

# ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS MUNICÍPIOS PARAENSES RECEBEDORES DA COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO MINERAL NO ANO DE 2017

Josley Nogueira Nascimento<sup>1</sup>  
Juliana de Sales Silva<sup>2</sup>  
Dyeggo Rocha Guedes<sup>3</sup>

---

DOI: <https://doi.org/10.36113/rec.v7i1.3599>

---

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é mensurar a eficiência técnica dos municípios paraenses arrecadadores dos *royalties* da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM), no ano de 2017, em três áreas: i) atividade econômica; ii) educação, e iii) saúde. Ademais, este trabalho pretende identificar os principais fatores que contribuem para as eficiências encontradas. Para cumprir com esses objetivos, foram utilizados três métodos: *Propensity Score Matching*; Análise Envoltória de Dados (DEA); e Regressão Truncada com *bootstrap*. Os resultados alcançados sugerem que a arrecadação da CFEM não é um fator predominante para garantir a eficiência na alocação dos recursos, e isso significa que maiores níveis de receitas públicas não significam necessariamente melhores condições de vida para a população. Além disto, os resultados também indicam que a variável renda é de suma importância para ampliar o acesso aos serviços de educação e saúde de qualidade, e uma possível melhoria da sua distribuição pode contribuir de forma significativa para a redução da pobreza.

**Palavras-chave:** CFEM. Eficiência. Atividade econômica. Educação. Saúde.

## ANALYSIS OF THE TECHNICAL EFFICIENCY OF THE MUNICIPALITIES OF PARÁ THAT RECEIVED THE FINANCIAL COMPENSATION FOR MINERAL EXPLORATION IN THE YEAR 2017

**Abstract:** The objective of this work is to measure the technical efficiency of the municipalities of Pará that collected royalties from the Financial Compensation for Mineral Exploration (CFEM), in 2017, in three areas: i) economic activity; ii) education, and iii) health. Furthermore, this work intends to identify the main factors that contribute to the efficiencies found. To fulfill these objectives, three methods were used: *Propensity Score Matching*; *Data Envelopment Analysis (DEA)*; and *Bootstrapped Truncated Regression*. The results achieved suggest that the

---

<sup>1</sup> Graduação em Ciências Econômicas (UNIFESSPA). E-mail: josleynascimento@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutorado em Economia Aplicada (UFV), Mestrado em Economia (UFPE), Graduação em Ciências Econômicas (UFMG). Docente da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6739-1478>. E-mail: juliana.sales@unifesspa.edu.br.

<sup>3</sup> Doutorado em Economia (UFRGS), Mestrado em Economia (UFU), Graduação em Ciências Econômicas (UEFS). Docente da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA). ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3699-4468>. E-mail: dyeggorguedes@unifesspa.edu.br.

collection of CFEM is not a predominant factor to ensure efficiency in the allocation of resources, and this means that higher levels of public revenues do not necessarily mean better living conditions for the population. In addition, the results also indicate that the income variable is of paramount importance to expand access to quality education and health services, and a possible improvement in its distribution can significantly contribute to reducing poverty.

**Keywords:** CFEM. Efficiency. Economic activity. Education. Health.

**JEL Codes:** D22; I18; I28.

## 1 INTRODUÇÃO

A Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM), ou *royalties* da mineração, é o direito estabelecido pela Constituição de 1988, que determina o pagamento, por parte de produtores minerais, à União, estados, Distrito Federal e municípios, pelo direito de exploração e comercialização de recursos de seus territórios. Quanto à utilização, este recurso deve ser direcionado para o desenvolvimento de políticas públicas que tenham como objetivo melhorar a qualidade de vida das regiões nas áreas de saúde, educação, infraestrutura e outros. Além disso, é importante que essa alocação busque minimizar as externalidades sociais e ambientais causadas pela atividade mineral. No entanto, segundo a Constituição de 1988, não há obrigatoriedade quanto aos fins de aplicação da CFEM, há apenas a ressalva de que estes esses recursos não podem ser utilizados para o pagamento de dívidas e despesas correntes com pessoal. Por meio da Lei nº 13.540 de 18 de dezembro de 2017, por outro lado, passou-se a orientar que os recursos da CFEM, recebidos por estados e municípios, sejam preferencialmente destinados para atividades relativas à diversificação econômica, ao desenvolvimento mineral sustentável e ao desenvolvimento científico e tecnológico em, pelo menos, 20% (INESC, 2019).

No Brasil, segundo dados da Agência Nacional de Mineração (ANM), no ano de 2018, dos 5.570 municípios, 2.577 municípios, ou 46,27% do total, foram beneficiários do recebimento de *royalties* por terem sido impactado por algum processo da atividade extrativista. Esses municípios receberam, ao todo, o equivalente a pouco mais de R\$ 3 bilhões de *royalties* da mineração, naquele ano. Deste valor, cerca de 45,4%, aproximadamente, foram destinados a municípios localizados na região Sudeste do País, principalmente para o estado de Minas Gerais. A segunda maior região brasileira em quantidade de arrecadação de *royalties* da mineração é a região Norte, onde localiza-se o estado do Pará. No ano de 2018, a região Norte recebeu pouco mais de R\$ 1 bilhão de reais de *royalties* da mineração, o que representa, aproximadamente, 44% do total arrecadado em todo o País neste período. O estado do Pará, em 2018, se destacou no contexto nacional como o segundo maior receptor de recursos da CFEM. Do total de seus 144 municípios, 63 são recebedores (ANM, 2018). Entre os anos de 2008 e 2018, por exemplo, houve um aumento expressivo no volume de recursos absolutos recebidos da CFEM, por volta de 440%, aproximadamente. Em termos nominais, o recurso saiu de pouco mais de R\$ 230 milhões de reais em 2008, para algo em torno de R\$ 1,3 bilhões de reais, aproximadamente, em 2018. Cabe destacar também que o Pará se destaca por ter os dois municípios que mais recebem *royalties* da CFEM entre os cinco maiores do Brasil, que são Parauapebas, com 22,6% da arrecadação, e Canaã dos Carajás, com 11,3% da arrecadação (ANM, 2018).

Apesar desses dados, o estado do Pará ainda apresenta baixo desempenho em seus indicadores socioeconômicos. Em 2017, por exemplo, o estado possuía uma renda per *capita* de R\$ 468,49, 3ª pior dentre todos os estados brasileiros, e 56,15% abaixo da média nacional, que é de R\$ 834,31. Conjuntamente, neste mesmo ano, o estado possuía 43,82% de sua

população em situação de vulnerabilidade e pobreza (IBGE, 2017). Já em relação à educação, segundo dados do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), o índice de qualidade do ensino público, considerando a 3ª série do ensino médio, saiu de 2,7 em 2007, para 3,1 em 2017, um crescimento de apenas 15%, aproximadamente, para o período. Foi o pior desempenho do Brasil nesse quesito, em 2007, e o segundo pior em 2017 (IDEB, 2018). Além disso, segundo o IBGE, no ano de 2017, o Pará foi o 8º estado brasileiro com a pior expectativa de vida, de aproximadamente 72 anos, desempenho abaixo da média nacional que é de 76 anos. Esses resultados indicam que, dentre outros fatores, pode existir baixa eficiência estrutural de alocação dos recursos da CFEM nos municípios arrecadadores do estado, e isso implica a necessidade de buscar, de maneira urgente, alternativas para a superação desses problemas.

Com base nesses dados, esse trabalho tem como objetivo analisar a eficiência técnica dos municípios paraenses arrecadadores dos *royalties* da CFEM nos âmbitos da atividade econômica, educação e saúde para o ano de 2017. Entende-se que essa análise pode fornecer informações que permitam aos gestores e formuladores de políticas públicas a buscarem alternativas para melhorar a aplicação da CFEM em suas localidades. Para alcançar esse objetivo, esse trabalho lança mão de duas metodologias, o *Propensity Score Matching* e a Análise Envoltória de Dados (DEA). A primeira metodologia permite o pareamento mais adequado entre os municípios que arrecadam e aqueles que não arrecadam CFEM para, a partir do DEA, estimar as respectivas eficiências técnicas nos âmbitos selecionados. Por fim, com o objetivo de compreender melhor os resultados para as eficiências encontradas, o trabalho estima uma Regressão Truncada com *bootstrap* para identificar os principais fatores que contribuíram para explicá-las.

Além desta introdução, o trabalho está estruturado em outras quatro seções. Na segunda seção será apresentada e discutida as teorias de eficiência técnica que embasam este trabalho, bem como será feita uma exposição da literatura sobre o tema. A terceira seção apresentará a estratégia empírica empregada para alcançar os objetivos propostos. A quarta seção irá realizar uma exposição e discussão dos resultados. Por fim, a última seção trará as considerações finais do trabalho.

## 2. EFICIÊNCIA TÉCNICA E OS RESULTADOS DA LITERATURA

O primeiro indicador de eficiência produtiva foi apresentado pelo economista americano Gerard Debreu em 1951, em seu artigo *The Coefficient of Resource Utilization*. Seu indicador de eficiência tem como principal objetivo determinar uma minimização de utilização de recursos de uma empresa de forma eficiente no sentido de Pareto. Posteriormente, a partir das ideias de Debreu, Michael J. Farrell, em seu artigo *The Measurement of Productive Efficiency* de 1957, desenvolveu um indicador inovador que determina a eficiência de uma empresa dependendo de dois fatores de recursos de produção: o técnico e o alocativo. O primeiro refere-se a uma combinação ótima de fatores de produção (insumos) para se obter o máximo de produto, enquanto o segundo refere-se a uma combinação ótima desses fatores de produção, levando em perspectiva os seus preços relativos.

