

## Eficiência dos gastos públicos municipais em saúde: uma análise utilizando o método DEA em dois estágios

The efficiency of public municipal spending on health: an analysis using DEA method in two stages

**Gustavo Saraiva Frio\***  
PUCRS, Brasil  
gustavo.frio@gmail.com

**Lívia Madeira Triaca\*\***  
FURG, Brasil  
liviamtriaca@gmail.com

**Adelar Fochezatto\***  
PUCRS, Pesquisador do CNPq, Brasil  
adelar@puccrs.br

---

**Resumo.** O objetivo deste artigo é analisar a eficiência do gasto público municipal em saúde no Rio Grande do Sul. Para isso é utilizado o método Análise Envoltória de Dados (DEA) com correção de viés usando Bootstrap e variáveis socioeconômicas, conforme Simar e Wilson (2007). Os dados foram obtidos no DATASUS e no Atlas do Desenvolvimento Humano. Considerando os resultados obtidos com o método DEA convencional, 19 municípios mostraram-se eficientes. Após a correção de viés, apenas um município permaneceu como eficiente.

**Abstract.** The aim of this paper is to analyze the efficiency of municipal public spending on health in Rio Grande do Sul. To do so, we use the Data Envelopment Analysis (DEA) method with bias correction using Bootstrap and socioeconomic variables, in accordance with Simar and Wilson (2007). The data were obtained from DATASUS and the Atlas do Desenvolvimento Humano. Considering the results obtained with the conventional DEA method, 19 municipalities were effective. After the application of the bias correction, only one municipality remained efficient.

**Palavras-chave:** Saúde, gastos públicos, eficiência.

**Keywords:** Health, public spending, efficiency.

---

\* Pontifícia Universidade do Rio Grande do Sul. Av. Ipiranga, 6681, Partenon, 90619-900, Porto Alegre, RS, Brasil.

\*\* Universidade Federal do Rio Grande. R. Visc. de Paranaguá, 102, Centro, 96203-900, Rio Grande, RS, Brasil.

---

## Introdução

Ao longo dos anos, muito se tem debatido sobre a eficiência do gasto público nos países, nos estados e nos municípios. Mais recentemente, o governo brasileiro lançou o Portal da Transparência<sup>1</sup> para facilitar o controle social sobre os gastos do Estado. Há uma preocupação cada vez maior da sociedade com a eficiência e o controle do gasto público, pois é ela quem os financia através dos impostos que paga.

Em vista disso, muitos estudos econômicos têm se preocupado em analisar e mensurar a eficiência do gasto público. Estes estudos auxiliam na formulação de políticas públicas que melhorem a eficiência do uso dos recursos, maximizando os produtos e/ou minimizando os gastos públicos. Em suma, estes estudos econômicos se preocupam com a otimização dos gastos para prover serviços melhores e mais baratos à população.

Nesse contexto, este artigo busca, com dados do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 2010 e do DATASUS de 2015, analisar a eficiência do gasto público em saúde no Rio Grande do Sul, por municípios. O método a ser utilizado é o DEA (*Data Envelopment Analysis*)<sup>2</sup>, com correção de viés e capturando os efeitos das variáveis socioeconômicas e não discricionárias, conforme sugerido por Simar e Wilson (2007).

Após esta introdução, na seção dois o artigo apresenta uma breve revisão de estudos empíricos similares ao que está sendo proposto neste artigo. Na seção três são descritos os procedimentos metodológicos. Na seção quatro é feita a análise dos resultados. Por fim são apresentadas as considerações finais.

## Revisão da literatura

Afonso e St. Aubyn (2011), utilizaram-se do método DEA e, em um segundo estágio, uma regressão Tobit, para estimar ranking de eficiência no sistema de saúde de 19 países com dados da OCDE de 2005. O

segundo estágio se justifica, conforme os autores, pelo fato de utilizar outras variáveis (não presentes na análise de eficiência) bem como seus respectivos impactos sobre a eficiência. A variável nível de educação se mostrou positivamente relacionada com a eficiência do sistema de saúde, além de estatisticamente significativa.

Queiroz *et al.* (2013), avaliaram a eficiência do gasto público em saúde para os municípios do Rio Grande do Norte com dados do SUS (DataSus) e do Tesouro Nacional para o ano de 2009 e o modelo de Análise por Envoltória de Dados. Os resultados apontam que 31 municípios compõem a linha de eficiência, alcançando o escore 1.

Kounetas e Papathanassopoulos (2013), por meio do método de Análise por Envoltória dos Dados e de uma regressão com o modelo Tobit (ambos usando *bootstrap*), analisaram o nível de eficiência dos hospitais gregos, bem como as variáveis que afetam tal eficiência. Segundo os autores, 80% dos hospitais não se encontram em nível eficiente ou próximo disso (estão abaixo de 0,8).

