

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CAMPUS GOVERNADOR VALADARES
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

Letícia Barreto da Cunha

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA GESTÃO PÚBLICA MUNICIPAL
EM SAÚDE E SUA RELAÇÃO COM AS CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS EM
MINAS GERAIS EM 2010**

Governador Valadares
Minas Gerais – Brasil
2018

LETÍCIA BARRETO DA CUNHA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA GESTÃO PÚBLICA MUNICIPAL
EM SAÚDE E SUA RELAÇÃO COM AS CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS EM
MINAS GERAIS EM 2010**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Juiz de Fora, *campus* Governador Valadares, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Costa Soares

Governador Valadares
Minas Gerais – Brasil
2018

LETÍCIA BARRETO DA CUNHA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA GESTÃO PÚBLICA MUNICIPAL
EM SAÚDE E SUA RELAÇÃO COM AS CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS EM
MINAS GERAIS EM 2010**

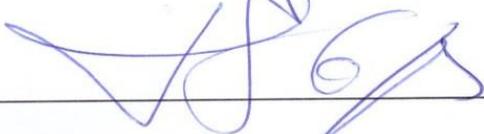
Monografia apresentada à Universidade Federal de Juiz de Fora, *campus* Governador Valadares, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

APROVADA: 15 de junho de 2018.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Thiago Costa Soares
(Orientador)



Prof. Dr. Luckas Sabioni Lopes
(Examinador 1)



Prof. Dr. Leandro Roberto de Macedo
(Examinador 2)

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo estimar e analisar a eficiência técnica da gestão pública municipal em saúde e sua relação com as condições socioeconômicas em Minas Gerais em 2010. Para isso, buscou-se construir indicadores de eficiência em saúde através do método DEA meta-fronteira e relacioná-los a um conjunto de aspectos socioeconômicos municipais com o método de regressão quantílica, adotados em uma abordagem de dois estágios. Os resultados obtidos apontaram que os problemas da oferta de saúde em Minas Gerais não são apenas relativos ao setor, mas também de questões que vão além, como o tamanho populacional e o nível de renda regional. Conclui-se, portanto, que as soluções para melhorar a oferta de saúde necessitam de amplo planejamento e de políticas mais abrangentes de desenvolvimento.

Palavras-chave: Eficiência. Saúde. DEA. Regressão quantílica.

ABSTRACT

This study aims to estimate and analyze the technical efficiency of municipal public health management and its relationship with socioeconomic conditions in Minas Gerais state, 2010. Therefore, we construct efficiency indicators by means DEA meta-frontier method. After, we relate efficiency and municipal socioeconomic conditions by estimating quantile regression. The results showed that population size and income level affect efficiency. Thereby, we concluded that improvements on health need wide planning and depth development policies.

Keywords: Efficiency. Health. DEA. Quantile Regression.

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3. MODELO TEÓRICO	9
4. METODOLOGIA	12
4.1. ESTIMAÇÃO DOS ESCORES DE EFICIÊNCIA EM SAÚDE.....	12
4.2. EFICIÊNCIA E FATORES SOCIOECONÔMICOS	16
4.3. DESCRIÇÃO E FONTE DOS DADOS.....	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
ANEXOS	40

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Constituição Federal de 1988, a saúde é um dos direitos sociais da população. A manutenção e a prestação de serviços de atendimento à saúde devem ser, portanto, providas pelo Estado a todos os cidadãos brasileiros. Esses serviços, ainda de acordo com a Constituição, são de competência municipal, tendo apoio e cooperação, tanto técnico quanto financeiro, da União e das unidades federativas.

Nos últimos anos, houve significativa elevação dos investimentos na cobertura do Sistema Único de Saúde (SUS) no país. De acordo com o Sistema de Informações sobre Orçamento Público em Saúde (DATASUS, 2017), em 2017 as despesas do governo federal com saúde foram de R\$ 125,4 bilhões (aproximadamente 9% do PIB brasileiro). Dessa forma pode se considerar que os gastos com saúde no Brasil representam uma parcela relativa dos gastos gerais, além da importância do setor no contexto social.

Apesar do volume investido nos últimos anos, a qualidade da saúde no Brasil ainda está distante da média das nações mais desenvolvidas. Dados do Banco Mundial (2018) mostram que os indicadores brasileiros de expectativa de vida ao nascer e mortalidade infantil foram de 75 (anos) e 7,82 (mortes por 1.000 habitantes) em 2016, contra 80 (anos) e 3,82 (mortes por 1.000 habitantes), respectivamente, nos países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE)¹.

Segundo Rocha *et al.* (2013), há a possibilidade de economia de recursos mediante o gerenciamento eficiente dos gastos municipais em saúde. Para os autores, os problemas se iniciam com a existência de gestores sem conhecimento adequado, a falta de fiscalização e a corrupção. Somam-se a isto a escassez da mão-de-obra, a dificuldade para fixar profissionais em regiões menos desenvolvidas e a fragmentação do sistema público. Para Giambiagi, Alen

¹ Esses indicadores são referências na comparação da qualidade da saúde entre nações (Banco Mundial, 2018).

e Pinto (2015), a alocação inadequada dos recursos pode gerar ineficiências que prejudicam o desenvolvimento do país a longo prazo.

Nesse sentido, muitos estudos procuram analisar a eficiência da gestão dos serviços de saúde fornecidos pelo Estado. Marinho (2003) estimou a eficiência técnica na saúde de municípios do estado do Rio de Janeiro. Para isso, utilizou-se o método de análise envoltória de dados (DEA). O autor obteve evidências de que a maioria dos municípios analisados é ineficiente, especialmente os de pequeno porte. Cesconetto, Lapa e Calvo (2008) avaliaram a eficiência de hospitais do SUS em Santa Catarina sob a luz do quanto poderia ser expandida a produção da rede de hospitais. De acordo com o modelo empírico, o número de internações poderia ser 15% maior, na média, sem a expansão dos investimentos. Perelman, Perelman e Santín (2016) compararam a eficiência dos gastos em saúde (públicos e privados) do Brasil e países da OCDE utilizando o DEA. Os resultados da pesquisa demonstraram que o Brasil é relativamente menos eficiente que as demais nações analisadas.

Um crescente campo de pesquisa aponta que parcela relevante da ineficiência pode estar associada a fatores externos ao controle dos gestores da saúde. Ribeiro (2008), por meio de um modelo semiparamétrico de dois estágios, encontrou evidências de que as condições socioeconômicas regionais afetam o desempenho da gestão em saúde. Isto ocorre porque o sistema de saúde acumula maior demanda quando há predomínio de doenças associadas à situação socioeconômica da região, como pobreza, ausência de saneamento básico, falta de infraestrutura etc. Resultados similares foram observados por Ruggiero (1998) e Banker e Natarajan (2008).

Os estudos supracitados entendem que o elo pelo qual desempenho e situação regional se interligam é uniforme para quaisquer estágios de eficiência. Não obstante, essa condição pode tornar incorreta a análise do referido quadro. Tenham-se como exemplos dois grupos: o primeiro composto por municípios de baixa eficiência e o segundo, de alta eficiência. Para o primeiro grupo, é natural supor que variações positivas na renda irão impactar significativamente sobre a eficiência da gestão, porque melhoram-se as condições nas quais os indivíduos se encontram. Por outro lado, para o grupo mais eficiente, elevações da mesma magnitude podem não surtir efeito idêntico sobre o desempenho, pois há agora menos oportunidades para expandir a eficiência. Com efeito, o grau de causalidade entre condições regionais e eficiência pode variar para diferentes faixas de desempenho.

Isto posto, o objetivo deste estudo foi estimar e analisar a eficiência técnica da gestão pública municipal em saúde sob a perspectiva dos condicionantes socioeconômicos regionais,

através de dados dos 853 municípios de Minas Gerais, em 2010. A escolha por esse estado se deu não apenas pela limitação de dados em nível nacional, como também por sua representatividade e por apresentar disparidades econômico-regionais análogas ao contexto brasileiro. Para isto, adotou-se um procedimento de dois estágios. No primeiro, os escores de eficiência são construídos pelo método DEA-metafronteira. No segundo, relacionam-se desempenho e condições socioeconômicas por meio de uma regressão quantílica. Avança-se ao considerar explicitamente a não uniformidade da associação entre eficiência na gestão da saúde e condicionantes socioeconômicos.

