0,069)
Observações	392	392	392	392
R <sup>2</sup>	0,3930	0,2053	0,2762	0,2051
LR ****	16,1219 (0,000)	9,9157 (0,001)	10,9964 (0,000)	17,6622 (0,000)

Fonte: Elaboração própria.

Notas: \*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01; \*\*\*\* p-valor entre parênteses.

O modelo de MQO pode não captar os efeitos de dependência espacial, apresentando resultados viesados ou não eficientes. De fato, o teste de dependência espacial realizado pela estatística I-Moran mostrou evidências estatisticamente significantes de existência de

dependência espacial nos resíduos das regressões. Assim, é necessário proceder às estimações com modelos espaciais. Os testes LM robustos não se mostram conclusivos quanto a forma mais adequada do processo de dependência espacial, mas sinalizaram uma performance relativamente mais favorável para modelos com erro espacial conforme o p-valor. Foram estimados então os modelos SDM e SDEM e, avaliando-se os resultados do Critério de Informação de Akaike, constatou-se melhor performance para o modelo SDEM. Dessa forma, os resultados do modelo SDEM foram escolhidos para fins de reporte e análise (Tabela 6).

Os sinais dos parâmetros no modelo SDEM se mantiveram em relação ao MQO. Os coeficientes obtidos para a variável *despaluno* se mostraram um pouco mais intensos do que aqueles observados nas estimações MQO. Destaca-se que o coeficiente do erro autorregressivo espacial ( $\lambda$ ) apresentou significância estatística de 1% e sinal positivo para ambos os modelos e anos, indicando que existe uma associação espacial positiva nos *scores* de eficiência de natureza estocástica. Isso significa que eventuais choques locais de eficiência podem se propagar sobre os municípios vizinhos, aspecto que pode estar ligados ao transbordamento de processos de aprendizagem no espaço ou mesmo efeitos de competição inter-jurisdicional.

Grande parte das variáveis independentes espacialmente defasadas não se mostraram significativas e observa-se uma baixa robustez dentre aquelas que foram significantes em alguns modelos na medida em que deixaram de ser significantes em outros. Dessa forma, a interpretação sobre os efeitos dessas variáveis é inconclusiva. Contudo, optou-se por manter essas variáveis uma vez que elas auxiliam a controlar eventuais omissões de variáveis relevantes que sejam espacialmente correlacionadas, como discutido na seção anterior.

Esses resultados ressaltam a importância de se considerar o espaço em análises que procuram investigar a eficiência do gasto público com educação em uma determinada região visto que, as características econômicas, sociais e demográficas dos municípios podem impactar na performance da utilização do investimento público em educação infantil no seu território como também nos municípios vizinhos.

Por fim, cabe destacar algumas limitações desta pesquisa. A primeira delas se refere à ausência de dados anuais do IDEB para estimação de um painel completo dos anos. Outro ponto é que o coeficiente do erro autorregressivo espacial apresentou significância indicando que os efeitos não captados pelo modelo apresentam autocorrelação espacial positiva. No entanto, mesmo diante destas limitações os resultados evidenciam que variáveis ao nível de escola, socioeconômicas e de saúde impactam nos *scores* de eficiência dos municípios do Estado do Paraná. Desse modo, observa-se que em todo o Estado do Paraná, por mais que existam condições econômicas favoráveis, coexistem carências socioeconômicas regionais importantes que impactam negativamente na educação, logo não necessariamente o aumento dos gastos com educação seja eficaz para o aumento índices escolares, mas também que o município propicie condições satisfatórias aos alunos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou identificar a eficiência dos gastos públicos com educação básica nos municípios do Estado do Paraná entre 2009 e 2017 e analisar o efeito de variáveis educacionais e socioeconômicas sobre a performance dos *scores* de eficiência. Para isso, utilizou-se o método da Análise Envoltória de Dados (DEA) para medir a eficiência da educação dos municípios e, em seguida, aplicou-se uma abordagem econométrica espacial para avaliar os condicionantes socioeconômicos dos índices de eficiência estimados pelo DEA.

Os resultados do IDEB melhoram no período analisado para os municípios do Estado do Paraná. Os municípios que apresentam as maiores notas encontram-se nas mesorregiões do Norte Central, Oeste e Sudoeste. Já os municípios que apresentam as menores notas encontram-se nas mesorregiões Centro Oriental, Centro Sul e Metropolitana de Curitiba. Sobre o DEA,



percebe-se que não necessariamente os municípios que possuem os melhores indicadores do IDEB também possuem os melhores *scores* de eficiência. O inverso também é verdadeiro, ou seja, os municípios que possuem os piores IDEB não necessariamente possuem os piores *scores* de eficiência. Isso significa que os municípios poderiam alcançar melhores performances com a redução dos insumos ou poderiam produzir melhores indicadores educacionais com os mesmos insumos.