Avançando nos conceitos estabelecidos por Farrell (1957), Coelli et al. (2005) dividem a análise da eficiência técnica pela ótica do insumo (*input*) ou produto (*output*), isto é, pela utilização de insumos na produção ou na quantidade final. A ótica *input* aborda como é possível reduzir os insumos de produção sem diminuir a quantidade produzida por uma empresa, enquanto a ótica *output* aborda como se expande a quantidade produzida sem alterar os insumos da produção.

Quanto aos trabalhos que mensuram a eficiência técnica na utilização de *royalties*, é possível afirmar, com base no levantamento realizado da literatura, que há relativa escassez. Há

estudos específicos acerca do recebimento de *royalties* como os trabalhos de Queiroz e Postali (2010) e Tavares e Almeida (2014) a nível nacional, e os trabalhos de Enriquez (1998) e Hijazi, Pires e Licorio (2015), que investigam o tema a nível de uma região específica. Já estudos voltados especificamente sobre a mensuração da eficiência técnica na utilização desses *royalties*, destacam-se alguns tratam da CFEM, como os trabalhos de Rodrigues e Silveira (2009), Gomes et al. (2015), Castro, Negrão e Gomes (2016) e Rodrigues e Teixeira (2017).

Rodrigues e Silveira (2009) buscaram estudar a eficiência na aplicação de recursos destinados às áreas sociais e às atividades econômicas distintas à mineração nos municípios mineradores da região central do estado de Minas Gerais, no ano de 2007. Como metodologia, utilizaram a Análise Envoltória de Dados (DEA) com base em variáveis de atividade econômica, educação, saúde e saneamento básico, de modo a desempenhar uma comparação de eficiência entre os municípios mineradores e não mineradores. Os resultados obtidos demonstraram que os municípios mineradores apresentaram resultados inferiores em relação aos municípios não mineradores nas áreas de saúde, educação e saneamento básico, indicando que os recursos da CFEM talvez estejam sendo utilizados de forma ineficientes pelos municípios com extração mineral. A única área que esses municípios apresentaram resultados positivos foi na atividade econômica, fator que pode ser explicado pela concentração de empresas ao entorno dessas localidades. Em relação à sustentabilidade socioeconômica, estes municípios não obtiveram esse fator, já que os desenvolvimentos das áreas sociais dos mesmos não acompanharam o aumento da produção mineral e da arrecadação da CFEM.

Gomes et al. (2015) analisaram em seu estudo a eficiência técnica da aplicação dos recursos da CFEM nos indicadores socioeconômicos dos municípios mineradores da Região Norte do Brasil, no ano de 2010. Os autores utilizaram como metodologia a Análise Envoltória de Dados (DEA), com variáveis de atividade econômica, saúde, educação e saneamento básico. Os resultados obtidos demonstraram que 60% dos municípios mineradores e 22% dos municípios não mineradores da Região Norte apresentaram eficiência na utilização de dos recursos da CFEM. No entanto, os autores ressaltaram que mesmo apresentando melhores resultados, os indicadores socioeconômicos selecionados ainda se mostram muito abaixo do esperado, indicando que os municípios mineradores devam buscar realocar de uma forma ainda melhor os recursos da compensação financeira.

O trabalho de Castro, Negrão e Gomes (2016), por sua vez, objetivou calcular e analisar a eficiência da aplicação dos recursos compensatórios da exploração mineral por parte dos municípios mineradores da região Norte do Brasil no ano de 2010. Além disso, a partir dos resultados encontrados, o trabalho buscou fazer uma comparação dos indicadores sociais entre os municípios mineradores e os não mineradores. Para isso, os autores utilizaram como metodologia a Análise Envoltória de Dados (DEA), a partir de variáveis de atividade econômicas, educação, saúde e saneamento básico. Os resultados obtidos para os 125 municípios analisados na pesquisa, com 25 municípios mineradores e 100 não mineradores, indicaram que 60% dos municípios mineradores foram eficientes na alocação dos seus recursos para a melhoria das variáveis citadas, e cerca de 22% dos municípios não mineradores também foram eficientes na melhoria destas variáveis. Apesar disso, ambos os tipos de municípios apresentaram baixa eficiência média nos setores de saúde, educação e saneamento básico, demonstrando que a alocação de recursos nesses setores ainda é insuficiente por ambos os municípios.

Rodrigues e Teixeira (2017), por sua vez, analisaram os determinantes da (in)eficiência dos gastos públicos em educação, principalmente nos anos iniciais do ensino fundamental, dos 20 municípios mineradores do estado de Minas Gerais que mais receberam *royalties* da mineração no ano de 2013. Para alcançar tais objetivos, foi utilizada uma metodologia em dois estágios, na qual a primeira consistiu na Análise Envoltória de Dados (DEA), enquanto a segunda, uma regressão Tobit. A partir disso, os autores observaram que 85% dos municípios

apresentaram forte ou moderada ineficiência, indicando que o aumento de arrecadação de compensação financeira não foi acompanhado de melhoria da educação.

Cabe ressaltar, porém, que os autores indicam que os resultados de uma melhoria na alocação desses recursos para a educação só poderão ser comprovados no longo prazo, já que o impacto do aumento de gastos nessa área não é imediato, ou seja, leva tempo para se concretizar.

### 3. METODOLOGIA, ESTRATÉGIA EMPÍRICA E DADOS

#### 3.1 Propensity Score Matching (PSM)

O método PSM permite a criação de dois grupos, um de tratamento, e outro contrafactual, denominado grupo de controle ou de não tratados, para o tratamento de variáveis seguindo o pareamento de características preestabelecidas. De acordo com Gertler et al. (2018), o pareamento utiliza, essencialmente, técnicas estatísticas para criar um grupo de comparação artificial. Para cada possível unidade do grupo de tratamento, o método procura encontrar uma unidade de não tratamento que possua as características mais semelhantes possíveis. Segundo Becker e Ichino (2002), o PSM é uma maneira de “corrigir” a estimativa dos efeitos do tratamento, controlando a existência de fatores de dessemelhanças, com base na ideia de que o viés é reduzido quando a comparação dos resultados é realizada usando grupos de tratados e não tratados que sejam mais semelhantes.

Assim, com base na utilização deste método, cada participante é pareado com um não-participante similar, e a diferença média dos resultados ao longo dos dois grupos (tratados e os não tratados), isto é, os resultados das variáveis de interesse (atividade econômica, educação, saúde) são comparados, para se obter o efeito do tratamento. Neste trabalho, o efeito do tratamento se refere ao recebimento dos recursos da CFEM (SILVEIRA, 2015). Os participantes que não obtiverem nenhum escore são descartados, já que isto inviabiliza sua base para comparação<sup>4</sup>.

Khandker, Koolwal e Samad (2009) determinam o PSM como a construção de um grupo de comparação estatística que se baseia em um modelo de probabilidade de participação do tratamento  $T$ , dependente das características observadas  $X$  ou a pontuação de propensão, como apresentado na seguinte equação:

$$P(X) = \Pr(T = 1|X) \quad (1)$$

Neste trabalho,  $T$  é uma variável binária que assume valor 1 se o município está no grupo de tratamento, municípios paraenses que recebem os *royalties* da mineração, CFEM, e 0 caso contrário, ou seja, o grupo de municípios paraenses que não recebem esse recurso – não tratados, ou grupo de controle. A variável  $X$ , por sua vez, refere-se ao vetor de características observáveis que afetam esse recebimento.

Destaca-se que o pareamento deve ser, preferencialmente, feito com base em características anteriores à situação analisada, no caso deste trabalho, antes do recebimento dos recursos da CFEM. Quando não se possui tais dados, deve-se escolher variáveis explicativas que não podem ser resultados do tratamento analisado (GERTLER et al., 2018).

<sup>4</sup> Apesar de alguns municípios receberem pouco recurso da CFEM, estes foram considerados como tratados em função de a análise não ser especificamente da eficiência do recurso da CFEM, e sim dos municípios que recebem algum recurso da mineração, ou seja, em relação a toda a renda do município.

Em geral, o PSM é estimado por modelos paramétricos, como os modelos *Logit* ou *Probit* (CAMERON, TRIVEDI; 2005). Devido às particularidades de determinados dados estatísticos e amostras, por vezes faz-se necessário o uso da técnica do PSM combinada a outro método. Quando existem características não observáveis que não são incorporadas pelo PSM, de modo que o resultado não explique por que determinado grupo possui certo comportamento, combina-se o PSM a técnicas como diferenças em diferenças, controle sintético e vizinho mais próximo, além de outras. Neste trabalho, foi utilizada a técnica do vizinho mais próximo, por ser uma das mais utilizadas pela literatura.