O trabalho possui outras seis seções, além desta introdução. Na segunda parte, apresenta-se o estado da arte sobre a análise da eficiência da gestão em saúde no Brasil. Na terceira, expõe-se o modelo teórico que fundamenta a construção de fronteiras de eficiência. Os procedimentos metodológicos são descritos na quarta seção. Na quinta seção, os resultados são exibidos e discutidos. Na sexta e última seção, apresentam-se as considerações finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No segmento da saúde, há ampla literatura que discute a relação entre o volume de recursos e a qualidade dos serviços ofertados. Por exemplo, com dados de um programa de cuidados com pacientes em Nova Jersey, entre 1984-1985, Schinnar *et al.* (1990) criaram medidas de desempenho da gestão através do montante de recursos financeiros, dos serviços oferecidos e da evolução clínica de pacientes. Os resultados da pesquisa revelaram que a qualidade da oferta explicou, em partes, a melhoria do quadro de saúde.

Ersoy *et al.* (1997) utilizaram DEA para examinar a eficiência técnica de hospitais de municípios da Turquia. Foram utilizados como insumos o número de camas, cuidados primários médicos e o número de especialistas; e como produtos, o número de altas, visitas ambulatoriais e operações cirúrgicas. Os resultados indicam que apenas 10% dos hospitais turcos operam de forma eficiente. Hospitais ineficientes possuem menor produtividade, gastam mais e realizam menos cirurgias e internações.

Posteriormente, a avaliação da gestão evoluiu para índices construídos por meio de fronteiras de produção (HOLLINGSWORTH, 2003). Maniadakis, Hollingsworth e Thanassoulis (1999) argumentam que análises com fronteiras são adequadas neste contexto, pois permitem combinar a realidade empírica dos dados com conceitos da teoria microeconômica, como eficiência, eficácia e produtividade.

Na vertente que estuda a alocação do dispêndio, a técnica de análise envoltória de dados (*data envelopment analysis*, DEA) ganhou espaço, se consolidando em pesquisas aplicadas (MANIADAKIS, HOLLINGSWORTH e THANASSOULIS; 1999). O crescimento do DEA pode ser explicado por sua capacidade de comparar unidades (estados, municípios, hospitais etc.) com informações limitadas. O procedimento não requer, por exemplo,

informações sobre preços dos insumos e produtos ou a forma funcional da fronteira de produção.

No Brasil, há pesquisas que abordam o assunto, como a de Marinho (2003). Por meio de um modelo de regressão, o autor relacionou a eficiência hospitalar dos municípios do Rio de Janeiro a variáveis como PIB e população - procedimento denominado de “segundo estágio”. Os resultados mostraram que variáveis socioeconômicas podem afetar a eficiência. O autor observou que o tamanho da população e a renda impactaram negativa e positivamente sobre o desempenho, respectivamente.

Queiroz *et al.* (2003) avaliaram a eficiência da gestão em saúde em municípios do Rio Grande do Norte. Os produtos escolhidos foram cobertura vacinal, número de atendimentos de PSFs, procedimentos ambulatoriais e de leitos. Como insumos, os autores utilizaram o dispêndio público total. O estudo constatou que municípios menos populosos são mais ineficientes, provavelmente em razão do elevado custo fixo médio.

Utilizando o método não-paramétrico DEA, Harrison, Coppola e Wakefield (2004) avaliaram a eficiência técnica dos hospitais federais nos Estados Unidos usando modelos com retornos variáveis de escala e orientação a insumo. Foram avaliados 280 hospitais federais em 1998 e 245 em 2001. As variáveis utilizadas como insumos foram: leitos, trabalho, despesas operacionais e serviços clínicos. E como produtos: admissões e visitas ambulatoriais. Os resultados indicam que há possibilidades de reduzir cerca de US\$ 2 bilhões em recursos anualmente, mantendo o produto constante, por meio de uma gestão mais eficiente.

Para ilustrar, Afonso e Aubun (2005) construíram indicadores de eficiência do gasto, entre eles, em saúde, em uma amostra composta por países OCDE. Foram utilizadas como variáveis de insumo a quantidade de médicos, enfermeiros e leitos hospitalares. Já como variáveis de produto foram adotadas a expectativa de vida e a taxa de sobrevivência infantil. Os autores concluíram que Japão, Coréia do Sul e Suécia apresentam o melhor modelo produtivo, pois foram as nações mais eficientes da amostra.

Com foco microrregional, Fonseca e Ferreira (2009) estudaram os recursos de saúde em Minas Gerais, com orientação-produto e retornos variáveis de escala (VRS). A notação matemática do modelo flexibiliza a curvatura da função de produção e permite que regiões possam ser eficientes, mesmo operando com retornos crescentes ou decrescentes de escala (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984). Os autores enfatizam a importância da promoção de políticas individuais para melhorar a eficiência da saúde.

Felder e Tauchmann (2013) utilizaram um modelo autorregressivo espacial que buscou identificar padrões regionais na eficiência dos provedores dos serviços de saúde em distritos da Alemanha. Os resultados sugeriram a existência de padrões espaciais significativos neste país.

Em paralelo à pesquisa internacional, os estudos nacionais buscam compreender a qualidade da gestão em saúde com a aplicação desse ferramental. Júnior, Irffi e Benegas (2011) utilizaram o método DEA para verificar a eficiência dos gastos públicos dos municípios cearenses em educação, assistência social e saúde, em 2005. Os autores utilizaram modelos com orientação-insumo e retornos constantes de escala (CRS), os quais indicaram baixa eficiência técnica. Contudo, não se considerou a possibilidade de ineficiência causada pela escala produtiva, fator que subestima o desempenho municipal (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984).

Silva *et al.* (2012) analisaram a eficiência dos recursos em saúde em 404 municípios mineiros. Como insumos, foram considerados o gasto *per capita* e o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*. Em relação aos produtos, os autores utilizaram o percentual da população atendida por programas de saúde e a cobertura vacinal média. O estudo indicou a necessidade de rever as práticas de gestão no estado para aperfeiçoar a alocação dos recursos e melhorar o provimento dos serviços essenciais de saúde.

É importante ressaltar que os resultados obtidos em Silva *et al.* (2012) podem ter sido comprometidos pela inserção da variável PIB como insumo na função de produção. Primeiro, o PIB não faz parte do conjunto de decisões da gestão pública em saúde, uma vez que é uma variável exógena ao sistema. Segundo, em análises com orientação-insumo, o problema de programação linear resolveria as equações de modo a minimizar os recursos, neste caso, o próprio PIB, o que certamente não teria sentido econômico.

Rocha *et al.* (2012) relatam preocupação com a construção de fronteiras não estocásticas com a condição de homogeneidade da estrutura tecnológica, uma vez que se assume implicitamente que não há diferenças no tipo de provisão de saúde entre as unidades. Em outras palavras, afirma-se, na construção do modelo, que cidades grandes e pequenas ofertam os mesmos produtos e serviços.

Apesar de ser uma prática recorrente em pesquisas em saúde, a condição de homogeneidade não é apropriada, visto que a oferta pode ser definida pela divisão financeira regional, dotação de equipamentos e a natureza dos serviços oferecidos pelos municípios, os quais podem variar com a localidade geográfica, critérios populacionais e as possibilidades de

economias de escala (MÉDICI, 2011). Assim, a comparação entre municípios similares, no que se refere à oferta, seria mais adequada (O'DONNELL *et al.*, 2008).

Essa questão foi repensada em Rocha *et al.* (2012). Os autores controlaram a heterogeneidade amostral ao analisar a eficiência do dispêndio municipal no Brasil sob a ótica do tamanho populacional. Para isso, utilizou-se uma extensão do DEA, denominada “meta-fronteira”. O método permite construir dois tipos de fronteiras de produção, sendo o primeiro composto por “alvos globais”, e o segundo, construído por uma ou mais fronteiras que relacionam unidades com tecnologias similares (municípios que ofertam os mesmos serviços). De fato, a definição correta do método é um passo importante em análises sobre a eficiência dos recursos em saúde.

Além da questão alocativa dos recursos na saúde, outro ponto relevante seria entender se existem fatores externos que podem restringir o raio de ação municipal e explicar a eficiência da gestão. Por exemplo, a falta de saneamento básico pode elevar o número de infecções (leptospirose, amebíase, giardíase etc.) e, por consequência, a demanda por PSFs ou hospitais. Condições sanitárias, por seu turno, não estão diretamente integradas à gestão de saúde apesar dessa relação.