Os efeitos captados das covariáveis nos modelos OLS e SDEM apresentaram sinais e significância similares. Dentre os resultados, cabe destacar como mais relevante o caso dos efeitos negativos sobre os índices de eficiência observados para as variáveis educacionais como gasto por aluno e número médio de alunos por turma. Essas evidências corroboram com outros estudos da literatura e representam importantes implicações de política. Considerando esses resultados em conjunto, seria possível melhorar a performance de eficiência do ensino básico com a redução do número de alunos por turma e buscar reduzir potenciais impactos orçamentários melhorando a gestão dos recursos já destinados para o ensino uma vez que a relação negativa observada para o gasto por aluno indica uma distorção alocativa no uso dos recursos públicos.

## REFERÊNCIAS

- AFONSO, A.; AUBYN, M. St. Non-parametric approaches to education and health efficiency in OECD countries. *Journal of applied economics*, v. 8, n. 2, p. 227-246, 2005.
- AGUIAR NETO, J. C. Análise de eficiência dos gastos públicos em educação no município de Meruoca. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará, 2010.
- ALVES, P. J. H.; ARAÚJO, J. M.; FRIO, G. S.; CORDEIRO, L. C. Uma Análise dos Resultados Educacionais dos Estados Brasileiros. *In: Encontro Nacional de Estudos Regionais e Urbanos – Rio de Janeiro, 2019*. Disponível em: <<https://brsa.org.br/wp-content/uploads/wpcf7-submissions/1117/Uma-An%C3%A1lise-dos-Resultados-Educacionais-dos-Estados-Brasileiros.pdf>>. Acesso em: 03. jun. 2020.
- ANDRADE, B. H. S.; SERRANO, A. L. M.; BASTOS, R. F. S.; FRANCO, V. R. Eficiência do Gasto Público no Âmbito da Saúde: uma análise do desempenho das capitais brasileiras. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, v. 38, n. 132, p. 163-179, 2017.
- ANSELIN, L. *Spatial econometrics: methods and models*. Springer, 1988.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- BANKER, R. D.; NATARAJAN, R. Evaluating contextual variables affecting productivity using data envelopment analysis. *Operations research*, v. 56, n. 1, p. 48-58, 2008.
- BANKER, R.; NATARAJAN, R.; ZHANG, D. Two-stage estimation of the impact of contextual variables in stochastic frontier production function models using data envelopment analysis: second stage OLS versus bootstrap approaches. *European Journal of Operational Research*, v. 278, n. 2, p. 368-384, 2019.
- BARROS, R. P. de; MENDONÇA, R. Investimentos em educação e desenvolvimento econômico. *Texto para Discussão*, Ipea: 1997.
- BEGNINI, S.; TOSTA, H. T. A eficiência dos gastos públicos com a educação fundamental no Brasil: uma aplicação da análise envoltória de dados (DEA). *Revista Economia & Gestão*, v. 17, n. 46, p. 43-59, 2017.
- BEHRMAN, J. R. The impact of health and nutrition on education. *The World Bank Research Observer*, v. 11, n. 1, p. 23-37, 1996.
- BLUMENSHINE, S. L.; VANN J. R. W.F.; GIZLICE, Z.; LEE, J. Y. Children's school performance: impact of general and oral health. *Journal of public health dentistry*, v. 68, n. 2, p. 82-87, 2008.

ÇELEN, A. Efficiency and productivity (TFP) of the Turkish electricity distribution companies: An application of two-stage (DEA&Tobit) analysis. *Energy Policy*, v. 63, p. 300-310, 2013.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through. *Management science*, v. 27, n. 6, p. 668-697, 1981.

CROZATTI, J.; DE OLIVEIRA SILVA, C. E.; MAHLMEISTER, R. S.; MACHADO, G. S.; FERREIRA, F. A.; SERPA, A. M. O gasto orçamentário dos municípios paulista na educação fundamental: avaliação do elemento de despesa e o IDEB de 2008 a 2017. *In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC*, 2018.

DAMIANI, M. F.; BIELEMANN, R. M.; MENEZES, A. B.; GONÇALVES, H. Afinal, o uso doméstico do computador está associado à diminuição da reprovação escolar? Resultados de um estudo longitudinal. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v. 24, n. 90, p. 59-81, 2016.

DELGADO, V. M. S.; MACHADO, A. F. Eficiência das escolas públicas estaduais de Minas Gerais. *Revista Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 37, n. 3, 2007.

DIAZ, M. D. M. Qualidade do gasto público em educação no Brasil. *In: Qualidade do gasto público no Brasil: sugestões para melhorar os resultados das políticas públicas, sem aumento de impostos*. Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – FIPE. São Paulo, nov. 2007. Disponível em: <[https://repositorio.usp.br/single.php?\\_id=002297800&locale=en\\_US](https://repositorio.usp.br/single.php?_id=002297800&locale=en_US)>. Acesso em: 3 jun. 2020.