Os pressupostos necessários para a identificação do efeito do tratamento são: a) presença de independência condicional; e b) presença de um apoio comum. A independência condicional afirma que, dado um conjunto de variáveis observáveis,  $X$ , que não são afetados pelo tratamento, os resultados potenciais,  $Y$ , são independentes da atribuição do tratamento,  $T$ . Essa independência condicional é determinada pela equação (2), com  $Y_i^T$  representando os resultados para os participantes, e  $Y_i$  representando os não tratados (KHANDKER; KOOLWAL; SAMAD, 2009).

$$(Y_i^T, Y_i) \perp T_i | X_i \quad (2)$$

De acordo com Khandker, Koolwal e Samad (2009), como o método de pareamento é um procedimento que visa parear um grupo tratado com um não tratado, se há determinação da participação no tratamento a partir de características não observáveis, a independência condicional será violada e o PSM se tornará um método inapropriado para a pesquisa. Já a suposição de apoio comum afirma que as observações do tratamento devem ser possíveis de comparação com os resultados dentro do intervalo da distribuição do escore de propensão. Esta situação é apresentada em (3):

$$0 < P(T_i = 1 | X_i) < 1 \quad (3)$$

A eficácia do PSM depende da existência de um grande e aproximado número igual de observações dos participantes e dos não participantes, de modo que uma região substancial de suporte comum possa ser encontrada. Dessa forma, as unidades de tratamento deverão, ser semelhantes às unidades de não tratamento em termos de características observadas não afetadas pelo recebimento da CFEM. Assim, algumas unidades de não tratamento podem ter que ser descartadas para garantir a comparabilidade do método (KHANDKER; KOOLWAL; SAMAD, 2009).

Com base nisto, a utilização desta metodologia possibilitou alcançar o objetivo de comparar a eficiência dos municípios que recebem ou não recursos da CFEM.

### 3.2 Análise Envoltória de Dados (DEA)

Após a utilização do *Propensity Score Matching* para o tratamento dos dados e a determinação de dois grupos comparáveis, esses grupos puderam ser considerados prontos para a mensuração de suas eficiências técnicas, sem a interferência de vieses que poderiam prejudicar a análise. Assim, foi possível comparar os escores de eficiência técnica de cada grupo, sem influência de outros motivos, a não ser o recebimento dos recursos da CFEM.

Para alcançar o objetivo de determinar os escores de eficiência, foi utilizado o método da Análise Envoltória de Dados (DEA), que consiste na utilização de modelos lineares capazes de determinar a fronteira de eficiência, isto é, determinar o desempenho de cada Unidade de Tomada de Decisão (DMU, sigla em inglês), que neste trabalho refere-se aos municípios

paraenses, na relação entre seus insumos (*input*) e produto (*output*). Os resultados dos escores de eficiência variam entre 0 e 1, em que 1 refere-se à eficiência, e 0 a ineficiência. Assim, quanto mais próximo de 1 o escore do município, mais eficiente tecnicamente ele é.

O DEA envolve o uso de métodos de programação linear para construir um parâmetro não paramétrico, isto é, uma construção de uma similaridade entre os múltiplos insumos e produtos gerados por cada município (COELLI et al., 2005). Por meio disso, determina-se uma fronteira de eficiência sobre os dados analisados, em que cada DMU é comparada com a DMU mais eficiente encontrada.

De acordo com Ferreira e Gomes (2009), a medida de eficiência para cada DMU é obtida pela razão entre a soma ponderada dos produtos e a soma ponderada dos insumos. Para a *i*-ésima DMU, tem-se:

$$\text{Eficiência da DMU } i = \frac{\mu y_i}{v x_i} = \frac{\mu_1 y_{1i} + \mu_2 y_{2i} + \dots + \mu_m y_{mi}}{v_1 x_{1i} + v_2 x_{2i} + \dots + v_k x_{ki}} \quad (4)$$

Em que  $\mu$  é um vetor ( $m \times 1$ ) de pesos associados aos produtos e  $v$  é um vetor ( $k \times 1$ ) de pesos associados aos insumos;  $y$  refere-se aos produtos; e  $x$ , aos insumos utilizados na *i*-ésima DMU.

O método DEA foi introduzido inicialmente por Charnes et al. (1978) contribuindo para a evolução na teoria de eficiência técnica de Farrell (1957), determinando um modelo de medida relativa da eficiência, dadas as combinações dos recursos, tanto em relação a Retornos Constantes de Escala (CRS, sigla em inglês), como para Retornos Variáveis de Escala (VRS, sigla em inglês) (RAFAELI, 2009). Com base nos objetivos propostos por este trabalho, foi utilizado o modelo VRS que possui o axioma da convexidade entre *inputs* e *outputs*.

O Modelo VRS foi criado por Banker et al. (1984) com o objetivo de realizar um ajuste ao modelo CRS, introduzindo os fatores que levam a imperfeição da competitividade. Neste contexto, segundo Guerreiro (2006), o modelo VRS é uma forma de eficiência resultante da divisão do modelo CRS em duas componentes: eficiência técnica e a eficiência de escala. A eficiência técnica corresponde à utilização dos insumos de forma ótima pela empresa e a eficiência de escala corresponde à medida da distância entre a empresa analisada e a empresa mais produtiva.

Este modelo determina a existência de uma fronteira de eficiência que leva em conta a existência de retornos crescentes como decrescentes das suas DMU's. Assim, considera-se que, um acréscimo nos insumos poderá promover um acréscimo nos produtos, não necessariamente proporcional, ou até mesmo um decréscimo (GUERREIRO, 2006).

Dessa forma, de modo a tentar introduzir esses efeitos, o modelo VRS traz uma restrição de convexidade  $\mathbb{1}'\lambda = 1$ , isto é, um vetor  $\mathbb{1}$ , para modificar o problema da programação linear do modelo CRS. Logo:

$$\begin{aligned} & \text{Mín}_{\theta, \lambda} \theta, & (5) \\ & \text{Sujeito: } -q_i + Q\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \mathbb{1}'\lambda = 1, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Com base nisso, o modelo VRS forma um convexo de interseção, que envolvem os pontos de dados com mais força do que o casco cônico do CRS e, portanto, fornece pontuações de eficiência técnica maiores ou iguais àquelas obtido usando o modelo CRS (COELLI et al., 2005).

### 3.3 Regressão Truncada com *Bootstrap*

Por fim, após a estimação dos escores de eficiência técnica de cada município paraense, a terceira etapa metodológica foi determinar as variáveis ambientais das eficiências, isto é, quais os fatores que contribuíram ou não para os resultados das eficiências encontradas. Para isso, foi utilizado a Regressão Truncada com *bootstrap*, pois a variável dependente a ser usada é truncada, ou seja, o escore de eficiência do DEA, que varia entre 0 e 1. A escolha do procedimento com *bootstrap* leva em conta as considerações feitas por Simar e Wilson (2007) para se obter estimativas robustas. Segundo os autores, a utilização de métodos no segundo estágio, como Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e Tobit, pode trazer diversos problemas, entre eles, estimativas de eficiência serialmente correlacionadas.

Como o método DEA, apresentado anteriormente, leva em consideração apenas variáveis discricionárias, incorre-se no erro da não consideração dos fatores ambientais na definição dos escores. Assim, a Regressão Truncada com *bootstrap*, proposta por Simar e Wilson (2007), visa a mensuração do efeito das variáveis discricionárias e não discricionárias sobre a determinação dos escores de eficiências das DMU's, ou seja, os municípios paraenses.

Neste método, com base nos dados obtidos pela DEA, é criada uma nova amostra, por meio da técnica de reamostragem (*bootstrap*), que é utilizada para extrair conclusões sobre os dados originais do trabalho. Para isso, Simar e Wilson (2007) utilizam duas etapas de análise, isto é, dois algoritmos, partindo do pressuposto de que as empresas (no caso deste trabalho, os municípios paraenses), na hora de escolher seus *inputs* e *outputs*, enfrentam a existência de variáveis ambientais, que levam a restrições nas escolhas das variáveis de insumo e produto. Neste sentido,  $x \in \mathbb{R}^p_+$ , com  $(l \times p)$ , representa o vetor insumo,  $y \in \mathbb{R}^q_+$ , com  $(l \times q)$ , é um vetor produto, e  $z \in \mathbb{R}^r$ , com  $(l \times r)$ , representa o vetor das variáveis ambientais. Logo, segundo os autores, no mundo real se é confrontado com um conjunto de observações  $\mathcal{L}_n = \{(x_i, y_i, z_i)\}_{i=1}^n$ .

O primeiro algoritmo, consiste em mensurar a eficiência das DMU's, por meio do método DEA e, posteriormente, medir a influência das variáveis não discricionárias sobre a eficiência utilizando uma regressão linear truncada (FRIO; TRIACA; FOCHEZATTO, 2018). Este primeiro procedimento foi desenvolvido para melhorar a inferência estatística, mas sem levar em consideração o viés do termo de erro. O segundo algoritmo compreende a correção dos escores obtidos no DEA por meio da utilização de um duplo *bootstrap*, levando em consideração o viés do termo de erro. Logo, esta ação torna os cálculos dos índices de eficiência mais consistentes, corrigindo os vieses existentes e elevando a robustez da inferência estatística (DANIEL, 2011). Assim, neste trabalho será considerado o segundo algoritmo, como elaborado por Simar e Wilson (2007).

A equação da regressão truncada com *bootstrap* estimada pode ser expressa por:

$$\theta_i = \alpha_0 + z_i \beta + \varepsilon_i \quad (6)$$

em que,  $\theta$  é a eficiência obtida pela DEA,  $\alpha_0$  é uma constante,  $z_i$  é um vetor de variáveis não discricionárias (apresentados no Quadro 4),  $\beta$  é um vetor de parâmetros empregados para captar a influência de  $z_i$  sobre a eficiência estimada,  $\varepsilon_i$  o termo de erro. O valor da eficiência será  $0 < \theta \leq 1$ .