Para medir a influência de características externas sobre a eficiência em saúde, Hadad, Hadad e Tuval (2011) adotaram duas abordagens com dados de países da OCDE. Na primeira, os autores inseriram variáveis discricionárias da saúde, como densidade de médicos, leitos, despesas (variáveis insumos), além da expectativa de vida e taxa de sobrevivência infantil (variáveis produtos). Na segunda, renda, hábitos de consumo e outras variáveis foram incorporados ao modelo. Os resultados mostraram que os fatores externos afetaram o desempenho do sistema de saúde.

Utilizando o procedimento de “segundo estágio”, Varela, Martins e Favéro (2012) avaliaram o desempenho dos municípios paulistas quanto à eficiência técnica nas ações de atenção básica à saúde. Foram utilizadas as variáveis faixa etária, densidade populacional e população urbana. Os resultados indicaram que seria possível aumentar a quantidade de serviços prestados à população sem mudança orçamentária na maioria dos municípios. Verificou-se também que a proporção de idosos torna a prestação de serviços mais dispendiosa, além de que, como relatado pelos autores, maior densidade populacional, grau de urbanização e escala dos estabelecimentos de saúde favorecem a eficiência do gasto público.

Ribeiro (2008) construiu um índice a partir de indicadores econômicos e sociais, dentre eles os gastos com saúde, para avaliar a eficiência da despesa pública em uma amostra

de dezessete países da América Latina. Foi utilizado um modelo empírico semiparamétrico de dois estágios (método DEA, no primeiro estágio, e regressão truncada, no segundo estágio). PIB *per capita* e medidas do desenvolvimento institucional foram inseridas na segunda etapa. Os resultados indicaram que, além da influência do PIB *per capita* e do tamanho da população, existem efeitos significativos dos direitos de propriedade e da competência dos servidores públicos sobre a eficiência dos gastos nos países.

Em termos de inovação, a presente pesquisa busca construir indicadores de eficiência em saúde e relacioná-los a um conjunto de aspectos socioeconômicos municipais em Minas Gerais, como saneamento básico, renda, educação e outras, por meio de regressões quantílicas. Este método permite observar efeitos variados em quantis de eficiência (CAMPOS, COELHO e GOMES; 2012). Em termos práticos, pode-se obter resultados melhores, visto que nem sempre os fatores exógenos à função de produção se associam linearmente aos escores de eficiência.

3. MODELO TEÓRICO

Uma das maneiras de representar os serviços de saúde é por meio de uma função de produção que relaciona produtos e recursos do setor, na qual são estabelecidos pressupostos microeconômicos baseados na fronteira de possibilidades de produção (FPP). A FPP representa as quantidades factíveis do produto dados seus fatores produtivos. Em relação ao sistema de saúde público, os produtos podem ser analisados em termos do número de atendimentos realizados, quantidade aplicada de vacinas, estado da saúde (como índices de desenvolvimento em saúde) etc. Como insumos, consideram-se a quantidade de máquinas, veículos, leitos, número de funcionários e, ou, quaisquer outros recursos que podem ser combinados para fornecer serviços de saúde.

No que tange aos recursos, há certa dificuldade de mensuração em nível municipal, principalmente tratando-se de regiões pequenas, pois os dados físicos e humanos são mais difíceis de serem obtidos. Em contrapartida, pode-se utilizar *proxies* como os gastos financeiros aplicados no segmento (Harrison, Coppola e Wakefield; 2004; Souza, Nishijima e Rocha; 2010).

Na FPP em saúde outra questão importante são os possíveis retornos da escala produtiva. Santerre e Neun (2012) argumentam que em regiões pequenas o custo médio é geralmente decrescente e que a oferta se expande mais que proporcionalmente aos investimentos. Os autores consideram a diminuição do custo fixo médio como o motivo pelo qual há retornos crescentes de escala neste estágio produtivo².

Já em regiões de maior porte, o custo variável médio se sobressai ao custo fixo médio e os retornos de escala tornam-se então decrescentes. Assim, a expansão dos investimentos em grandes regiões não necessariamente se traduz na elevação da oferta dos serviços de saúde (MÉDICE, 2011). Para ilustrar, observa-se a Figura 1.

² Neste estágio o custo médio total se reduz em razão do predomínio das despesas fixas, como salários dos servidores, aluguéis e outras.

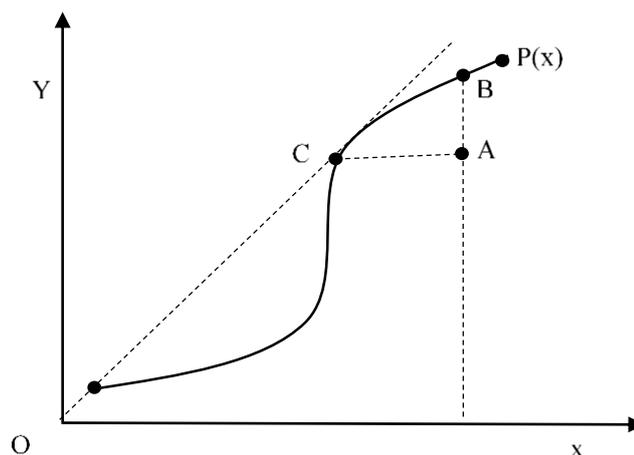


Figura 1 - Função de produção de curto prazo na saúde

Fonte: Elaboração própria

Seja “y” a variável que representa a produção e “x”, o gasto em saúde. A distância OC diz respeito à fase produtiva com retornos crescentes de escala (caso das pequenas regiões). Sobre o ponto C, tem-se a estrutura produtiva com retornos pelos quais os municípios elevam a produção em proporção aos investimentos realizados (pequenas e médias regiões). Os municípios que se situam além do ponto C produzem com retornos decrescentes de escala (regiões grandes e polos regionais em saúde). O conjunto de todos os pontos sobre a linha P(x) descreve a FPP e os municípios que se encontram sobre ela são *tecnicamente eficientes*, pois não existem práticas melhores para compará-los (pontos C e B). Os pontos interiores representam situações de ineficiência produtiva, ou seja, os municípios *tecnicamente ineficientes* (ponto A).

Quanto maior a distância entre os valores efetivos e os potenciais P(x), maior o desperdício de recursos ou menor a efetividade da produção (MARINHO, 2003). Logo, a distância até a fronteira representa o grau de eficiência, o qual pode ser mensurado por um indicador igual ou menor que a unidade.

Para projetar um ponto ineficiente (ponto A da Figura 1) para a fronteira, há dois vetores que podem ser considerados. Primeiro, pode-se reduzir os insumos, fixando o produto, ou seja, reduzir os recursos financeiros e manter fixos os serviços de saúde, deslocando o ponto A para o ponto C. Denomina-se esta escolha de “orientação insumo”, no sentido em que o movimento é feito em “x”. O escore de A (θ) é dado por $\frac{y_A / x_A}{y_C / x_C} = \theta_A$, resultando em um vetor de projeção AC. O segundo vetor pode ser obtido pelo deslocamento de A até B (AB).

Desta maneira, se mantém o insumo e projeta-se a produção para B. Retrata-se este movimento como “orientação produto”. O escore de eficiência (ϕ) é obtido por $\frac{y_A / x_A}{y_B / x_B} = \phi_A$.

Em resumo, na visão orientada pelo produto, o objetivo é maximizar os serviços de saúde para dada quantidade fixa de insumos. Já na perspectiva orientada pelo insumo, o objetivo é minimizar os recursos para determinado nível desejado de serviços prestados. Segundo Färe *et al.* (2005), pode-se denominar eficiência técnica na saúde como a comparação relativa entre a razão (y/x) realizada com a razão (y/x)* ótima, podendo essa definição ser utilizada na produção de diversos serviços de saúde.