DIAZ, M. D. M. Qualidade do gasto público municipal em ensino fundamental no Brasil. *Revista de Economia Política*, 32: 128-141, 2012.

DOMICIANO, F. L.; ALMEIDA, A.T.C de. Gastos Públicos Municipais e os Resultados do IDEB: evidências para os municípios paraibanos. *Economia e Desenvolvimento*, v. 14, n. 1, p. 44-54, 2015.

DOURADO, L. F.; OLIVEIRA, J. F. A qualidade da educação: perspectivas e desafios. *Cadernos Cedes*, v. 29, n. 78, p. 201-215, 2009.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; NORRIS, M.; ZHANG, Z. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *The American economic review*, p. 66-83, 1994.

FERNANDES, R.; NARITA, R. D. T. Instrução superior e mercado de trabalho no Brasil. *Economia aplicada*, v. 5, n. 1, p. 7-32, 2001.

GOLGHER, A. B. *Introdução a econometria espacial*. Paco Editorial: Jundiaí, 2015.

GOUVEIA, A. B.; DE SOUZA, Â. R.; TAVARES, T. M. O IDEB e as políticas educacionais na região metropolitana de Curitiba. *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 20, n. 42, p. 45-57, 2009.

HANUSHEK, E. A. The production of education, teacher quality, and efficiency. *In: U.S. Office of Education. Do teachers make a difference?* Washington, D.C.: Government Printing Office, 1970.

HECKMAN, J. J. The case for investing in disadvantaged young children. *CESifo DICE Report*, v. 6, n. 2, p. 3-8, 2008.

JOHNES, Jill. Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. *Economics of education review*, v. 25, n. 3, p. 273-288, 2006.

LINS, F. G. S. Recursos do FPM e FUNDEB: impacto no desempenho escolar nos municípios cearenses nos triênios 2007, 2009 e 2011. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará, 2014.

LUQUINI, R. H.; CASTRO, G. H. L.; PARRÉ, J. L. Análise espacial da taxa de alfabetização e sua relação com os aspectos socioeconômicos nos municípios paranaenses. *Economia e Desenvolvimento*, v. 31, p. 3, 2019.

MARQUES, F. C.; CAMARA, M. R. G. A eficiência das instituições de ensino superior públicas e privadas para o curso de ciências econômicas. *In: Encontro da ANPEC-SUL*. 2018. Disponível em: <[https://www.anpec.org.br/encontro/2018/submissao/files\\_I/i8-d46c213970aa1327a6da12fb8bee44e3.pdf](https://www.anpec.org.br/encontro/2018/submissao/files_I/i8-d46c213970aa1327a6da12fb8bee44e3.pdf)>. Acesso em: 05 jun. 2019.

MENEZES FILHO, N. A.; AMARAL, L. F. L. A relação entre gastos educacionais e desempenho escolar. *In: Encontro nacional de economia*, 36., 2008. Disponível em:

<<http://www.anpec.org.br/encontro2008/artigos/200807201800160-.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2020.

MENEZES-FILHO, N. A. *Determinantes do desempenho escolar no Brasil*, 2007. Disponível em: <[http://www.cepe.ecn.br/seminarioiv/download/menezes\\_filho.pdf](http://www.cepe.ecn.br/seminarioiv/download/menezes_filho.pdf)>. Acesso em: 4 maio 2020.

MIRANDA, R. B. Uma avaliação da eficiência dos municípios brasileiros na provisão de serviços públicos usando “data envelopment analysis”. *Boletim de Desenvolvimento Fiscal*, p. 600-621, 2006.

MORAES, V. M.; POLIZEL, M. F.; CROZATTI, J. Eficiência dos gastos municipais com a educação fundamental: uma análise dos municípios paulistas no ano de 2013. *Revista Contabilidade e Controladoria*, v. 9, n. 2, 2017.

ROCHA, F.; DUARTE, J.; GADELHA, S. R. B.; OLIVEIRA, P. P.; PEREIRA, L. F. V. N. É possível atingir as metas para a educação sem aumentar os gastos? Uma análise para os municípios brasileiros. *Texto para Discussão*, 2013. Disponível em: <<https://publicacoes.tesouro.gov.br/index.php/textos/issue/view/texto15>>. Acesso em: 15 maio de 2019.

RODRIGUES, A. M. G.; DE SOUSA, E. P. Eficiência dos gastos públicos em educação básica nos municípios brasileiros. *Economic Analysis of Law Review*, v. 10, n. 1, p. 193-219, 2019.