Portanto, o segundo algoritmo, de Simar e Wilson (2007), foi utilizado de forma a tornar possível a identificação das possíveis influências sobre as eficiências técnicas dos municípios do estado do Pará, nas áreas da atividade econômica, educação e saúde.

### 3.4 Dados

Nesta pesquisa foram considerados 126 municípios paraenses para os quais havia disponibilidade de dados. Os municípios foram divididos em dois grupos, os arrecadadores da CFEM e os não arrecadadores da CFEM, ver Quadro 1.

**Quadro 1** – Municípios da amostra: 126 total (56 municípios arrecadadores e 70 municípios não arrecadadores)

<b>MUNICÍPIOS ARRECADADORES DA CFEM</b>
Abaetetuba, Acará, Almeirim, Ananindeua, Augusto Corrêa, Aurora do Pará, Aveiro, Barcarena, Belém, Benevides, Bonito, Brasil Novo, Breu Branco, Canaã dos Carajás, Capanema, Capitão Poço, Castanhal, Cumaru do Norte, Curionópolis, Eldorado do Carajás, Igarapé-Açu, Inhangapi, Irituia, Itaituba, Jacareacanga, Juruti, Mãe do Rio, Marabá, Marituba, Moju, Monte Alegre, Nova Ipixuna, Nova Timboteua, Novo Progresso, Oriximiná, Ourém, Paragominas, Parauapebas, Primavera, Redenção, Rio Maria, Rurópolis, Santa Bárbara do Pará, Santa Isabel do Pará, Santa Maria das Barreiras, Santana do Araguaia, Santarém, Santo Antônio do Tauá, São Félix do Xingu, São João do Araguaia, São Miguel do Guamá, Terra Santa, Trairão, Tucuruí, Uruará e Vigia.
<b>MUNICÍPIOS NÃO ARRECADADORES DA CFEM</b>
Abel Figueiredo, Afuá, Água Azul do Norte, Alenquer, Anajás, Anapu, Baião, Bannach, Belterra, Bom Jesus do Tocantins, Bragança, Brejo Grande do Araguaia, Breves, Bujaru, Cachoeira do Piriá, Cametá, Chaves, Colares, Conceição do Araguaia, Concórdia do Pará, Curuá, Curuçá, Dom Eliseu, Floresta do Araguaia, Garrafão do Norte, Goianésia do Pará, Gurupá, Itupiranga, Limoeiro do Ajuru, Magalhães Barata, Maracanã, Medicilândia, Melgaço, Mocajuba, Mojuí dos Campos, Nova Esperança do Piriá, Novo Repartimento, Óbidos, Oeiras do Pará, Ourilândia do Norte, Pacajá, Palestina do Pará, Pau D'Arco, Peixe-Boi, Piçarra, Placas, Ponta de Pedras, Portel, Porto de Moz, Quatipuru, Rondon do Pará, Salinópolis, Santa Maria do Pará, Santa Cruz do Arari, Santa Luzia do Pará, São Domingos do Araguaia, São Domingos do Capim, São Francisco do Pará, São João da Ponta, São João de Pirabas, Sapucaia, Senador José Porfírio, Soure, Tailândia, Tucumã, Tracuateua, Ulianópolis, Viseu e Xinguara.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANM (2018).

As variáveis que foram utilizadas nas estimativas por *Propensity Score Matching* foram i) população, e; ii) renda *per capita*, ambas extraídas da base de dados da FAPESPA (2018) para o ano de 2017. As variáveis utilizadas na Análise Envoltória de Dados (DEA) são divididas para os âmbitos atividade econômica, educação e saúde.

Para o âmbito atividade econômica foram utilizadas como *input*: i) a transferência de receitas da União para os municípios em termos *per capita*; ii) a transferência de receitas do estado para os municípios em termos *per capita*, e; iii) a receita tributária dos municípios em termos *per capita*. A fonte dessas variáveis é a Secretaria do Tesouro Nacional – Siconfi (2017). Como *output* foram utilizadas: i) o valor adicionado da agropecuária *per capita*; ii) o valor adicionado bruto da indústria *per capita*, e; iii) o valor adicionado bruto dos serviços *per capita*. A fonte dessas variáveis é o IBGE (2017) para o ano de 2017.

Para o âmbito educação foi utilizada como *input*: i) despesas municipais com educação. A fonte dessa variável é a Siconfi (2017). Como *output* foram utilizadas: i) a taxa de abandono do ensino fundamental; ii) o número de matrículas no ensino fundamental, ambas extraídas da FAPESPA (2018) para o ano de 2017; iii) o índice IDEB dos anos iniciais do 9º ano; iv) o índice IDEB dos anos iniciais do 5º ano, ambas extraídas do IDEB (2018) para o ano de 2017.

Para o âmbito saúde foi utilizada como *input*: i) despesas municipais com saúde. A fonte dessa variável é a Siconfi (2017) para o ano de 2017. Como *output* foram utilizadas: i) a quantidade de leitos de internação por 1.000 habitantes; ii) a taxa de nascidos vivos; iii) a taxa de mortalidade; e iv) o número de postos de atendimento por 10.000 habitantes. Essas variáveis foram extraídas da FAPESPA (2018) para o ano de 2017.

As variáveis utilizadas na Regressão Truncada com *bootstrap* foram: i) população atendida pelo bolsa família; ii) razão de dependência, ambas extraídas da FAPESPA (2018) para o ano de 2017; iii) o Índice Firjan de Gestão Fiscal para o ano de 2017 (IFGF, 2017), extraída do banco de dados da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan); iv) o índice de Gini, o índice de Desenvolvimento Humano Municipal - longevidade (IDHM Longevidade), o índice de Desenvolvimento Humano Municipal - educação (IDHM Educação), extraídos do Atlas Brasil/Censo para o ano de 2010. Por fim, foram utilizadas *dummies* para regiões, classificadas com base na FAPESPA (2018), são elas: Baixo Amazonas, Marajó, Região Metropolitana de Belém, Nordeste, Sudoeste e Sudeste.

As informações das estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nos modelos podem ser observadas na Tabela 1.

**Tabela 1** – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas

Variáveis	Não tratados	Tratados
	Média	Média
População	37.507,33	96.394,88
Renda per capita	11.703,30	19.893,48
IFGF	0,19	0,29
Território	5.194.630	1.16e+07
Baixo_amazonas	0,12	0,11
Marajó	0,3	0
Região_metropolitana	0,02	0,18
Nordeste	0,33	0,29
Sudoeste	0,07	0,14
Sudeste	0,33	0,29
PIB_serviço	15.438,49	8.202,76
PIB_indústria	17.063,53	2.933.795
PIB_agropecuário	3.882,33	2.806,38
Despesa_educação	1.007,81	862,43
Matrícula_fundamental	6.963,18	10.377,41
Nota_IDEB_9	3,42	3,52
Nota_IDEB_5	4,10	4,51
Taxa_abandono	4,79	3,62
Despesa_saúde	379,01	435,60
Leitos	48,10	127,68
Taxa_nascido_vivo	86,58	88,21
Posto_atendimento	4,00	3,36
Taxa_mortalidade	16,29	16,19
Bolsa_família	5.085,60	9.245,84
Gini	0,59	0,57
IDHM_longevidade	0,78	0,78
IDHM_educação	0,44	0,47
Razão de dependência	61,74	56,79
<b>Nº Observação</b>	<b>60</b>	<b>56</b>

Fonte: Elaboração própria com resultados da pesquisa.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Propensity Score Matching (PSM)

A Tabela 2 traz os resultados das estimativas do PSM. São apresentadas na tabela as médias da amostra não pareada (amostra original) e pareada, subdivididos em não tratados (municípios não arrecadadores da CFEM) e tratados (municípios arrecadadores da CFEM). A amostra inicialmente possuía 126 municípios e, após o pareamento, foram excluídos 10 municípios paraenses.