4. METODOLOGIA

4.1. CÁLCULO DOS ESCORES DE EFICIÊNCIA EM SAÚDE

Neste trabalho foi utilizado o método DEA insumo-orientado, com a finalidade de estimar escores de eficiência dos gastos da saúde pública em Minas Gerais. Este é um método não paramétrico que possibilita a construção de uma FPP utilizando programação matemática. Faria, Jannuzzi e Silva (2008), Ferreira e Pitta (2008) e Fonseca e Ferreira (2009) também fizeram uso deste método na avaliação de desempenho dos municípios na gestão de recursos destinados à saúde. São considerados vetores insumos $x_{ij} = (x_{1j}, \dots, x_{lj}) \in \mathfrak{R}_+^I$ e produtos $y_{dj} = (y_{1j}, \dots, y_{Dj}) \in \mathfrak{R}_+^D$, para toda unidade tomadora de decisão (DMU) ($j \in \mathfrak{R}_+^N$), conforme a equação (1):

$$P(x) = \{(x,y): x \text{ produz } (y)\} \quad (1)$$

Em (1), $P(x)$ é a representação da produção municipal de serviços de saúde dado nível de recursos empregados. São considerados municípios eficientes aqueles que se posicionam sobre a fronteira, no ponto onde não há como reduzir gastos sem uma queda na produção. Para estimar a ineficiência na aplicação dos recursos, mede-se a distância em relação à fronteira.

Usualmente, o método DEA assume que as DMUs utilizam a mesma tecnologia para produção. Porém, ao utilizar uma amostra composta por municípios, esta condição é violada devido à localização, tamanho do município, tamanho da população e condições econômicas que tendem a interferir na maneira que os recursos são otimizados. Na prática, os pequenos municípios ofertam somente serviços de baixa complexidade e os municípios grandes, além destes, concentram também serviços mais complexos. Neste sentido, a comparação entre estruturas de produção diferentes pode causar problemas empíricos.

Levando em consideração os problemas causados pela heterogeneidade tecnológica, este estudo utiliza a análise meta-fronteira que pode reduzir esses problemas se os municípios forem divididos em subgrupos mais homogêneos. O'Donnell *et al.* (2008) sugere a construção de indicadores de eficiência em um conjunto meta-fronteira dado por $T^m = P(x)^m = \{(x,y): x \text{ produz } (y)\}$, sendo m o número de grupos, considerando toda a amostra disponível, isto é, supondo a existência de apenas uma fronteira tecnológica; em seguida, supõe-se a existência de k grupos homogêneos, ou seja, possuem tecnologia semelhante, de forma que $T^k = P(x)^k = \{(x,y): x \text{ produz } (y) \text{ no grupo } k\}$. Define-se $T^m = \{T^1 \cup T^2 \cup T^3 \cup \dots \cup T^k\}$. A Figura 2 fornece uma visualização bidimensional do processo.

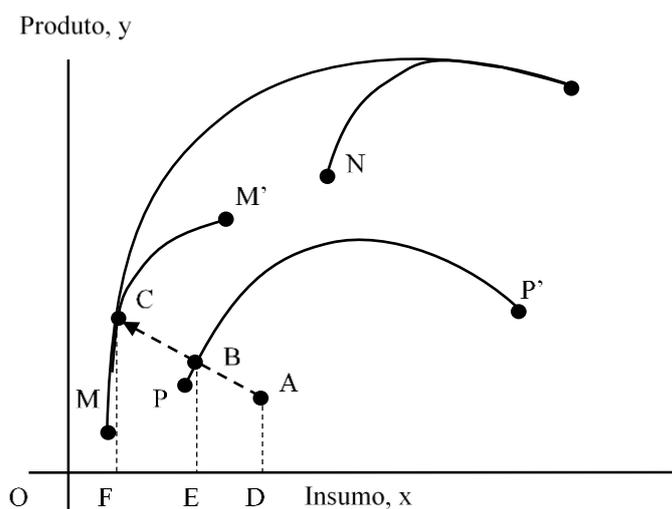


Figura 2 - Meta-fronteira e fronteiras dos subgrupos

Fonte: Adaptado de Chiu *et al.* (2012)

São extraídas informações a respeito da eficiência tecnológica (*meta-technology-efficiency* MTE) e gerencial (*group-technological efficiency*: GTE) de cada município. Formalmente, sejam $MTE = \theta^m$ e $GTE = \theta^k$; os termos $0 < \theta^m \leq 1$ e $0 < \theta^k \leq 1$ são escores de eficiência técnica obtidos nas fronteiras MTE e GTE, respectivamente. Esses escores mostram quanto os recursos financeiros aplicados à saúde poderiam reduzir, dado uma quantidade fixa de produtos e serviços oferecida pelo município. Pode-se obter uma medida de importância da heterogeneidade tecnológica amostral através da divisão $MTR =$

MTE/GTE. A abordagem meta-fronteira é a mais adequada a este caso por representar as diferentes estruturas produtivas no setor de saúde.

Outra característica dessa amostra são os diferentes retornos de escala da produção de serviços de saúde. Como discutido na Seção 2, municípios pequenos podem operar com retornos crescentes de escala, enquanto que os maiores geralmente apresentam retornos decrescentes. Sendo assim, mesmo que sejam homogêneas, as estruturas produtivas podem mostrar diferentes respostas para dado dispêndio. Para que esse fato seja levado em consideração no modelo DEA meta-fronteira, tem-se uma curva FPP que pode ser flexibilizada por meio da construção de modelos com retornos variáveis (*variable returns to scale*, VRS - Banker; Charnes; Cooper, 1984). Nesta pesquisa, o procedimento usado proporciona a divisão do indicador de eficiência em dois elementos: a eficiência de escala e técnica (gerencial). A eficiência de escala representa o retorno ótimo de escala e a eficiência técnica, o desempenho de cada município na administração dos recursos. De maneira formal, o problema de programação linear (PPL) de um município particular “o” pode ser representado pelas expressões (2) e (3):

$$\begin{aligned}
 & \max \theta^m \\
 & s.t. \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \lambda_n^k x_{in}^k \leq x_{io}^k, & i = 1, 2, \dots, I\text{-ésimo insumo} \\
 & \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \lambda_n^k y_{dn}^k \geq \theta^m y_{do}^k, & d = 1, 2, \dots, D\text{-ésimo produto} \\
 & \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \lambda_n^k = 1, & k = 1 \text{ (meta-fronteira)} \\
 & \lambda_n^k \geq 0, & n = 1, 2, \dots, N\text{-ésimo município}
 \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 & \max \theta^k \\
 & s.t. \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \mu_n^k x_{in}^k \leq x_{io}^k, & i = 1, 2, \dots, I\text{-ésimo insumo} \\
 & \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \mu_n^k y_{dn}^k \geq \theta^k y_{do}^k, & d = 1, 2, \dots, D\text{-ésimo produto} \\
 & \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \mu_n^k = 1, & k = 1, 2, \dots, K\text{-ésimo subgrupo} \\
 & \mu_n^k \geq 0, & n = 1, 2, \dots, N\text{-ésimo município}
 \end{aligned} \tag{3}$$

em que x_{io}^k é o vetor de insumos do município “o”; x_{in}^k são vetores de insumos dos demais municípios; y_{do}^k , o vetor de produtos do município “o”; y_{dn}^k , vetores de produtos dos demais municípios; λ_n^k e μ_n^k são as variáveis de decisão das expressões (2) e (3) que projetam o município “o” para a FPP quando $\theta^m \neq 1$ e $\theta^k \neq 1$, respectivamente.

Em métodos não paramétricos pode-se observar uma relativa sensibilidade dos escores de eficiência em relação a *outliers*. Como forma de corrigir este problema, Sousa e Stosic (2005) sugeriram uma abordagem semi-paramétrica de dois estágios, fundamentada nos processos *jackknife* e *bootstrap*, para identificar a influência de cada observação em relação à amostra. Na primeira fase, o algoritmo estima ($k = 1, 2, \dots, K$) fronteiras excluindo parcialmente uma DMU para, em seguida, avaliar se ocorreram mudanças significativas nos demais indicadores sem sua presença. Após essa etapa, são criadas regras de comparação sobre os resultados obtidos no primeiro estágio por *bootstrap*.

Os autores denominaram essa medida de *leverage* (indicador com valores entre [0,1]). Quando próximo à unidade para uma DMU, o teste sugere que a sua remoção causa alterações relevantes nos demais escores de eficiência dentro da amostra. Assim, o procedimento padrão neste caso é a exclusão da observação. De outra forma, valores próximos a zero indicam que a observação não influencia as demais. Como *threshold*, os autores utilizam 0,02. Assim, para indicadores *leverage* superiores a 0,02, deve-se excluir a observação da análise.