Benegas e Silva (2014) testaram a hipótese de eficiência no gasto público com saúde para as unidades federativas brasileiras com dados do ano de 2006. A metodologia é a Análise por Envoltória de Dados incluindo insumos não discricionários. Nas três variações de DEA (de maneira reduzida) utilizadas, os estados Pará, Maranhão, Piauí e Minas Gerais foram considerados eficientes. Em apenas um dos métodos, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Goiás, Paraíba e Distrito Federal são considerados eficientes. O DEA expandido teve 7 estados considerados eficientes nos dois primeiros modelos e 14, no terceiro.

Valdmanis *et al.* (2014) analisam a eficiência nos gastos com saúde de 67 condados americanos da Flórida. Utilizam um modelo em dois estágios, com DEA com *bootstrap* sugerido por Simar & Wilson. O modelo se mostra mais rigoroso, diminuindo a média do escore de eficiência das DMU's.

<sup>1</sup>Para mais informações, acesse: <http://www.portaltransparencia.gov.br/>.

<sup>2</sup> Análise Envoltória de Dados

Costa *et al.* (2014), analisaram a eficiência de cada unidade federativa brasileira para o transplante de rins pelo sistema público para dados de 2006 e 2011. O método DEA foi um dos utilizados, com dois inputs e um output: gastos com os profissionais e gastos dos serviços hospitalares e número de transplantes renais realizados, respectivamente. Os autores concluem que, de maneira geral, os estados do Sul e do Sudeste possuem maior eficiência quando comparadas às demais regiões do país (centro-oeste, norte e nordeste).

Mazon *et al.* (2015) testaram a hipótese de eficiência no gasto público com saúde na 25ª região de saúde de Santa Catarina (a escolha dos autores se justifica pelo fato desta região possuir o menor índice de desenvolvimento humano, IDH, do estado). Foram utilizados os dados de 2012 e a metodologia de Análise por Envoltória dos Dados. Os resultados indicam que apenas um dos municípios alcança a eficiência sugerida pelo método DEA.

Begnini *et al.* (2015) analisaram a eficiência dos atendimentos pelo Sistema Único de Saúde (SUS) para as microrregiões do estado de Santa Catarina, no período compreendido entre 2010 e 2012. O método utilizado foi a Análise por Envoltória de Dados com retornos constantes de escala orientado pelo *output*. As microrregiões eficientes eram 10 em 2010 e 2011, mas caíram para 8 em 2012. Os autores salientam que entre 2010 e 2012, 20% das microrregiões variaram entre eficientes e ineficientes, 45% se mantiveram ineficientes e os 35% restantes se mantiveram eficientes (nos dois últimos casos, apenas variando a posição).

Obure *et al.* (2016) analisam a eficiência de instituições de saúde de instituições do Quênia e da Suazilândia para os anos de 2008-2009 e 2010-2011. Os autores utilizaram alguns métodos diferentes, como o DEA e o método proposto por Simar e Wilson. Os autores encontram ineficiência na maior parte das DMU's e, ao adicionar variáveis não discricionárias, os autores puderam observar que variáveis afetam significativamente o resultado para a eficiência e como eles afetam (como ser da

zona rural, que diminui a chance de ser eficiente).

De Nicola *et al.* (2014) utilizam do método DEA para analisar a eficiência do sistema de saúde na Itália e como mudanças neste sistema afetaram tal eficiência. Também utilizaram a metodologia proposta por Simar e Wilson para adicionar variáveis não discricionárias. Algumas variáveis como *national* e *South* se mostraram estatisticamente significativas.

Souza *et al.* (2016) analisam a eficiência dos hospitais do sistema único de saúde para o estado do Mato Grosso. Os autores utilizaram, para formar uma fronteira de eficiência, o método DEA. Os resultados, usando o modelo com eficiência total, mostram que apenas os hospitais privados são eficientes. Já os resultados com eficiência técnica, mostram que tanto os hospitais privados quanto os públicos são eficientes.

## Procedimentos metodológicos

A estimação da eficiência técnica na atenção básica a saúde dos municípios do Rio Grande do Sul é feita pelo método de dois estágios sugerido por Simar e Wilson (2007). No primeiro estágio, estimamos a fronteira de eficiência utilizando o modelo de Análise Envoltória dos Dados (DEA). No segundo estágio, os escores obtidos inicialmente pelo DEA são corrigidos através do procedimento de *bootstrap* sugerido por Simar e Wilson (2007).

### Análise Envoltória dos Dados (DEA)

A Análise Envoltória dos Dados (DEA)<sup>3</sup> foi desenvolvida por (Charnes *et al.*, 1978) (modelo com retornos constantes de escala, CCR) e, posteriormente, aprimorado por (Banker *et al.*, 1984) (este, por sua vez, pressupõe retornos variáveis de escala, BCC). Basicamente, o método, ao utilizar variáveis como insumos (*inputs*) e produtos (*outputs*), forma uma fronteira de eficiência. Neste caso, uma fronteira de eficiência dos hospitais gaúchos. Cada unidade de

---

<sup>3</sup> Do inglês, *Data Envelopment Analysis*

eficiência é chamada de DMU (Unidade de Tomada de Decisão<sup>4</sup>), hospitais neste caso.