**Tabela 2** – Resultados do *Propensity Score Matching*

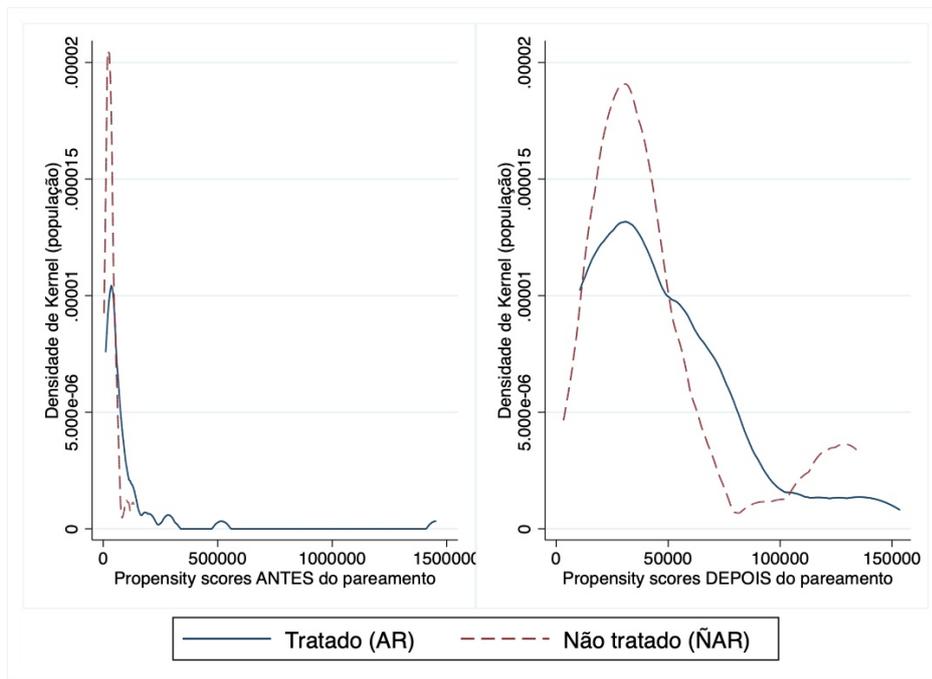
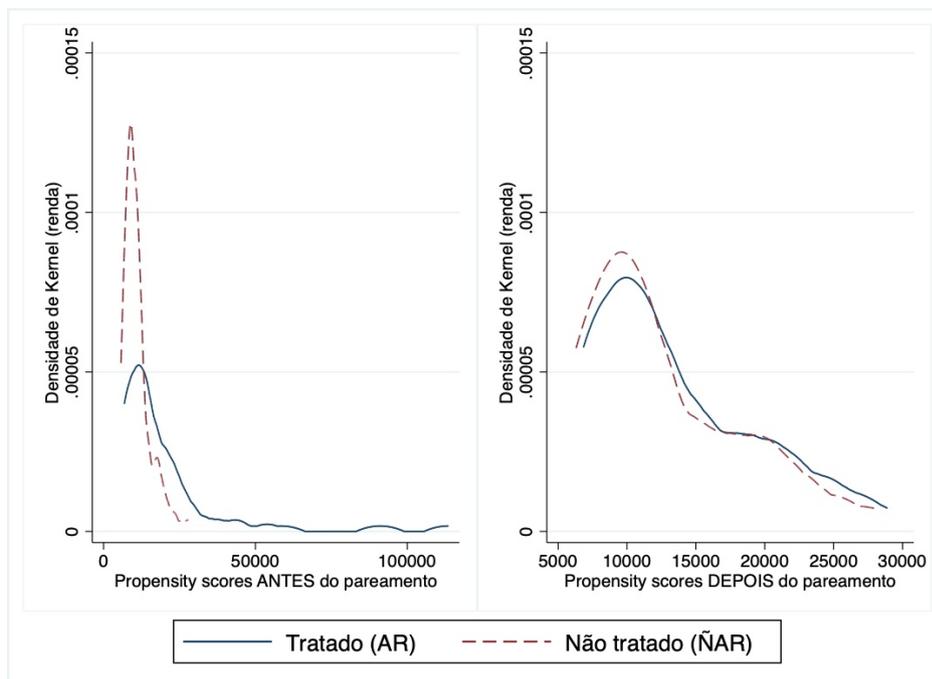
Variáveis	Amostra não pareada			Amostra pareada		
	Tratado	Não Tratado	<i>t-test</i>	Tratado	Não Tratado	<i>t-test</i>
<i>população</i>	96.395	34.103	0,012***	46.081	45.712	0,960
<i>Renda</i>	19.893	11.051	0,000***	13.478	12.876	0,627
Redução do viés %	<i>população</i> (99,4)			<i>renda</i> (93,2)		
Ps R <sup>2</sup>	0,180			0,002		
LR chi <sup>2</sup>	31,15			0,26		
p>chi <sup>2</sup>	0,000			0,880		

Fonte: Elaboração própria com resultados da pesquisa.

Nota: \*\*\*Indica que as médias são estatisticamente diferentes do grupo de tratados a 1%.

Ainda na Tabela 2 é possível observar a boa qualidade do ajustamento. Nota-se que houve redução do viés padronizado antes e depois do pareamento, as médias entre os grupos de não tratados e tratados, foram todas estatisticamente diferentes a 1%, e após o pareamento, todas as médias das variáveis foram estatisticamente iguais entre os grupos. Por fim, nota-se um baixo pseudo-R<sup>2</sup> após o pareamento, indicando que o modelo está bem ajustado.

Outra forma de observar a qualidade do pareamento é por meio da análise gráfica. O Gráfico 1 mostra as estimativas das funções densidades pelo método de Kernel para as duas variáveis utilizadas para o pareamento: *população* (Gráfico 1 - a) e *renda* (Gráfico 1 - b). O objetivo é verificar o balanceamento antes e depois do pareamento. Notam-se diferenças na distribuição dos escores de propensão entre os municípios tratados (AR) e não tratados (ÑAR), tanto para a *população* (Gráfico 1 - a) quanto para a *renda* (Gráfico 1 - b). Antes do pareamento, a maioria das unidades do grupo de não tratados apresentavam valores estimados acima, enquanto as unidades tratadas apresentavam valores estimados mais baixos. Após o pareamento, as distribuições tornaram-se próximas dentro da região de suporte comum.

**Gráfico 1** – Funções de densidade para população e renda, antes e depois do pareamento**(a)****(b)**

Fonte: Elaboração própria com resultados da pesquisa.

Nota: AR – municípios arrecadadores de CFEM; ÑAR - municípios não arrecadadores de CFEM.

Nesse sentido, percebe-se que após o pareamento, as variáveis independentes foram controladas tornando possível a comparação dos grupos (arrecadadores da CFEM e não arrecadadores da CFEM) em condições de igualdade estatística, indicando que o pareamento foi realizado com êxito.

#### 4.2 Análise Envoltória de Dados (DEA)

A Tabela 3 apresenta os resultados de eficiência técnica a partir da metodologia DEA. Com base nos resultados de eficiência a partir de retornos variáveis – modelo utilizado por possuir o axioma da convexidade entre *inputs* e *output* –, especificamente em relação ao âmbito econômico, os municípios não arrecadadores (ÑAR) apresentaram maiores escores de eficiência que os municípios arrecadadores (AR). Do total de 60 municípios não arrecadadores, pareados no método *PSM*, 5 se mostraram eficientes. Dos 56 arrecadadores, 4 foram eficientes. No entanto, ambos os grupos de municípios obtiveram médias de eficiência abaixo da metade potencial que poderia alcançar, indicando que, caso os recursos tivessem sido melhor alocados, os não arrecadadores poderiam ter aumentado sua eficiência em 58% ( $1 - 0,42$ ), e os arrecadadores em 66% ( $1 - 0,34$ ).

No âmbito da educação, os dois grupos obtiveram a mesma quantidade de municípios eficiente, 10 cada, e a mesma média de eficiência técnica (88%). Conforme estes resultados, os municípios arrecadadores e não arrecadadores ainda apresentaram, em média, 12% ( $1 - 0,88$ ) de ineficiência. Assim, correspondendo a possibilidade de elevação da eficiência neste âmbito, caso haja uma melhor alocação das despesas direcionadas a área educacional. Portanto, é possível verificar que os municípios não arrecadadores, mesmo apresentando menores receitas e, por consequência, menos recursos destinados aos investimentos na área de educação, conseguiram obter a mesma eficiência que municípios que recebem CFEM e que dispõem de maior variedade e quantidade de receitas.

**Tabela 1** – Eficiência técnica dos municípios arrecadadores e não arrecadadores da CFEM no Pará, sob condição de retornos constantes e variáveis de escala

Retornos	Média		DP		Mínimo		Máximo		Municípios Eficientes	
	AR	ÑAR	AR	ÑAR	AR	ÑAR	AR	ÑAR	AR	ÑAR
<b>ECONÔMICO</b>										
<i>Retornos constantes</i>	0,31	0,34	0,27	0,22	0,02	0,11	1	1	2	3
<i>Retornos variáveis</i>	0,34	0,42	0,27	0,24	0,03	0,15	1	1	4	5
<i>Eficiência de escala</i>	0,86	0,82	0,19	0,19	0,21	0,35	1	1	13	18
<b>EDUCAÇÃO</b>										
<i>Retornos constantes</i>	0,49	0,71	0,21	0,18	0,13	0,42	1	1	4	7
<i>Retornos variáveis</i>	0,88	0,88	0,08	0,09	0,72	0,73	1	1	10	10
<i>Eficiência de escala</i>	0,56	0,80	0,21	0,15	0,15	0,48	1	1	4	8
<b>SAÚDE</b>										
<i>Retornos constantes</i>	0,71	0,74	0,21	0,19	0,13	0,34	1	1	5	9
<i>Retornos variáveis</i>	0,95	0,94	0,05	0,06	0,71	0,79	1	1	12	17
<i>Eficiência de escala</i>	0,74	0,78	0,21	0,18	0,13	0,35	1	1	5	10

Fonte: Elaboração própria com resultados da pesquisa.

Nota: DP – desvio-padrão; AR – municípios arrecadadores de CFEM; ÑAR - municípios não arrecadadores de CFEM.