ROSANO-PEÑA, C.; ALBUQUERQUE, P. H. M.; MARCIO, C. J. A eficiência dos gastos públicos em educação: evidências georreferenciadas nos municípios goianos. *Economia Aplicada*, v. 16, n. 3, p. 421-443, 2012.

SAMUT, P. K.; CAFRI, R. Analysis of the efficiency determinants of health systems in OECD countries by DEA and panel tobit. *Social Indicators Research*, v. 129, n. 1, p. 113-132, 2016.

SAVIAN, M. P. G.; BEZERRA, F. M. Análise de eficiência dos gastos públicos com educação no ensino fundamental no Estado do Paraná. *Economia & Região*, v. 1, n. 1, p. 26-47, 2013.

SCARPIN, J. E.; SLOMSKI, V. Estudo dos fatores condicionantes do índice de desenvolvimento humano nos municípios do Estado do Paraná: instrumento de controladoria para a tomada de decisões na gestão governamental. *Revista de Administração Pública-RAP*, v. 41, n. 5, p. 909-933, 2007.

SCARPIN, J. E.; MACÊDO, F. F. R. R.; STAROSKY FILHO, L.; RODRIGUES JÚNIOR, M. M. Análise da eficiência dos recursos públicos direcionados à educação: estudo nos municípios do estado de Santa Catarina. *Gestão Pública: Práticas e Desafios*, v. 3, n. 2, 2012.

SCHULTZ, T. W. Investment in human capital. *The American economic review*, v. 51, n. 1, p. 1-17, 1961.

SHEPHARD, R. *Theory of Cost and Production Functions*, Princeton University Press, Princeton, 1970.

SIMAR, L.; WILSON, P. W. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of econometrics*, v. 136, n. 1, p. 31-64, 2007.

STERN, N. Foreword. In: MEIER, G. M.; STIGLITZ, J. E. (Ed.). *Frontiers of development economics: the future in perspective*. The World Bank, 2001.

TROMPIERI NETO, N.; LOPES D. A. F.; BARBOSA, M. P.; BARBOSA, M. Determinantes da eficiência dos gastos públicos municipais em educação e saúde: O caso do Ceará. *Encontro Economia do Ceará em Debate*, Fortaleza, 4. 2008

WILBERT, M. D.; D’ABREU, E. C. C. F. Eficiência dos gastos públicos na educação: análise dos municípios do estado de alagoas. *Advances in Scientific and Applied Accounting*, v. 6, n. 3, p. 348-372, 2013.

ZOGHBI, A. C.; MATTOS, E. M.; ROCHA, F. R. R.; ARVATE, P. A. Uma análise da eficiência nos gastos em educação fundamental para os municípios paulistas. *Planejamento e políticas públicas*, n. 36, 2011.

## Apêndice

Apêndice 1 – Resultados do modelo de regressão Tobit para os anos 2009 e 2017

Variáveis	Tobit			
	RCC		RVS	
	2009	2017	2009	2017
<i>ln(despaluno)</i>	-0,1354*** (-0,0243)	-0,1402*** (-0,0257)	-0,1096*** (-0,0225)	-0,0936*** (-0,0232)
<i>ln(alunoescola)</i>	0,0428** (-0,0168)	0,0116 (-0,0165)	0,0174 (-0,0156)	-0,0105 (-0,0149)
<i>ln(medialunos)</i>	-0,2948*** (-0,0456)	-0,1470*** (-0,0449)	-0,2113*** (-0,0422)	-0,0543 (-0,0406)
<i>internet</i>	0,0980*** (-0,0336)	-0,016 (-0,0557)	0,1114*** (-0,0311)	0,014 (-0,0503)
<i>urban</i>	-0,0106 (-0,0257)	0,0678** (-0,0266)	-0,0157 (-0,0239)	0,0460* (-0,024)
<i>ln(pibpc)</i>	-0,0527*** (-0,014)	-0,0490*** (-0,0146)	-0,0432*** (-0,013)	-0,0431*** (-0,0132)
<i>ln(densidade)</i>	0,0262*** (-0,0071)	0,0138** (-0,007)	0,0325*** (-0,0066)	0,0209*** (-0,0063)
<i>fpmreceita</i>	0,3969*** (-0,0626)	-0,0002 (-0,0003)	0,1460** (-0,058)	-0,0004 (-0,0003)
<i>ln(profsaude1)</i>	0,0131 (-0,013)	0,0203 (-0,0146)	0,018 (-0,012)	0,0235* (-0,0132)
<i>Constante</i>	2,8681*** (-0,2721)	2,9045*** (-0,291)	2,5227*** (-0,2521)	2,2281*** (-0,2631)
Observações	392	392	392	392
Log Likelihood	373,1962	345,2263	403,1226	384,697
Teste de Wals (df = 11)	187,3861***	70,7016***	107,6299***	61,4832***

Fonte: Elaboração própria.

Nota: \*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01.