Outra limitação do DEA trata-se da natureza não estocástica dos escores de eficiência (ZHOU; ANG; POH, 2008; WANG et al., 2013). Na realidade, variações aleatórias podem ocorrer em virtude da amostragem, de fatores ambientais (como a temperatura ou precipitação) ou por características peculiares não incorporadas, mas que afetam a oferta de saúde nos municípios. Em resumo, a eficiência é, de fato, uma medida relativa obtida da verdadeira, mas não observável, função de produção (SIMAR; WILSON, 1998).

Neste contexto, a estimação da eficiência por *bootstrap* torna-se importante por ao menos duas razões. Primeiro, a abordagem DEA-*bootstrap* permite fazer inferências estatísticas em modelos de regressão cuja variável dependente é o próprio indicador de eficiência. Segundo, o processo de reamostragem alinha os indicadores à realidade empírica dos municípios, os quais não controlam plenamente todas as variáveis que interferem na oferta de saúde.

Para simular o processo gerador de dados (*Data Generating Process – DGP*) dos escores de eficiência, Simar e Wilson (1998) sugerem aproximar a distribuição densidade de

probabilidade por meio da distribuição empírica construída por um processo *bootstrapping* paramétrico (EFRON, 1979). Neste estudo, aplica-se a abordagem *bootstrap* no indicador de eficiência grupal para, em seguida, utilizá-lo em um modelo de segundo estágio. Mais detalhes do procedimento podem ser vistos em Simar e Wilson (1998).

4.2.EFICIÊNCIA E FATORES SOCIOECONÔMICOS

Os indicadores de eficiência retratam o desempenho da gestão dos recursos da saúde. Há, no entanto, fatores que não estão diretamente associados com a estrutura da oferta, mas que contribuem positivo ou negativamente para o resultado da gestão. Os procedimentos de regressão com vistas a conhecer os fatores associados à eficiência têm sido chamados de “segundo estágio do DEA” (COSTA *et al.*, 2015). Segundo Fethi, Jackson e Weyman-Jones (2000), o procedimento funciona da seguinte forma: no primeiro estágio, a eficiência técnica é construída com variáveis próprias da saúde (insumos e produtos); no segundo estágio os escores obtidos são utilizados contra variáveis ambientais não incluídas na primeira etapa em um modelo de regressão.

No presente trabalho foi adotado o método de regressão quantílica (RQ) proposto por Koenker e Basset (1978). Os autores mostraram que o método RQ possui vantagens em relação às regressões por mínimos quadrados ordinários (MQO). A principal diferença é que na RQ tem-se como base o uso de medianas e quantis ao invés da média condicional. Dessa forma, flexibilizam-se alguns dos problemas empíricos do MQO, dentre eles, a sensibilidade a *outliers* e a restrição de que os erros são distribuídos identicamente.

Ademais, pela RQ semiparamétrica não se faz necessário dividir a amostra em subamostras quando há heterogeneidade nos dados, o que incorreria em viés de seleção amostral. Ao contrário, a técnica utiliza todas as informações disponíveis para estimar em cada quantil a relação entre eficiência e variáveis ambientais. Essa característica é de particular interesse, pois permite analisar como as variáveis explanatórias se relacionam com a eficiência nos seus diversos quantis. Por exemplo, a relação entre a renda e o desempenho municipal em saúde pode não ser idêntica para localidades com baixa e alta eficiência.

Segundo Koenker e Basset (1978), o estimador de RQ pode ser obtido a partir da equação (4):

$$\left[\min_{\beta} \frac{1}{n} \sum_{i: y_i > x_i' \beta} \theta |y_i - x_i' \beta_{\theta}| + \sum_{i: y_i > x_i' \beta} (1 - \theta) |y_i - x_i' \beta_{\theta}| \right] = \min_{\beta} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho(\Phi_{\theta_i}), \quad (4)$$

em que y corresponde aos escores de eficiência técnica obtidos no modelo DEA e x , as variáveis que podem explicar os índices de eficiência; ρ é uma função *check* definida por:

$$\rho_{\theta}(\Phi_{\theta_i}) = \begin{cases} \theta_{\Phi_{\theta_i}}, & \text{se } \Phi_{\theta_i} \geq 0 \\ (\theta - 1)_{\Phi_{\theta_i}}, & \text{se } \Phi_{\theta_i} < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Os coeficientes podem ser interpretados como a variação marginal no θ_{th} quantil de interesse relativo a mudanças na variável dependente (MENDES; SOUSA, 2006). Para avaliar a significância estatística das diferenças entre os grupos foi utilizado o teste de Wald. Mais detalhes podem ser vistos em Cameron e Trivedi (2009).

4.3. DESCRIÇÃO E FONTE DOS DADOS

Foram analisados 853 municípios do estado de Minas Gerais em 2010, ano mais recente com disponibilidade completa de dados. Para construir o índice de eficiência do primeiro estágio, adotaram-se algumas variáveis previamente selecionadas pela literatura (Faria; Jannuzzi; Silva, 2008; Rocha *et al.*, 2012; Hadad *et al.*, 2013). O insumo foi representado pelo gasto *per capita* em saúde (*gastopc*), em que se somam os gastos orçamentários municipais anuais de 2010 com a atenção básica, assistência hospitalar e ambulatorial, suporte profilático e terapêutico, vigilância sanitária, epidemiológica e alimentação/nutrição. Essa variável foi extraída do sítio eletrônico da Fundação João Pinheiro (FJP, 2018).

O conjunto de variáveis de produto é composto pela “cobertura vacinal tetravalente em menores de 1 ano (*tetra*)”, que considera a proporção da referida população vacinada contra difteria, coqueluche, tétano e haemophilus influenza tipo b; “cobertura vacinal contra poliomelite em menores de 1 ano (*poli*)”; “cobertura vacinal contra febre amarela em menores

de 1 ano (*febre*”); “cobertura vacinal contra influenza da população residente com 60 anos ou mais (*influ*”); “cobertura vacinal contra hepatite em menores de 20 anos de idade (*hep*”); “cobertura vacinal de tríplice viral na população de 1 ano de idade (*viral*)”. As variáveis de cobertura vacinal foram obtidas no sítio eletrônico do Departamento de Informática do SUS (DATASUS, 2018)³. Utilizou-se também o IDHL - *Índice de Desenvolvimento Humano – Longevidade (IDHL)*” (um dos três indicadores que compõem o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, IDHM). A variável é construída através de informações sobre a expectativa de vida ao nascer, considerando o padrão de mortalidade predominante no ano do Censo, neste caso, o ano de 2010.

Para determinar o modelo de segundo estágio foram adotadas as seguintes variáveis explicativas: Renda *per capita* (*rendapc*); Taxa de atividade (para indivíduos com 18 anos ou mais - *txatividade*); Gasto *per capita* com esporte e lazer (*gesporte*); Taxa de analfabetismo (*analf*); Proporção de nascidos com baixo peso (*baixopeso*); Proporção de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado (*intsaneamento*); Proporção de famílias atendidas pelo Programa Saúde da Família (*PSF*); Proporção de nascidos vivos cujas mães realizaram 7 ou mais consultas de pré-natal (*prenatal*); Distância média para internação de média complexidade (*disthosp*); Percentual da população em domicílios com banheiro e água encanada (*txencanamento*); Percentual da população com serviços de abastecimento de água (*txabastecimento*); Percentual da população com serviços de esgotamento sanitário (*txsaneamento*); Percentual da população em domicílio com coleta de lixo (direta e indireta) (*coleta*); Percentual da população atendida por sistema de coleta de lixo (*coletadireta*). Todos esses dados foram retirados do sítio eletrônico da Fundação João Pinheiro (FJP, 2018). A descrição dos dados pode ser encontrada no anexo1 e 2.

³ Serviços de vacinação são considerados de baixa complexidade tecnológica. Dados de serviços mais complexos são mais escassos no âmbito municipal. Informações sobre serviços de média e alta complexidade, como produção hospitalar, por exemplo, não estão disponíveis para mais da metade dos municípios amostrados. O número elevado de *missing values* poderia afetar significativamente a construção do indicador de eficiência. Por isso, decidiu-se remover esses fatores do estudo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Devido ao possível problema da influência de *outliers* na construção de fronteiras utilizando métodos não paramétricos, como proposto por Sousa e Stosic (2005), realizou-se um procedimento na amostra global para testar se existem observações discrepantes nos dados. Após a utilização deste método, não foram evidenciados *outliers* significativos, pois os *leverages* calculados se localizaram abaixo do limite máximo definido pelos autores, que é 0,02. A frequência dos *leverages* sobre a meta-fronteira é representada pela Figura (3).