Cabe chamar a atenção para duas vantagens do modelo: a primeira é que produz uma fronteira de eficiência (possibilitando a cada DMU ineficiente analisar a melhor forma de empregar os recursos disponíveis para alcançar a fronteira) e a utilização de unidades monetárias e não monetárias conjuntamente.

Em um modo simples, faz-se uma divisão com os produtos no numerador e os insumos no denominador e tem como resultado a eficiência (E), conforme a seguir:

$$E = \frac{\text{Produtos}}{\text{Insumos}} \quad (1)$$

O modelo pode ser amplificado, para colocar mais complexidade, para:

$$E = \frac{\text{Produto}_1 + \text{Produto}_2 + \dots + \text{Produto}_n}{\text{Insumo}_1 + \text{Insumo}_2 + \dots + \text{Insumo}_n} \quad (2)$$

Ainda assim, o modelo carece de algumas informações importantes (como o peso de cada variável, que é endógeno), logo é importante atentar para seguinte:

$$E = \frac{\text{Produto}_1 * \text{Peso}_1 + \text{Produto}_2 * \text{Peso}_2 + \dots + \text{Produto}_n * \text{Peso}_n}{\text{Insumo}_1 * \text{Peso}_1 + \text{Insumo}_2 * \text{Peso}_2 + \dots + \text{Insumo}_n * \text{Peso}_n} \leq 1 \quad (3)$$

De maneira simplificada:

$$E = \frac{\sum_i u_i Y_i}{\sum_j v_j X_j} \leq 1 \quad (4)$$

em que  $Y_i$  é o produto  $i$ ,  $X_j$  é o insumo  $j$  e  $u_i$  e  $v_j$  são os respectivos pesos. Para obter os pesos, é feita otimização matemática com restrições - ambos são maiores que zero e o modelo tem, por hipótese, que nenhum  $E$  será maior que um.

Como cada hospital (DMU) possui um escore próprio, todos os hospitais com escore igual a 1 serão considerados eficientes. Os hospitais com escore próximo de 1 serão considerados quase-eficientes. Os demais serão chamados de ineficientes.

O modelo com retornos constantes de escala (Charnes *et al.*, 1978) pressupõe que aumentos nos *inputs* afetarão na mesma proporção os *outputs*. Já o modelo com

retornos variáveis de escala (Banker *et al.*, 1984), além de contemplar os rendimentos constantes, pressupõe que aumentos nos insumos podem impactar mais que proporcionalmente o produto (caso de retornos crescentes de escala) ou menos que proporcionalmente o produto (caso de retornos decrescentes de escala).

### Método de dois estágios

O modelo clássico do DEA incorpora apenas variáveis discricionárias para a elaboração dos escores de eficiência, não considerando possíveis efeitos de variáveis ambientais. Porém, diferenças em variáveis ambientais podem ter um efeito relevante na formação dos escores.

A literatura propõe alguns métodos para analisar a contribuição de variáveis discricionárias e não discricionárias ao escore de eficiência. Usualmente utiliza-se o método em dois estágios. Este método consiste em estimar a seguinte regressão:

$$\hat{\delta}_i = z_i \beta + \varepsilon_i \quad (5)$$

onde  $\hat{\delta}_i$  é o escore de eficiência obtido no primeiro estágio (DEA),  $\beta$  é o vetor de parâmetros ( $r \times 1$ ), a ser estimado no segundo estágio, associado com as variáveis ambientais e/ou não discricionárias. Como  $\hat{\delta}_i \geq 1$ , normalmente a equação (4) é estimada por uma regressão censurada (Tobit).

No entanto, de acordo com Simar e Wilson (2007), o segundo estágio do DEA/Tobit é provavelmente viesado em pequenas amostras por duas razões. Em primeiro lugar, como os escores são estimados conjuntamente pelo DEA o termo de erro  $\varepsilon_i$  na equação (5) é serialmente correlacionado. Em segundo lugar, se os insumos e os produtos são correlacionados com as variáveis exógenas, o vetor  $z_i$  será correlacionado com o termo de erro da equação (5).

A fim de contornar esses problemas, Simar e Wilson (2007) sugerem o uso de dois algoritmos baseados no método de *bootstrap*. O primeiro algoritmo estima o escore de eficiência usando o método DEA e analisa a

<sup>4</sup> Do inglês (tradução livre), *Decision Making Units*.

influência de variáveis não discricionárias sobre a eficiência utilizando uma regressão linear truncada. Esse primeiro algoritmo apenas melhora a inferência sobre  $\beta$  e o erro padrão de  $\varepsilon_i$  através do método de *bootstrap*.

O segundo algoritmo inclui um *bootstrap* paramétrico no primeiro estágio. Esse procedimento produz escores de eficiência corrigidos pelo viés que substituem os escores originais do DEA. A estimação dos efeitos de variáveis não discricionárias segue o algoritmo 1. Por ser considerado o método mais completo, procederemos a análise utilizando o algoritmo 2 de Simar e Wilson (2007). No anexo A.2. apresentamos o método detalhadamente.