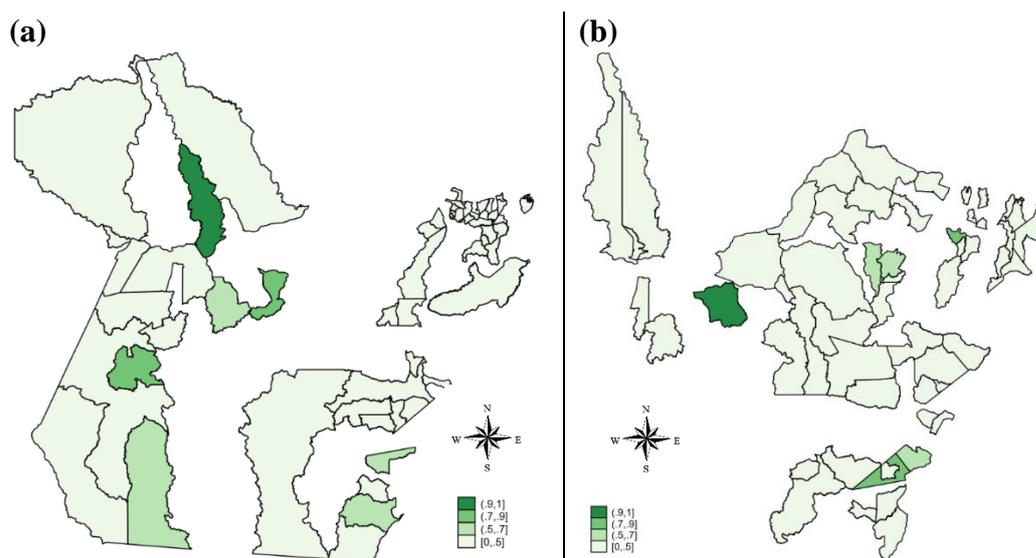
Em relação ao âmbito da saúde, os municípios não arrecadadores obtiveram uma maior quantidade de municípios eficientes, 17 no total, contra 12 eficientes do grupo arrecadador. Este resultado fortalece a visão de que esses municípios, apesar da ausência das rendas da CFEM, conseguem obter uma alocação satisfatória no âmbito da saúde. Porém, cabe destacar, os municípios arrecadadores obtiveram uma média de eficiência superior na margem (95%) ao dos não arrecadadores (94%). Sendo assim, os municípios que recebem a CFEM, mesmo apresentando uma quantidade menor de municípios eficientes no âmbito da saúde, obtiveram uma alocação bastante relevante. Não diferente disto, o resultado dos não arrecadadores também se mostra relevante, dada a ausência dessa renda em sua receita.

Portanto, o resultado da eficiência ao total, somado todos os âmbitos analisados, indicam que os municípios não arrecadadores, mesmo ausentes da renda da CFEM, são maioria em termos de quantidade de municípios eficientes, quando se consideram os âmbitos da atividade econômica e da saúde, comparado com os municípios arrecadadores. Este resultado vai ao encontro do resultado obtido no trabalho de Rodrigues e Silveira (2009), em relação aos municípios do estado de Minas Gerais. O autor identificou que municípios que não recebem *royalties* apresentam resultados melhores do que os municípios da base mineradora.

As Figuras 1, 2 e 3, por sua vez, apresentam a distribuição geográfica no estado do Pará<sup>5</sup> da eficiência técnica dos municípios arrecadadores da CFEM e dos não arrecadadores, nos âmbitos econômico, educação e saúde, respectivamente.

Na Figura 1, âmbito da atividade econômica, observa-se que os municípios arrecadadores mais eficientes se localizam principalmente nas regiões Sudoeste, Sudeste e Nordeste paraense. São nessas regiões onde se encontram grandes projetos minerais, como por exemplo o complexo de S11D (Canãa dos Carajás), Salobo (Marabá) e Hydro (Barcarena). Em relação aos não arrecadadores, estes se encontram localizados principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste. Dentre estes, se destaca o município de Novo Repartimento, com o 3º maior rebanho bovino do estado do Pará, e um dos maiores do Brasil (FAPESPA, 2018).

**Figura 1** – Distribuição geográfica da eficiência técnica para atividade econômica dos municípios arrecadadores (a) e não arrecadadores (b) da CFEM no Pará

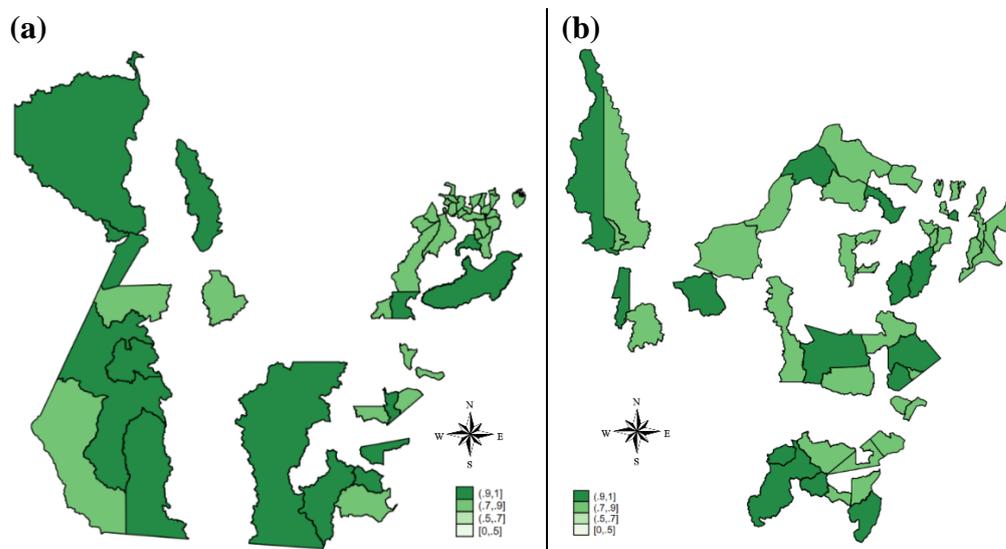


Fonte: Elaboração própria com resultados da pesquisa.

<sup>5</sup> Por questões de espaço, optou-se por não apresentar o mapa do estado do Pará por completo. Cabe salientar que tal mapa segue à disposição sob pedido.

No âmbito da educação, Figura 2, os municípios arrecadadores, como explanado anteriormente, apresentaram maiores médias de eficiência técnica, e os municípios mais eficientes neste âmbito se localizam em grande quantidade nas regiões Sudeste e Sudoeste do Pará. Já os não arrecadadores mais eficientes se localizam quase que em sua totalidade nas regiões Sudeste e Nordeste. Este resultado, pode ser explicado pela qualidade da educação pública nessas regiões, pois, em 2017, dentre os 10 municípios paraenses que obtiveram os maiores resultados em relação ao índice IDEB das escolas públicas (5º ano – séries iniciais), 6 destes estão localizados nas regiões Sudeste e Sudoeste do estado (FAPESPA, 2018).

**Figura 2** – Distribuição geográfica da eficiência técnica para educação dos municípios arrecadadores (a) e não arrecadadores (b) da CFEM no Pará

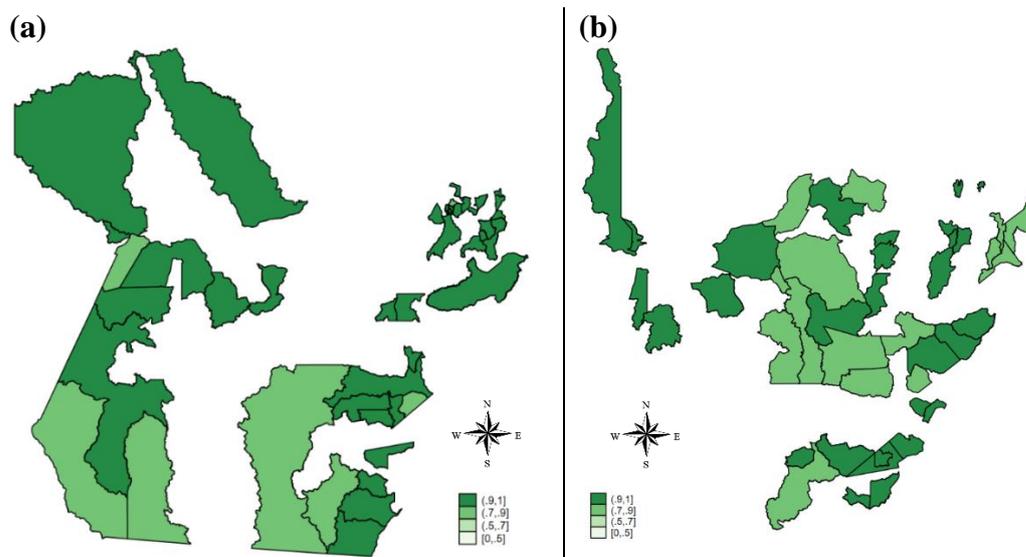


Fonte: Elaboração própria com resultados da pesquisa.

Em relação à saúde, Figura 3, os resultados da distribuição geográfica dos municípios eficientes se mostram semelhantes aos obtidos em relação a área da educação, com a maioria dos municípios arrecadadores se localizando nas regiões Sudeste e Sudoeste, e os não arrecadadores se localizando em maior quantidade nas regiões Sudeste e Nordeste do Pará. Isso pode ser explicado pelo fato de que, dado o tamanho populacional destas regiões, os investimentos em saúde tendem a ser maiores, já que dos 16 municípios paraenses com população acima de 100 mil habitantes, 9 estão localizados nessas regiões<sup>6</sup>. Ainda, é importante reconhecer, que a maioria dos municípios apresentados, de ambos os grupos, apresentaram em média uma eficiência bastante expressiva.

<sup>6</sup> São eles: Abaetetuba, Cametá, Marabá, Paragominas, Parauapebas, São Félix do Xingu, Tailândia e Tucuruí.

**Figura 3** – Distribuição geográfica da eficiência técnica para saúde dos municípios arrecadadores (a) e não arrecadadores (b) da CFEM no Pará



Fonte: Elaboração própria com resultados da pesquisa.