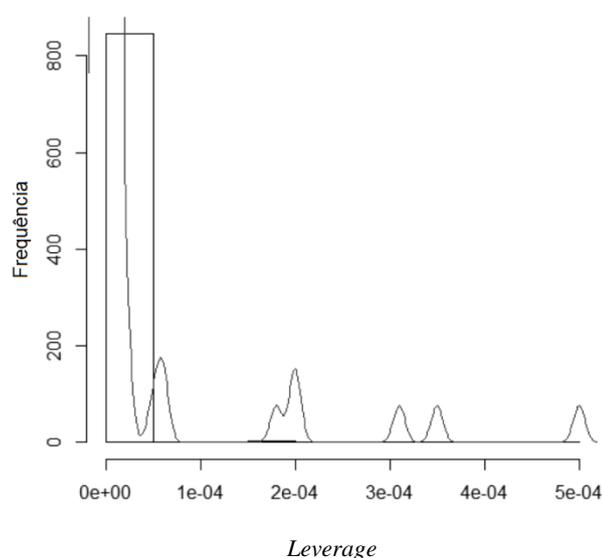


Figura 3 - Frequência dos leverages da eficiência dos gastos em saúde

Fonte: Resultado da pesquisa

Posteriormente, foram construídas fronteiras locais com a finalidade de controlar a heterogeneidade da amostra. O procedimento foi realizado a partir da divisão da amostra em relação ao tamanho da população, como visto em Rocha *et al.* (2012). Assim, os municípios foram agrupados da seguinte maneira: (i) municípios de até 50 mil habitantes (92,02% do total de municípios da amostra), (ii) a partir de 50 mil até 100 mil habitantes (4,33%); e (iii) acima de 100 mil habitantes (3,63%). A Tabela 1 apresenta estatísticas descritivas da eficiência municipal em saúde, do gasto *per capita* médio em saúde, da cobertura vacinal

média e do índice médio de desenvolvimento humano da saúde, organizados pelo critério populacional.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas dos indicadores de eficiência

<i>Parte (a): Indicadores de eficiência por grupos</i>				
Grupos	Quantidade	Média	Mínimo	Máximo
Taxa meta-tecnologia (MTR)				
Até 50 mil habitantes	785	0,97	0,454	1,00
De 50 a 100 mil habitantes	37	0,633	0,3	1,00
A partir de 100 mil habitantes	31	0,69	0,366	1,00
Eficiência na meta-fronteira (MTE)				
Até 50 mil habitantes	785	0,413	0,098	1,00
De 50 a 100 mil habitantes	37	0,429	0,117	1,00
A partir de 100 mil habitantes	31	0,463	0,122	1,00
Eficiência dentro do grupo (GTE)				
Até 50 mil habitantes	785	0,429	0,107	1,00
De 50 a 100 mil habitantes	37	0,667	0,251	1,00
A partir de 100 mil habitantes	31	0,664	0,168	1,00
<i>Parte (b): Médias das variáveis da fronteira por grupos</i>				
Grupos	Quant.	Gastopc	Cobvac	IDHL
Até 50 mil habitantes	785	R\$ 375	93%	0,821
De 50 a 100 mil habitantes	37	R\$ 337	91%	0,851
A partir de 100 mil habitantes	31	R\$ 346	91%	0,854

Fonte: Resultados da pesquisa

A média da divisão entre os escores auferidos na meta-fronteira (MTE) e dentro do grupo (GTE) são representados pela razão “meta-tecnologia” (MTR). Se não há disparidade devido ao tamanho da população, os indicadores GTE e MTE se igualam e MTR se torna unitária. Quanto mais distante da unidade, maior a diferença entre a eficiência dos grupos e da meta-fronteira. Assim, de acordo com os resultados visualizados na Tabela 1, há indícios de

que o fator populacional pode influenciar no cômputo dos indicadores DEA, com destaque para os municípios médios (MTR = 0,633) e grandes (MTR = 0,690).

Quando se considera a heterogeneidade populacional (indicador GTE), tem-se os resultados de 0,429, 0,667 e 0,664 para os municípios de pequeno, médio e grande portes, respectivamente. Relança-se, portanto, mais uma evidência empírica sobre a ineficiência da gestão dos gastos públicos em saúde em Minas Gerais. Médici (2011) ilustra motivos pelos quais os municípios brasileiros tendem a se tornar ineficientes. Em primeiro lugar, o autor aponta que regiões de baixo número populacional apresentam dificuldades para acessar os serviços de saúde disponíveis. Além disso, caracterizam-se pela existência de pequenos hospitais ou postos de saúde que possuem elevado custo fixo médio. Para enfatizar, ressalta-se que em Minas Gerais esses municípios representam mais de 90% das regiões. Por essa via de argumentação, os municípios pequenos são ineficientes porque não conseguem ofertar diversos serviços de saúde e/ou porque gastam proporcionalmente mais (veja-se a Tabela 1, parte b). Para se ter uma melhor descrição, são apresentadas na Tabela 2 as médias de alguns indicadores por faixas de eficiência.

Em termos médios, um dos problemas dos municípios na faixa mais baixa de eficiência são os elevados gastos *per capita* (R\$514,66), visto que os demais fatores foram próximos, em valores, dos observados em outras faixas. Por exemplo, a cobertura vacinal média desses municípios, apesar de ser menor em relação aos demais, mostrou-se superior a 90%. O IDHL também se situou próximo da média. Comparativamente, os municípios da faixa de eficiência mais elevada obtiveram indicadores médios de cobertura vacinal semelhantes àqueles da primeira faixa (os menos eficientes) investindo 73% a menos no setor (*per capita*) (Tabela 2).

Em relação à renda *per capita*, observa-se que os municípios mais eficientes possuem rendimento médio mais elevado (R\$ 505,46 em média) (Tabela 2). Em uma perspectiva geral, os cidadãos que auferem renda maior poderiam migrar do sistema público de saúde para o privado com maior probabilidade. Assim, a demanda pelos serviços públicos pode ter uma tendência a diminuir e os indicadores de qualidade da saúde tenderiam a se elevar.

Além desses resultados, verifica-se também que variáveis que representam problemas de saúde pública relacionados à qualidade de vida da população, como a proporção de internações por doenças associadas ao saneamento possuem maior incidência em municípios nas faixas mais baixas de eficiência. Por outro lado, a abrangência do Programa de Saúde da

Família é mais visível em municípios ineficientes, tendo na média proporção de 91,52% de atendimento em relação à população total (Tabela 2).

Fatores que remetem ao saneamento básico, como abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo, relativos à qualidade do ambiente da população, em termos médios, possuem valores próximos entre as faixas de eficiência e não indicam efeitos aparentes. Outras variáveis, como expectativa de vida e taxa de atividade de adultos com 18 anos ou mais, também apresentam semelhanças, na média, entre os quantis de eficiência (Tabela 2).

Tabela 2 - Médias de variáveis selecionadas por faixa de eficiência.

Variáveis	Até 0,25	A partir 0,25 a 0,50	A partir de 0,5 até 0,75	A partir de 0,75
Gasto <i>per capita</i>	514,66	352,81	244,74	148,75
Cobertura vacinal média	91,16	93,38	94,11	93,94
Expectativa de vida	74,2	74,05	74,51	73,97
IDH-S	0,82	0,817	0,825	0,816
População	27.399,58	15.049,03	20.971,42	22.806,18
Renda <i>per capita</i>	480,75	459,82	477,62	505,46
Taxa de atividade	63,49	62,79	62,29	63,49
Percentual da população em domicílio com banheiro e água encanada	94,02	90,1	89,31	93,41
Taxa de analfabetismo	12,84	14,58	14,52	11,55
Gasto per capita com esportes	31,75	16,37	14,28	21,62
Proporção de nascidos com baixo peso	9,02	8,72	8,48	8,74
Proporção de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado	9,02	3,6	3,92	1,62
Proporção de famílias atendidas por PSFs	91,52	88,35	78,36	85,97

Variáveis	Até 0,25	A partir 0,25 a 0,50	A partir de 0,5 até 0,75	A partir de 0,75
Proporção de nascidos vivos cujas mães realizaram 7 ou mais consultas de pré-natal	69,82	66,49	62,96	58,59
Distância média para internação de média complexidade	72,14	86,05	83,03	90,23
Percentual da população com serviços de abastecimento de água	84,64	82,94	83,5	83,28
Percentual da população com serviços de esgotamento sanitário	51,66	51,98	49,18	54,75
Percentual da população em domicílio com coleta de lixo (direta e indireta)	96,26	94,57	92,98	95,23
Percentual da população atendida por sistema de coleta de lixo	64,49	62,4	59,21	67,36

Fonte: Elaboração própria

Em seguida, descrevem-se os indicadores de eficiência obtidos pela abordagem *bootstrap*. Os histogramas a seguir apresentam a distribuição dos indicadores de eficiência do modelo DEA original e aquele obtido por *bootstrap* (Figura 4).