### *Dados utilizados*

As variáveis que serão utilizadas nesse trabalho estão na tabela A1 do apêndice. Esta tabela contém a descrição de cada variável, as médias, desvios-padrão, mínimos e máximos, além da fonte de onde foram retiradas. Algumas ponderações sobre os dados, no entanto, são importantes no momento.

O DATASUS é uma base de dados criada a partir do departamento de informática do SUS e tem como objetivo divulgar os dados do Sistema Único de Saúde possibilitando controle da sociedade sobre os recursos disponíveis utilizados. Os dados utilizados são anuais e referem-se ao ano de 2015. Algumas das variáveis utilizadas possuem periodicidade mensal, para estas foram utilizadas as médias calculadas para o ano.

O IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) é divulgado de 10 em 10 anos a partir dos dados do Censo Demográfico do Brasil. Nele estão aproximadamente 200 variáveis que mostram dados municipais de educação, expectativa de vida, índices de desigualdade, etc. A partir deste índice serão utilizadas as variáveis ambientais e sociais.

As transferências federais para os municípios para atenção básica a saúde (medidas em milhões de reais) têm, em média, R\$ 1.661.311 por município. O número de unidades básicas de saúde são, aproximadamente, 4,85 por cidade e variam entre uma unidade e 154,33.

O número de enfermeiros, de médicos e de agentes comunitários de saúde têm, aproximadamente, 23, 16 e 26, em média, respectivamente. O número de enfermeiros varia entre 2 e 1255,5. O de médicos entre 1 e 661,16 e o número de agentes comunitários de saúde varia entre 2 e 756,25.

Para os *outputs*, a média de número de consultas médicas nas especialidades médicas é de 29394,6 e varia entre 1567 e 950939. O menor número de visitas no RS em 2015 foi de 108 e o município com maior número de visitas teve 207058 visitas. A média de visitas é de 16030,32.

Por fim, ainda existem as variáveis socioeconômicas, que são utilizadas no segundo estágio do modelo de Simar e Wilson (2007). A média da população de até 4 anos é de 5,54%, da população com 60 anos ou mais é de 15,69%, das mulheres 49,98% e da população em área urbana 42,84%. Cabe destacar que há pelo menos uma cidade em que a população está, na sua totalidade, em perímetro urbano. E, em pelo menos outra cidade, que apenas 9,93% da população está fora da zona rural.

A renda per capita média dos municípios analisados é de 746,97. Com o mínimo e o máximo variando entre R\$ 336,44 e R\$ 1758,27, respectivamente. O Índice de Gini mede o nível de desigualdade e chega ao valor unitário quando a desigualdade é máxima e a zero quando não há desigualdade de renda. A média desse índice para os municípios analisados é de 0,4696. Porém, em pelo menos um destes municípios, o valor é de 0,28 e, em pelo menos outro, 0,72.

### **Análise dos resultados**

A Tabela 1 apresenta as estimativas dos escores de eficiência obtidos através do método DEA convencional e do método de Simar e Wilson (2007), corrigido o viés amostral e controlados os efeitos das variáveis ambientais e não discricionárias, com orientação para o produto e retornos constantes de escala. O modelo inclui cinco insumos (transferências federais para os municípios, número de unidades de básicas de saúde, número de médicos, número de enfermeiros e número de agentes

comunitários de saúde) e três produtos (número de consultas, número de visitas e número de famílias acompanhadas pela atenção básica). As variáveis ambientais e socioeconômicas são: percentual da população até 4 anos, da população com mais de 60 anos, da população de mulheres e da população no perímetro urbano, além de renda per capita média e do índice de Gini.

Os resultados são apresentados para os dez municípios mais eficientes e para os dez mais ineficientes, com base nos resultados de eficiência do modelo DEA convencional. De acordo com a Tabela 2, dez municípios encontram-se na fronteira de eficiência estimada: Arroio do Meio, Cachoeirinha, Camaquã, Crissiumal, Gramado, Nova Hartz, Rolador, Santo Ângelo, Sapiranga e Trindade do Sul. Quando feito o método de Simar e Wilson, é possível perceber que apenas três destes municípios continuam entre os dez mais eficientes. A saber: Trindade do Sul, Sapiranga e Nova Hartz.

Cabe salientar que Camaquã e Cachoeirinha passam para 21<sup>a</sup> e 22<sup>a</sup> no ranking, respectivamente.

Em contraste, os dez municípios mais ineficientes apresentam escores de eficiência superiores a 5, isso significa que com o mesmo nível de insumos, estes municípios poderiam aumentar seu desempenho em mais de 400%. Na média, os municípios gaúchos poderiam aumentar seus resultados em torno de 163%, utilizando os mesmos recursos. Contrapondo o resultado para os municípios eficientes, apenas o município de Engenho Velho sai da lista dos 10 mais ineficientes quando corrigido o viés e adicionadas variáveis ambientais e não discricionárias.