#### 4.3 Regressão Truncada com *Bootstrap*

A Tabela 4 apresenta os modelos estimados por meio da regressão truncada com *bootstrap*. As variáveis dependentes são os resultados das eficiências técnicas estimadas pelo DEA (âmbitos de atividade econômica, educação e saúde). O objetivo é identificar fatores que possam contribuir de modo positivo ou negativos para as eficiências técnicas dos municípios analisados.

Para os municípios arrecadadores de recursos da CFEM, observa-se que no âmbito da atividade econômica há um efeito negativo com relação a quantidade populacional, com relação ao IFGF e à razão de dependência. No que se refere a população, tem-se que o aumento de 1% na população tende a produzir um efeito negativo na eficiência econômica dos municípios de 0,19%, em média. Isso pode ser explicado pelo fato de que aumentos da população impactam diretamente na renda *per capita* de uma região, e aumentos da população economicamente ativa pode contribuir para diminuir os níveis salariais. O aumento de 1% no IFGF, por sua vez, pode diminuir a eficiência destes municípios em 0,69%, em média. Esse resultado é contrário ao esperado, pois o IFGF é considerado uma ferramenta de controle da sociedade que pode contribuir para aprimorar a gestão fiscal dos municípios. No entanto, uma possível justificativa para isso é o fato de que 35% dos municípios arrecadadores da CFEM do Pará possuem resultados abaixo de 0,4, o que indica um baixo desempenho de gestão fiscal nessas localidades. Já para a razão de dependência, os resultados indicam que um aumento de 1% poderia diminuir a eficiência destes municípios em 0,01%, em média.

No que se refere a variável *renda*, observa-se que houve uma relação positiva e estatisticamente significativa com a eficiência técnica para a maioria dos modelos estimados. Logo, aumentos no nível de renda, tendem a elevar a eficiência dos municípios nesses três âmbitos. Em geral, a elevação da renda tende a contribuir para o aumento do nível de emprego, tal efeito proporciona maior oportunidade para que a população busque meios de se qualificar, e pode incentivar a elevação de investimento em educação nestes locais. Para a área de saúde,

tal efeito pode ampliar a oportunidade de consumo por parte da população e, dessa forma, pode diminuir a insegurança alimentar e doenças relacionadas. Entende-se que a elevação da renda tende a contribuir para a diminuição de indicadores negativos de saúde, elevando a eficiência dos recursos nesta área. Portanto, essa relação positiva entre renda e eficiência indica que uma maior renda permite a melhoria de acesso à educação, aos serviços de saúde, condições de moradia e qualidade de vida (SANTOS; JACINTO; TEJADA, 2012; NERI, 2014).

**Tabela 2** – Resultados das regressões truncadas com *bootstrap* para os determinantes da eficiência dos municípios arrecadadores e não arrecadadores da CFEM no Pará

Variáveis	Coeficientes					
	AR	ÑAR	AR	ÑAR	AR	ÑAR
	<i>Atividade Econômica</i>		<i>Educação</i>		<i>Saúde</i>	
<i>LnPopulação</i>	-0,189** (0,081)	0,001 (0,021)	0,035** (0,018)	-0,029 (0,026)	0,054 (0,044)	-0,004 (0,023)
<i>LnRenda</i>	-0,030 (0,076)	0,521*** (0,041)	0,018 (0,018)	0,068*** (0,040)	0,067*** (0,041)	0,101** (0,047)
<i>LnTerritório</i>	0,058** (0,025)	0,002 (0,004)	0,003 (0,004)	0,004 (0,015)	-0,006 (0,012)	-0,009 (0,006)
<i>IDHM_ educação</i>	-	-	0,006 (0,116)	0,201** (0,106)	-	-
<i>IDHM_ longevidade</i>	-	-	-	-	-1,190 (1,015)	-0,082 (0,417)
<i>Gini</i>	-0,243 (0,836)	0,655** (0,259)	-0,082 (0,186)	-0,031 (0,279)	-0,430 (0,411)	0,165 (0,306)
<i>Bolsa família</i>	0,000 (0,000)	0,000*** (0,000)	-0,000 (0,000)	0,000*** (0,000)	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)
<i>IFGF</i>	-0,696** (0,323)	-0,117 (0,074)	-0,128** (0,064)	-0,056 (0,070)	-0,238 (0,164)	-0,012 (0,080)
<i>Razão de dependência</i>	-0,013** (0,007)	-0,002 (0,001)	-0,005*** (0,002)	-0,005*** (0,002)	0,008** (0,004)	-0,005*** (0,003)

Fonte: Elaboração própria com resultados da pesquisa.

Nota: AR – municípios arrecadadores de CFEM; ÑAR - municípios não arrecadadores de CFEM; erro-padrão robusto (*bootstrap*) entre parênteses; Significância estatística: \*\*\*1%; \*\*5%; \*10%; as constantes e *dummies* de regiões foram omitidas.

A variável *território* apresentou uma relação positiva com a eficiência no âmbito da atividade econômica para os municípios arrecadadores, indicando que um aumento de 1% no território, poderia melhorar a eficiência destes municípios em 0,06%, em média. Tal resultado pode estar relacionado à possibilidade de maior cobrança de impostos municipais sobre imóveis, maiores possibilidades de geração de empregos, e aumento de oportunidade de alcançar mais áreas com alguma atividade extrativista mineral, contribuindo para elevação nos valores arrecadados de CFEM.

Em relação aos não arrecadadores, observa-se que a variável *Gini* apresentou relação positiva com a eficiência do âmbito econômico. Esse resultado sugere que um aumento de 1% na desigualdade pode aumentar a eficiência destes municípios em 0,65%, média. Esse resultado

é contrário ao esperado pela literatura, uma vez a concentração de renda, tendência natural do capitalismo, desencadeia diversas situações que está ligada a diminuição de oportunidades, ampliação da miséria, desigualdade social, entre outros (PIKETTY, 2014).

A variável *bolsa família* apresentou relação positiva com a eficiência nos âmbitos da atividade econômica e de educação, ou seja, um aumento na população atendida pelo *bolsa família* pode aumentar a eficiência dos municípios não arrecadadores da CFEM. Esse resultado pode estar relacionado com o fato que esses subsídios são importantes para a redução da extrema pobreza, da desigualdade de renda, e contribuem para o maior acesso à educação (NERI, 2014). Por fim, a variável *IDHM educação* apresentou relação positiva com a eficiência técnica dos municípios não arrecadadores da CFEM, no âmbito da educação. Esse resultado está em acordo com o esperado e sugere que o aumento de 1% no IDHM educação pode aumentar a eficiência destes municípios em 0,20%, em média.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de como é feita a gestão e aplicação dos recursos públicos de uma região é de suma importância para saber se essa aplicação proporciona uma melhoria da qualidade de vida da população. Em especial, regiões que obtêm recursos de *royalties*, que se configura como uma renda excepcional que pode trazer uma possibilidade de melhoria da qualidade dos indicadores socioeconômicos, comparativamente a localidades que não tem acesso a essa renda.

Neste contexto, de modo a analisar a utilização dos recursos de *royalties* no estado do Pará, este trabalho teve como objetivo geral analisar a eficiência técnica dos municípios paraenses arrecadadores dos *royalties* do CFEM nos âmbitos da atividade econômica, educação e saúde, para o ano de 2017. Dado esses objetivos, por meio do *Propensity Score Matching* chegou-se ao total de 116 municípios com características semelhantes e aptos para se fazer o levantamento de suas eficiências e comparações, sendo 60 deles não arrecadadores e 56 arrecadadores.

No que se refere a mensuração da eficiência destes municípios, realizada por meio do DEA, observou-se que os municípios paraenses que não são arrecadadores da CFEM foram, em especial para atividade econômica e saúde, maioria em relação a eficiência técnica na utilização dos seus recursos públicos, em relação aos municípios que são recebedores dessa renda. Este resultado demonstra, que a hipótese estabelecida neste trabalho, de que maiores receitas públicas, como a arrecadação de CFEM, tendem a levar a melhores condições nos indicadores socioeconômicos, não aconteceu para os casos dos municípios do

Estado do Pará no ano de 2017. Situação semelhante a observada por Rodrigues e Silveira (2009) no estado de Minas Gerais, onde os municípios da base mineradora recebedores de *royalties*, apresentaram menor eficiência em seus indicadores socioeconômicos, comparado com os municípios não arrecadadores desta renda. Tal resultado sugere que maiores níveis de receitas públicas nem sempre são transformadas em melhorias da qualidade de vida da população. A maioria dos municípios paraenses que são ausentes da arrecadação da CFEM, demonstraram apresentar uma melhor gestão e aplicação de seus recursos, uma vez que promovem eficiência significativa nos três âmbitos, e no caso especial da atividade econômica e da saúde, maior aos de municípios com recursos superiores.

Por fim, apesar das limitações do trabalho, principalmente em relação a uma maior variedade de dados disponíveis e atualizados, considera-se que foi possível cumprir com o objetivo e obter resultados consistentes em relação a eficiência dos municípios paraenses arrecadadores da CFEM, nos âmbitos de atividade econômica, educação e saúde. Entretanto, novos estudos sobre este tema são fundamentais para se buscar o aprofundamento ainda maior da utilização destes recursos. Nesse sentido, como sugestões para pesquisas futuras pode-se

considerar a estimação de fatores determinantes para as eficiências encontradas, bem como a utilização de mais âmbitos de análise, como saneamento básico e segurança pública. Além disto, pesquisas que considerem diretamente os recursos da CFEM e de que modo ele é utilizado em cada âmbito.