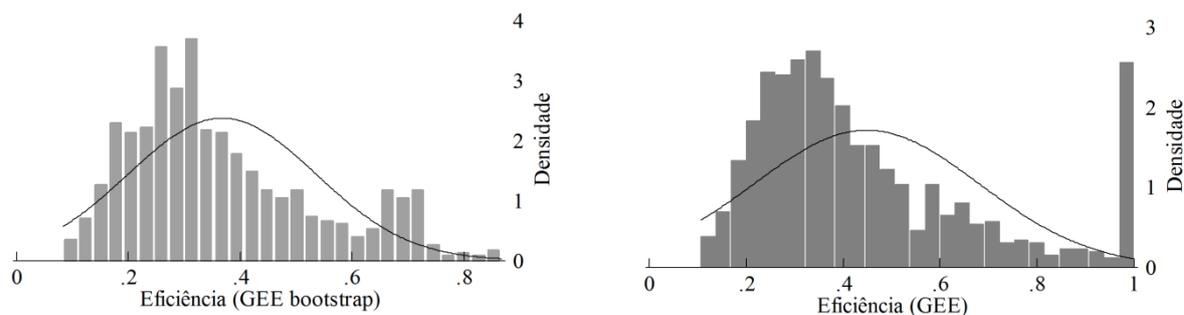


Figura 4 - Histograma dos indicadores de eficiência dos modelos DEA original e por bootstrap.

Fonte: Resultados da pesquisa

Resumidamente, o processo *bootstrap* introduz choques aleatórios ao indicador de eficiência original para simular fatores não controlados diretamente pelo gestor público, como epidemias, catástrofes naturais e outros pelos quais os serviços de saúde são afetados. Além disso, o método *bootstrap* pode também ser utilizado como medida de confiabilidade da estimação. Simar e Wilson (1998) descrevem que os resultados com a utilização desse artifício estocástico são preferíveis quando a variância do estimador for inferior a um terço do enviesamento ao quadrado⁴, condição não rejeitada neste estudo.

Especificamente, a Figura 3 mostra que as distribuições dos indicadores se diferem de certa forma. No modelo DEA original (GEE) há um predomínio de localidades com escores unitários que indica a existência de diversas regiões eficientes (são 62 unidades eficientes). Em contrapartida, pode-se ver que no desenho da densidade do estimador GEE-*bootstrap* não ocorrem truncamentos unitários. Se tratando de saúde pública, portanto, o estimador GEE-*bootstrap* é mais condizente com a realidade dos municípios mineiros, os quais enfrentam problemas visíveis de saúde pública, como baixa oferta de serviços e indicadores de qualidade insuficientes. A Tabela 3 reporta estatísticas descritivas por ambos os métodos.

⁴ Para mais detalhes, ver Simar e Wilson (1998).

Tabela 3 - Estatísticas descritivas do modelo original e do bootstrap

Método	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo
DEA-GEE	0,448	0,233	0,107	1
DEA-GEE bootstrap	0,367	0,168	0,082	0,867

Fonte: Resultados da pesquisa

Como pode ser visto na Tabela 3, a eficiência média da gestão em saúde dos municípios mineiros é menor pelo método *bootstrap*, assim como seu desvio-padrão. Em outras palavras, o indicador DEA original superestima o desempenho dos municípios (numericamente, o coeficiente foi maior em 0,08 pontos percentuais). Destaca-se, também, que os valores mínimo e máximo estimados pelo método *bootstrap* são inferiores em relação ao DEA original. Como dito, esse procedimento considera fatores estocásticos na fronteira que podem afetar negativamente o desempenho da gestão. Por essa razão, os limites tendem a ser menores no contexto da saúde⁵.

Os escores de eficiência obtidos por *bootstrap* foram utilizados em um procedimento de segundo estágio no qual o desempenho da gestão em saúde é relacionado a um conjunto de variáveis exógenas ao sistema de saúde. A ideia aqui é entender se as condições socioeconômicas dos municípios podem afetar a eficiência em saúde. Em caso afirmativo, as resoluções dos problemas de saúde pública em Minas Gerais não passariam apenas pelo setor de saúde, mas sim por uma proposta de desenvolvimento mais abrangente.

As estimações iniciaram-se com regressões por mínimos quadrados ordinários (MQO) “par a par” entre a eficiência e os regressores expostos no anexo 2. Nessa etapa foram excluídas as variáveis que não foram estatisticamente significativas separadamente. Apesar de ser um critério *ad hoc*, a ideia do procedimento é simples e tem sentido neste contexto, pois, se os regressores não apresentam significância individual, podem não ser significativos em um modelo global. Ademais, a inclusão de variáveis estatisticamente irrelevantes poderia provocar multicolinearidade.

⁵ É importante notar que nem sempre a abordagem *bootstrap* irá reduzir os limites de mínimo e máximo dos indicadores. Por exemplo, se existem fatores estocásticos que afetam positivamente a performance, então o DEA original poderia subestimar a eficiência das unidades. De outra forma, quando uma unidade eficiente perde seu posto por uma influência aleatória, todas as unidades são afetadas, visto que ocorre o deslocamento da fronteira para baixo.

Em sequência, empregou-se um modelo de regressão quantílica global (com todos os regressores que foram selecionados no procedimento anterior). Esse método permite estimar a correlação parcial entre a eficiência e seus determinantes em quantis de eficiência, o que o torna útil ao presente caso, pois é possível verificar se as condições socioeconômicas se correlacionam de modo diferente entre as faixas de eficiência.

Para tanto, primeiramente realizou-se um procedimento que testa se os parâmetros nos quantis se diferem estatisticamente. Efetuou-se a aplicação do teste de Wald, o qual rejeitou a 1% a hipótese de igualdade dos coeficientes [$F = 16,27$]. Assim, o teste indicou que existem diferenças entre os coeficientes ao longo dos quantis e que, portanto, é pertinente estimar os parâmetros pelo método quantílico.

O modelo final considerou o logaritmo das variáveis “população, renda, taxa de analfabetismo, percentual da população atendida com esgotamento sanitário” e “percentual da população atendida com coleta de lixo” contra o logaritmo da eficiência. A transformação logarítmica possibilita analisar o modelo em termos percentuais. Os resultados das estimações estão disponíveis na Tabela 4.

Tabela 4: Determinantes da eficiência dos serviços de saúde de Minas Gerais por meio do modelo de Regressão Quantílica

Variáveis	Q25	Q50	Q75	Q90
Constante	-0,430 ^{***} (0,148)	-0,651 ^{***} (0,184)	-1,142 ^{***} (0,328)	-0,438 ^{NS} (0,454)
População	0,057 ^{***} (0,006)	0,0808 ^{***} (0,009)	0,085 ^{***} (0,010)	0,048 ^{***} (0,011)
Renda	0,006 ^{NS} (0,018)	0,025 ^{NS} (0,025)	0,112 ^{**} (0,051)	0,093 ^{NS} (0,065)
Taxa de analfabetismo	0,052 ^{**} (0,016)	0,039 [*] (0,021)	0,054 [*] (0,028)	0,005 ^{NS} (0,041)
População com esgoto	0,0007 ^{NS} (0,003)	0,002 ^{NS} (0,003)	0,005 ^{NS} (0,010)	0,006 ^{NS} (0,019)
Coleta de lixo	-0,002 ^{NS} (0,004)	-0,006 ^{NS} (0,005)	-0,007 ^{NS} (0,014)	-0,004 ^{NS} (0,016)
R ²	0,087	0,105	0,108	0,076

Fonte: Elaboração própria

Nota: NS, não significativo; *, 10% de significância; **, 5% de significância; ***, 1% de significância; Q25, primeiro quantil; Q50, segundo quantil; Q75, terceiro quantil; Q90, quarto quantil; Valores em parênteses são os erros-padrão.