Ao adicionarmos o modelo de Simar e Wilson, os escores de eficiência se afastaram mais da unidade e, em média, é possível, com os mesmos insumos, melhorar os resultados em 223,9%.

**Tabela 1.** Eficiência dos municípios do RS.

**Table 1.** Efficiency of municipalities of RS.

Municípios	Escore de Eficiência	Ranking 1	Escore de Eficiência corrigido pelo viés	Ranking 2
Arroio do Meio	1	1	1,479	14
Cachoeirinha	1	1	1,593	22
Camaquã	1	1	1,570	21
Crissiumal	1	1	1,508	15
Gramado	1	1	1,546	18
Nova Hartz	1	1	1,418	10
Rolador	1	1	1,548	19
Santo Ângelo	1	1	1,441	12
Sapiranga	1	1	1,392	9
Trindade do Sul	1	1	1,243	1
Novo Xingu	5,060	254	6,670	257
Engenho Velho	5,202	255	6,441	253
Benjamin Constant do Sul	5,287	256	7,056	259
Santana do Livramento	5,587	257	6,656	256
Maçambará	5,676	258	6,651	255
Marau	5,765	259	7,230	260
Pelotas	5,782	260	7,040	258
Arvorezinha	6,274	261	7,623	261
Ijuí	6,818	262	8,740	262
Dezesseis de Novembro	8,247	263	11,619	263
Total (n=263)	2,632		3,239	

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 2 apresenta a frequência de municípios de acordo com intervalos de eficiência. Para facilitar a análise, os escores de eficiência foram transformados para o inverso do seu valor original. Desta forma,

escores inferiores a 1 representam unidades dentro da fronteira (ineficientes) e iguais a 1, unidades que estão na fronteira (eficientes). Os resultados da Tabela 3 mostram que a maior parte dos municípios gaúchos são

altamente ineficientes na atenção à saúde básica, cerca de 68% dos municípios apresentam um escore de eficiência abaixo de 0,5. Em relação ao quadrante superior, encontram-se apenas 19 municípios, cerca de 7% da amostra.

Quando adicionado o modelo de Simar e Wilson, agora para os escores corrigidos de viés de acordo com o modelo 3 (Tabela 3). Novamente utilizamos o escore inverso para facilitar a análise. Com a correção de viés, o percentual de municípios gaúchos ineficientes se torna ainda mais acentuado,

cerca de 83% dos municípios apresentam um escore de eficiência abaixo de 0,5 e apenas um município possui um escore de eficiência igual ou maior que 0,8. Os municípios quase-eficientes decaem de 25,10% para 15,97%, há uma variação ínfima no número de municípios quase ineficientes (de 119 para 121), mas há um aumento significativo de municípios considerados ineficientes, passando de 59 para 99, mais de um terço do total dos municípios na amostra.

**Tabela 2.** Número de municípios por nível de eficiência.

**Table 2.** Number of municipalities by level of efficiency.

Intervalos	Nível de Eficiência	DEA Convencional		Simar e Wilson (2007)	
		Número de municípios	Frequência relativa	Número de municípios	Frequência relativa
[0,1 – 0,3)	Ineficientes	59	22,43%	99	37,64%
[0,3 – 0,5)	Quase-Ineficientes	119	45,25%	121	46,01%
[0,5 – 0,8)	Quase-Eficientes	66	25,10%	42	15,97%
[0,8 – 1]	Eficientes	19	7,22%	1	0,38%
Total		263	100%	263	100%

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 3 apresenta os resultados para o segundo estágio. Como o modelo em análise é orientado para o produto, a variável dependente representa um escore de ineficiência, onde efeitos positivos aumentam a ineficiência e negativos diminuem.

O primeiro modelo proposto controla apenas com variáveis demográficas. Diferentemente do esperado, os resultados para percentual da população de 0 a 4 anos e percentual da população com mais 60 anos apresentaram uma correlação negativa com o escore de eficiência. Indivíduos nestas faixas etárias são mais susceptíveis a necessitar de cuidados médicos, logo seria esperado que municípios com maiores percentuais da sua população nestas faixas etárias pudessem encontrar maiores dificuldades de atender a população, devido a maior demanda. Porém, os resultados demonstram o inverso, municípios com maior percentual de crianças e idosos possuem escores mais próximos da fronteira de eficiência. As variáveis “percentual da população do sexo feminino” e “percentual

da população que vive na área urbana” apresentam, respectivamente, uma relação direta e inversa com o escore de eficiência.

Na segunda especificação incluímos o percentual de adultos com ensino fundamental completo, que apresentou um efeito significativo e positivo. Com a inclusão de escolaridade, variáveis como percentual da população do sexo feminino e o percentual da população na faixa etária de 0 a 4 anos e na faixa etária com 60 anos ou mais deixam de ser significativas.