## REFERÊNCIAS

ANM - Agência Nacional de Mineração. Ministério de Minas e Energia (Org.). **Extra Sistema Arrecadação: CFEM** - Arrecadação. Brasília: ANM, 2019. Disponível em: <[https://sistemas.dnpm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/arrecadacao\\_cfem.aspx](https://sistemas.dnpm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/arrecadacao_cfem.aspx)>. Acesso em: 05 dez. 2019.

FAPESPA. **Anuário Estatístico do Pará, 2018**. Disponível em: <https://www.fapespa.pa.gov.br/sistemas/anuario2018/>. Acesso em: 30 nov. 2021.

FAPESPA. **Anuário Estatístico do Pará, 2019**. Disponível em: <http://www.fapespa.pa.gov.br/menu/163>. Acesso em: 11 out. 2021.

FAPESPA. **Anuário Estatístico do Pará, 2020**. Disponível em: <http://www.fapespa.pa.gov.br/sistemas/anuario2020/>. Acesso em: 24 jul. 2021.

BECKER, Sascha O.; ICHINO, Andrea. Estimation of average treatment effects based on propensity scores. **The Stata Journal**, v. 2, n. 4, p. 358-377, 2002.

BRASIL, **Lei nº 13.540**, de 18 de dezembro de 2017. Altera as Leis n.º 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e 8.001, de 13 de março de 1990, para dispor sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Secretaria do Tesouro Nacional. **Receitas públicas: manual de procedimentos: aplicado à União, Estados, Distrito Federal e Municípios / Ministério da Fazenda, Secretaria do Tesouro Nacional – Brasília: Secretaria do Tesouro Nacional, Coordenação-Geral de Contabilidade, 2004. 142 p.: il. – (Manual de procedimentos; n.1)**

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics: methods and applications**. Cambridge, 2005, 1034 p.

CASTRO, Thais Abraham; NEGRÃO, Keila Regina Mota; GOMES, Sérgio Castro. Eficiência socioeconômica de municípios mineradores do Norte brasileiro: uma aplicação de Análise Envoltória de Dados. **Colóquio Organizações, Desenvolvimento e Sustentabilidade**, v. 5, n. 1, p. 172-190, 2016.

COELLI, Timothy J.; PRASADA RAO, D.S; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. New York: Springer, 2005.

CNM - Confederação Nacional de Municípios. **Estudos Técnicos CNM / Confederação Nacional de Municípios** – Brasília: CNM, 2013. 252 páginas. Volume 5.

SICONFI: Secretaria do Tesouro Nacional. **Contas Nacionais, 2017**. Disponível em: [https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta\\_finbra/finbra\\_list.jsf](https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta_finbra/finbra_list.jsf). Acesso em: 20 ago. 2020.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais CFEM**. 2018. Disponível em: <<https://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Cfem.php>>. Acesso em: 05 dez. 2019.

ENRIQUEZ, Maria Amélia Rodrigues da Silva. *Royalties* da mineração: instrumento de promoção do desenvolvimento sustentável de regiões mineradoras na Amazônia Oriental? **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v.1, n. 2, 1998.

FARRELL, Michael James. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)**, v. 120, n. 3, p. 253-281, 1957.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. 1º reimpressão. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009.

FRIO, Gustavo Saraiva; TRIACA, Livia Madeira; FOCHEZATTO, Adelar. Eficiência dos gastos públicos municipais em saúde: uma análise utilizando o método DEA em dois estágios. **Perspectiva Econômica**, v. 13, n. 3, p. 192-202, 2018.

GERTLER, P.; MARTÍNEZ, S.; PREMAND, P.; RAWLINGS, L. B.; VERMEERSCH, C. M. J. **La evaluación de impacto en la práctica**. Segunda Edición. Banco Mundial. 2018. 372 p.

GOMES, S. C.; CHAVES, T. A.; NEGRÃO K. R. M.; CABRAL, E. R. Análise da Eficiência na Gestão Pública dos Municípios Mineradores da Região Norte do Brasil: uma Aplicação de Análise Envoltória de Dados (DEA). **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 7, n. 1, p. 1-23, 2015. Disponível em: [https://web.archive.org/web/20200321114311id\\_/http://www.periodicos.unir.br/index.php/rara/article/viewFile/1125/1345](https://web.archive.org/web/20200321114311id_/http://www.periodicos.unir.br/index.php/rara/article/viewFile/1125/1345). Acesso em: 21 jan. 2019.

GUERREIRO, Alexandra dos S. **Análise da Eficiência de Empresas de Comércio Eletrônico usando Técnicas da Análise Envoltória de Dados**. 2006. Tese de Doutorado. PUC-Rio. Disponível em: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9973/9973\\_1.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9973/9973_1.PDF). Acesso em: 02 fev. 2020.

HIJAZI, Hassan Said Nobrega; PIRES, Jhony Bento; LICORIO, Angelina Maria de Oliveira. Compensação financeira pela exploração de recursos minerais-CFEM. **Revista Eletrônica do Departamento de Ciências Contábeis & Departamento de Atuária e Métodos Quantitativos (REDECA)**, v. 2, n. 2, p. 37-55, 2015.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Pará, o estado com maior déficit em tratamento de esgoto**. 2019. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/blog/2019/09/03/para-o-estado-com-maior-deficit-em-tratamento-de-esgoto/>>. Acesso em: 05 dez. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 05 dez. 2019.

IBGE. **Produto Interno Bruto - PIB.** 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD).** 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 14 mar. 2022.

IDEB (Org.). **IDEB - Resultados e Metas.** 2018. Disponível em: <<http://ideb.inep.gov.br/resultado/home.seam?cid=10088071>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

IFGF - Índice FIRJAN de Gestão Fiscal: FIRJAN, 2018. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/ifgf/>. Acesso em: 22 jun. 2021.

INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS - INESP (Distrito Federal) (Org.). **Compensação Financeira Pela Exploração Dos Recursos Minerais (Cfem): O Que É, De Onde Veio, Para Onde Vai? O Caso De Canaã Dos Carajás: O Caso De Canaã Dos Carajás.** Brasília: Inesp, 2019. 19 p. Disponível em: <<https://www.inesc.org.br/cfem-o-que-e-de-onde-veio-para-onde-vai/>>. Acesso em: 05 dez. 2019.

INESC. **Na cidade do maior projeto de minério do mundo, royalties são utilizados sem compromisso com garantia de direitos.** 17 dez. 2019. Disponível em: <https://www.inesc.org.br/na-cidade-do-maior-projeto-de-minerio-do-mundo-royalties-sao-utilizados-sem-compromisso-com-garantia-de-direitos/>. Acesso em: 11 out. 2021.

IPEADATA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Social.** Brasília: Ipeadata, 2014. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 05 dez. 2019.

KHANDKER, Shahidur; KOOLWAL, Gayatri B.; SAMAD, Hussain A. **Handbook on impact evaluation: quantitative methods and practices.** The World Bank, 2009.

NERI, M. Programa Bolsa Família e a inclusão financeira. **O Brasil Sem Miséria**, v. 1, Brasil: MDS, p. 727-744, 2014.

PIKETTY, T. **O capital no século XXI.** Rio de Janeiro: Intrínseca, 2014.

QUEIROZ, Carlos Roberto Alves de; POSTALI, Fernando Antonio Slaibe. Rendas do petróleo e eficiência tributária dos municípios brasileiros. **Revista Economia & Tecnologia**, v. 6, n. 3, 2010.

QUEIROZ, Carlos R. A.; POSTALI, Fernando A. S. Royalties e arrecadação municipal: apontando ineficiências do sistema de divisão das rendas do petróleo no Brasil. **Temas de economia aplicada: informações Fipe**, São Paulo, p. 12-16, 2010.

RAFAELI, Leonardo. **A análise envoltória de dados como ferramenta para avaliação do desempenho relativo.** 2009. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009.

RODRIGUES, Alexandre de Cássio; TEIXEIRA, Fábio André. Determinantes da (in)eficiência do gasto público em educação: o caso dos municípios mineradores de Minas Gerais. **Revista Espaços**, v. 38, n.20, p. 5, 2017.

RODRIGUES, Ana Cristina Miranda; SILVEIRA, Suely de Fátima Ramos. Análise da eficiência socioeconômica dos municípios mineradores da região central de Minas Gerais. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO. São Paulo: **Anais...**, XXXIII, 2009.

SANTOS, A. M. A.; JACINTO, P. A.; TEJADA, C. A. O. Causalidade entre renda e saúde: uma análise através da abordagem de dados em painel com os estados do Brasil. **Estudos Econômicos** (São Paulo), v. 42, n. 2, p. 229-261, 2012.

SILVEIRA, Luiz Felipe de Vasconcellos. **A avaliação do impacto de um treinamento utilizando Propensity Score Matching**: uma abordagem não-paramétrica e semiparamétrica. 2015. 69 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2015

TAVARES, Felipe de Sá; ALMEIDA, Alexandre Nunes. Os impactos dos Royalties do Petróleo em gastos sociais no Brasil: Uma análise usando Propensity Score Matching. **Revista Economia & Tecnologia**, v. 10, n. 2, 2014.