No último modelo, incluímos, além da escolaridade, dois indicadores de renda, renda per capita e o índice de Gini. Os resultados (modelo 3) não mostram uma relação significativa entre renda per capita e escore de eficiência. Para o índice de Gini, conforme o esperado, observamos uma relação positiva e significativa ao nível de 10%. Dessa forma, aumentos na desigualdade de renda aumentam a ineficiência dos sistemas municipais de saúde.

**Tabela 3.** Resultados do segundo estágio usando o método de Simar e Wilson.**Table 3.** Results of the second stage using the method of Simar and Wilson.

Variáveis (regressores)	(1)	(2)	(3)
P_POP0A4ANOS	-38,3728* (21,6533)	-12,7462 (23,9478)	-42,8707 (26,1927)
P_POP60OUMAIS	-15,0211* (7,9694)	-6,0386 (8,1855)	-10,6019 (8,7483)
P_POPMULHER	31,2766* (16,6539)	14,4286 (17,2700)	7,5424 (18,4287)
P_POPURBANA	-1,7747** (0,9062)	-3,0659*** (1,0524)	-2,6387** (1,0934)
ESCOLARIDADE		6,4821** (2,6715)	7,2648** (3,0551)
RDCP			-0,0012 (0,0009)
GINI			4,4684* (2,7146)
Erro-padrão do resíduo	1,8225*** (0,1387)	1,8150*** (0,1397)	1,7999*** (0,1332)

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas dos municípios por nível de eficiência. É possível perceber que há queda no número de unidades básicas, de enfermeiros, de médicos e agentes comunitários de saúde das ineficientes para as eficientes. Há um aumento de DMUs entre as quase-ineficientes e quase-eficientes, mas há, de maneira evidente, um aumento nos números de consultas, de visitas e de famílias, causando um resultado melhor.

Existe apenas uma cidade considerada eficiente após a correção de viés proposta por Simar e Wilson. Essa cidade (Trindade do Sul) possui apenas uma unidade básica de saúde, aproximadamente 6 enfermeiros e 1 médico, 7 agentes comunitários de saúde e estes efetivaram 8467 consultas, 4100 visitas domiciliares e, aproximadamente, 2013 famílias acompanhadas.

**Tabela 4.** Características dos municípios por nível de eficiência.**Table 4.** Characteristics of municipalities by level of efficiency.

Variáveis/Nível de Eficiência <sup>5</sup>	Ineficientes	Quase ineficientes	Quase eficientes	Eficientes
TRANSF_MUN	2.466.061,00	1.043.383,00	1.565.443,00	786.733,90
Nº UNIDADES	7,48	3,15	3,63	1,00
Nº ENFERMEIROS	37,83	13,78	17,05	5,75
Nº MÉDICOS	24,99	9,67	11,72	1,25
Nº ACS	37,39	18,57	21,51	6,67
Nº CONSULTAS	37.983,29	19.631,02	37.776,52	8.467,00
Nº VISITAS	12.178,88	13.199,27	33.548,86	4.100,00
Nº FAMÍLIAS	3.862,46	2.655,04	5.167,64	2.012,75

Fonte: Elaboração própria.

<sup>5</sup> O significado de cada variável consta na tabela de estatísticas descritivas, no Anexo 1.

## Considerações finais

Este artigo procurou estimar a eficiência do gasto público em saúde por município no Rio Grande do Sul através de dados do DATASUS de 2015 para o método DEA e com dados do IDHM do Atlas do Desenvolvimento Humano divulgado em 2013 para variáveis socioeconômicas no Algoritmo 2 proposto por Simar e Wilson (2007).

Quando utilizado o método DEA convencional, encontramos 19 cidades em nível eficiente. Após a correção de viés com controles para variáveis socioeconômicas e não discricionárias, apenas uma cidade é considerada eficiente e cerca de 83% das cidades possuem nível de eficiência considerado ineficiente ou quase-ineficiente.

Dos modelos utilizados para controle de efeitos sociais e demográficos, cabe destacar que o índice de Gini é significativo e quanto maior a desigualdade em uma cidade, pior o escore desta cidade. Também, quanto maior a população em perímetro urbano, mais eficiente é a cidade.

Para trabalhos futuros, sugerem-se dados mais refinados, como porcentagem de casos que a pessoa sai com vida dos hospitais, dados por hospitais e dados pela dificuldade de cada caso (baixo risco, médio risco, etc.). Sugere-se, ainda, que possam ser feitos estudos por mesorregiões e por microrregiões, de maneira a aprimorar mais ainda o estudo.

## Referências

- AFONSO, A.; ST. AUBYN, M. 2011. Assessing health efficiency across countries with a two-step and bootstrap analysis. *Applied Economics Letters*, 18(15), 1427–1430. <https://doi.org/10.1080/13504851.2010.541149>
- BEGNINI, S.; ALMEIDA, L. E. D. F. DE.; CASAGRANDE, A. 2015. Eficiência do sistema único de saúde nas microrregiões do estado de santa catarina de 2010 a 2012. *Gestão & Saúde*, 6(1), 201-217.
- BENEGAS, M.; SILVA, F. G. F. 2014. Estimação da eficiência técnica do SUS nos estados brasileiros na presença de insumos não-discricionários. *Revista Brasileira de Economia*, 68(2), 171–196. <https://doi.org/10.1590/S0034-71402014000200002>
- COSTA, C. K. F.; BALBINOTTO NETO, G.; SAMPAIO, L. M. B. 2014. Eficiência dos estados brasileiros e do Distrito Federal no sistema público de transplante renal: uma análise usando método DEA (Análise Envoltória de Dados) e índice de Malmquist. *Cadernos de Saúde Pública*, 30(8), 1667-1679. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00121413>
- DE NICOLA, A.; GITTO, S.; MANCUSO, P.; VALDMANIS, V. 2014. Healthcare reform in Italy: an analysis of efficiency based on nonparametric methods. *The International Journal of Health Planning and Management*, 29(1), e48–e63. <https://doi.org/10.1002/hpm.2183>
- KOUNETAS, K.; PAPATHANASSOPOULOS, F. 2013. How efficient are Greek hospitals? A case study using a double bootstrap DEA approach. *The European Journal of Health Economics*, 14(6), 979–994. <https://doi.org/10.1007/s10198-012-0446-z>
- MAZON, L. M.; MASCARENHAS, L. P. G.; DALLABRIDA, V. R. 2015. Eficiência dos gastos públicos em saúde: desafio para municípios de Santa Catarina, Brasil. *Saúde e Sociedade*, 24(1), 23–33. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902015000100002>
- OBURE, C. D.; JACOBS, R.; GUINNESS, L.; MAYHEW, S.; VASSALL, A.; INITIATIVE, I. 2016. Does integration of HIV and sexual and reproductive health services improve technical efficiency in Kenya and Swaziland? An application of a two-stage semi parametric approach incorporating quality measures. *Social Science & Medicine*, 151, 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2016.01.013>
- QUEIROZ, M. D. F. M.; SILVA, J. L. M.; FIGUEIREIDO, J. D. S.; VALE, F. F. R.

2013. Eficiência no Gasto Público com Saúde : Uma Análise nos Municípios do Rio Grande do Norte. *Revista Econômica Do Nordeste*, 44(3), 761–776.
- SIMAR, L.; WILSON, P. W. 2007. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, 136(1), 31-64. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.07.009>
- SOUZA, P. C.; SCATENA, J. H. G.; KEHRIG, R. T. 2016. Aplicação da Análise Envoltória de Dados para avaliar a eficiência de hospitais do SUS em Mato Grosso. *Physis*, 26(1), 289–308. <https://doi.org/10.1590/S0103-73312016000100016>
- VALDMANIS, V.; DENICOLA, A.; BERNET, P. 2014. Public health capacity in the provision of health care services. *Health Care Management Science*, 18(4), 475–482. <https://doi.org/10.1007/s10729-014-9277-z>

**Anexo 1.** Estatísticas descritivas das variáveis.

**Annex 1.** Descriptive statistics of variables.

Variáveis	Descrição	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Fonte
<i>Insumos</i>						
TRANSF_MUN	Transferências federais para a atenção básica municipal (R\$ milhões)	1661311	4647488	181524	66882808	DATASUS/FNS
Nº UNIDADES	Número de Unidades Básicas de Saúde	4,8455	11,3227	1	154,3333	DATASUS/CNES
Nº ENFERMEIROS <sup>1</sup>	Número de enfermeiros, auxiliares de enfermagem e técnicos de enfermagem	23,3249	81,5055	2	1255,5	DATASUS/CNES
Nº MEDICOS <sup>1</sup>	Número de médicos da atenção básica	15,7333	46,0720	1	661,16	DATASUS/CNES
Nº ACS <sup>1</sup>	Número de agentes comunitários de saúde	26,0755	56,6359	2	756,25	DATASUS/CNES
<i>Produtos</i>						
Nº CONSULTAS	Número de consultas médicas nas especialidades básicas	29394,60	69001,17	1567	950939	DATASUS/SIA
Nº VISITAS	Número de visitas domiciliares por família realizada por agentes comunitários de saúde	16030,32	28382,76	108	207058	DATASUS/SIA
Nº FAMILIAS	Número de famílias acompanhadas pela atenção básica	3508,35	7052,98	131	86386,34	DATASUS/Sisvan
<i>Variáveis ambientais</i>						
P_POP0A4ANOS	Percentual da população na faixa etária de 0 a 4 anos	0,0554	0,0095	0,0344	0,0826	ATLAS IDHM
P_POP60OUMAI	Percentual da população com 60 anos ou mais	0,1569	0,0303	0,0764	0,2230	ATLAS IDHM
P_POPMULHER	Percentual da população que é mulher	0,4998	0,0124	0,4643	0,5361	ATLAS IDHM
P_POPURBANA	Percentual da população que vive na área urbana	0,5790	0,2520	0,0993	1	ATLAS IDHM
ESCOLARIDADE	Percentual de jovens e adultos, com 18 anos ou mais, com o fundamental completo	0,4284	0,0993	0,2050	0,7480	ATLAS IDHM
RDCP	Renda per capita média	746,9743	210,5529	336,44	1758,27	ATLAS IDHM
GINI	Índice de Gini (varia de 0 a 1, 0 quando não há desigualdade e 1 quando a desigualdade é máxima)	0,4696	0,0651	0,2800	0,7200	ATLAS IDHM

Fonte: Elaboração própria com base no Atlas do Desenvolvimento Humano Municipal e DATASUS.

Nota: (1) Número de profissionais de saúde refere-se a 40 horas semanais de trabalho em unidades de atenção primária. Uma pessoa que trabalhe 20 horas por semana é considerada como “meio trabalhador”.

**Anexo 2.** Algoritmo 2 proposto por Simar e Wilson (2007).

**Annex 2.** Algorithm 2 proposed by Simar and Wilson (2007).

1) Computar  $\widehat{\delta}_i$  para todas  $n$  unidades de decisão da amostra pelo uso do método DEA;

2) Estimar a equação (4) por máxima verossimilhança, considerando-se uma regressão truncada. Onde  $\widehat{\beta}$  e  $\widehat{\sigma}_\varepsilon$  são as estimativas de máxima verossimilhança de  $\beta$  e  $\sigma_\varepsilon$ .

3) Primeira etapa da correção do viés presente em  $\widehat{\delta}_i$ , com a obtenção dos conjuntos de estimativas *bootstrap*  $B = \{\widehat{\delta}_{ib}^*\}_{b=1}^{L1}$  para todas as unidades de decisão.

Repetir L1 vezes os quatro passos seguintes:

3.1) Para cada  $i = 1, \dots, n$ , obter  $\varepsilon_i$  de uma distribuição  $N(0, \widehat{\sigma}_\varepsilon)$  truncada a esquerda em  $(1 - z_{ib}\widehat{\beta})$ .

3.2) Para cada  $i = 1, \dots, n$ , computar  $\delta_{ib}^* = z_{ib}\widehat{\beta} + \varepsilon_{ib}$

3.3) Calcule  $x_{ib}^* = (\frac{\widehat{\delta}_i}{\delta_{ib}^*})x_{i\prime}$ , para todo  $i = 1, \dots, n$ .

3.4) Calcule o estimador de *bootstrap*  $\widehat{\delta}_{ib}^*$  de  $\widehat{\delta}_i$ , para  $i = 1, \dots, n$ , resolvendo  $\widehat{\delta}_{ib}^* = \min\{\delta; y_i \leq \sum_{j=1}^n \gamma_j y_j; \delta x_i \geq \sum_{j=1}^n \gamma_j x_{ij}^*; \delta > 0; \gamma_j \geq 0, j = 1, \dots, n\}$ .

4) Compute o estimador viés corrigido de  $\widehat{\delta}_i = 2 \cdot \widehat{\delta}_i - \overline{\widehat{\delta}_i^*}$ , onde  $\overline{\widehat{\delta}_i^*}$  é a média de *bootstrap* de  $\widehat{\delta}_i^*$ .

5) Use o método máxima verossimilhança para estimar a regressão normal truncada de  $\widehat{\delta}_i$  em  $z_{i\prime}$ , obtendo as estimativas  $(\widehat{\beta}, \widehat{\sigma})$

6) Repita os passos (6.1 – 6.3) L2 vezes para obter um conjunto de repetições *bootstrap*  $C = \{(\widehat{\beta}^*, \widehat{\sigma}_\varepsilon^*)\}_{b=1}^{L2}$

6.1) Para  $i = 1, \dots, n$  gere  $\varepsilon_i$  da distribuição  $N(0, \widehat{\sigma})$  truncada à esquerda em  $-z_{i\prime}\widehat{\beta}$  e à direita em  $1 - z_{i\prime}\widehat{\beta}$ ;

6.2) Para  $i = 1, \dots, n$  calcule  $\delta_{i\prime}^{**} = z_{i\prime}\widehat{\beta} + \varepsilon_i$ ;

6.3) Use o método de máxima verossimilhança para estimar a regressão truncada de  $\delta_{i\prime}^{**}$  em  $z_{i\prime}$ , obtendo as estimativas  $(\widehat{\beta}^*, \widehat{\sigma}^*)$

7) Use as repetições *bootstrap* em C e as estimativas originais  $(\widehat{\beta}, \widehat{\sigma})$  na obtenção de

estimativas *bootstrap* dos parâmetros, desvios padrão e intervalos de confiança.

Simar e Wilson (2007) sugerem os valores L1=100 para calcular a estimativa corrigida do escore de eficiência, e L2=2000 para as estimativas de  $\beta$  e  $\sigma$ .

Submetido: 15/02/2017

Aceito: 14/08/2017

Os Editores agradecem a Henrique Bidarte Massuquetti pelo apoio editorial.