Para tornar a interpretação dos resultados mais intuitiva e ilustrativa, as análises que se seguem são baseadas na Figura 5. Os gráficos da Figura 5 mostram a trajetória que os parâmetros tomam dentro dos quantis de eficiência. Desse modo, é possível verificar as diversas correlações para diferentes faixas de eficiência.

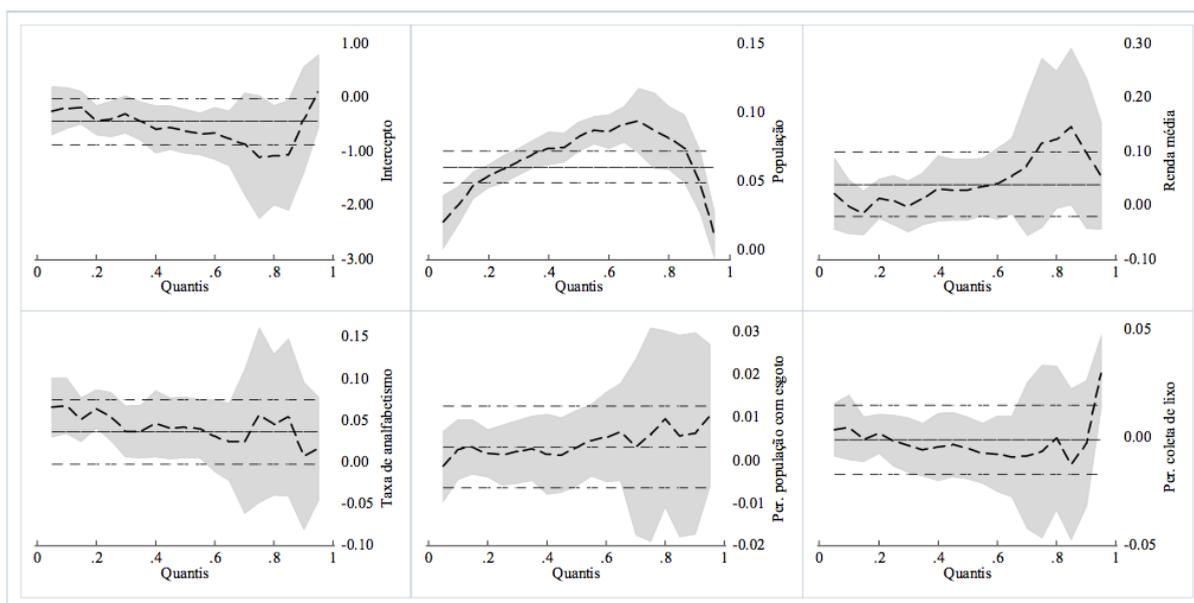


Figura 4. Variação dos parâmetros estimados nos quantis de eficiência.

Fonte: Elaboração própria.

Cada gráfico da Figura 5 ilustra o parâmetro estimado das variáveis. O eixo vertical mostra o valor do parâmetro estimado, enquanto o eixo horizontal, os quantis de eficiência. A linha reta contínua representa a estimativa do parâmetro por MQO e as linhas tracejadas que a envolvem são os intervalos de confiança de MQO. Já a linha tracejada mais escura que flutua sobre o gráfico está associada ao parâmetro da regressão quantílica.

Cabe ressaltar primeiramente que as trajetórias dos parâmetros das variáveis “taxa de analfabetismo, percentual da população atendida com esgotamento sanitário” e “percentual da população atendida com coleta de lixo” não destoaram em relação ao estimador de MQO, pois as mesmas se situaram quase sempre dentro do intervalo de MQO e sem trajetória ascendente ou descendente. Segundo Campos, Coelho e Gomes (2012), a relação entre a estrutura socioeconômica e os indicadores de eficiência tornam-se mais evidentes no longo prazo. Em todo caso, os autores reportam que condições sociais, sanitárias etc. são importantes, pois podem facilitar o papel exercido pelo Estado, especificamente neste caso, no suprimento da saúde. Não obstante, há limitações neste estudo pelo fato de a abordagem não capturar a dinâmica dessa relação. Para isso, seria necessário recorrer a técnicas empíricas que permitissem analisar os municípios ao longo do tempo, o que não foi possível em razão da escassez de dados.

Apesar dessa limitação, as variáveis “população” e “renda” seguiram um padrão claro, o qual pode estar associado à escala produtiva. Em relação a variável população, observa-se que os coeficientes foram positivos, indicando a existência de correlação positiva entre o tamanho populacional e a eficiência. Adicionalmente, é visível que a elasticidade aumenta ao longo dos *quantis* até algo em torno a 0,7; após esse ponto, a relação ainda é positiva, mas a elasticidade torna-se menor, tendendo para zero. Este efeito, como dito, pode estar alinhado à ideia dos retornos decrescentes da produção em saúde.

Do mesmo modo, o parâmetro da renda pode não ser corretamente medido de forma linear nos quantis, pois observa-se um possível efeito escala. Concretamente, pode-se verificar que a elasticidade-renda é crescente com a eficiência; ou seja, a renda tende a apresentar relação mais forte com municípios mais eficientes, até um ponto próximo a 0,9.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa procurou estimar e analisar a eficiência técnica da gestão pública da saúde e sua relação com variáveis socioeconômicas em municípios de Minas Gerais em 2010. Para isso, os métodos DEA meta-fronteira e regressão quantílica foram adotados em uma abordagem de dois estágios.

É possível concluir que despesas *per capita* em saúde mais elevadas não se traduzem necessariamente em melhoria da eficiência e/ou da qualidade deste segmento. Os resultados mostraram que na faixa mais baixa de eficiência encontram-se municípios que, em média, gastam mais.

Sendo assim, as políticas de saúde poderiam focar primeiramente sobre a aplicação efetiva e a fiscalização dos recursos ao invés de buscar expandir os investimentos em um cenário de baixa eficiência. Caso contrário, mais recursos poderiam ser desperdiçados sem que haja melhoria aparente nas condições de saúde da população.

Neste cenário, a busca pela ampliação da eficiência avança naturalmente para a discussão sobre a operacionalização da saúde nos municípios de pequeno, médio e grande portes. A literatura aponta que uma parte representativa da ineficiência está na escala produtiva dos estabelecimentos, visto que a maioria das localidades produz com elevado custo fixo médio (caso dos pequenos municípios, os quais representam mais de 90% das regiões do estado de Minas Gerais). Na outra ponta, estão os municípios grandes em escala, mas que não sustentam o crescimento da demanda regional.

Argumenta-se que o planejamento da saúde em Minas Gerais deveria ir além dos gargalos do próprio setor. Veja-se que boas práticas em segmentos correlatos certamente trariam impactos positivos para a saúde. Para ilustrar, um número significativo de internações poderia ter sido evitado se os municípios tivessem saneamento básico adequado (conforme visto neste estudo, a prevalência de internações por causas como a referida foi maior no grupo de localidades com índices de eficiência mais baixos).

Além disso, é preciso explorar melhor a associação positiva e crescente entre renda e eficiência. Há, por exemplo, oportunidades de aumentar a oferta por meio da expansão dos

planos privados, sobretudo nos municípios de renda mais elevada. Nesse sentido, parcerias público-privadas estimulariam o crescimento da oferta de saúde e reduziriam a pressão sobre o serviço público.

Em resumo, é possível que os problemas da oferta de saúde em Minas Gerais não sejam apenas relativos ao setor, mas também a questões mais amplas que envolvem o desenvolvimento regional. Ao analisar tais especificidades, abre-se um leque para futuros estudos utilizarem técnicas empíricas para entender melhor como essas relações se dariam no longo prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, A. S.; AUBYN, M. Non-parametric approaches to education and health expenditure efficiency in OECD countries. **Journal of Applied Economics**, VIII:227-246, 2005.

BANCO MUNDIAL. World Development Indicators Database, 2018. Acesso em: Mar. 2018.

BANKER, R.; CHARNES, A; COOPER, W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BANKER, R. D.; NATARAJAN, R. Evaluating contextual variables affecting productivity using data envelopment analysis. **Operations research**, v. 56, n. 1, p. 48-58, 2008.

BASSET, G; KOENKER, R. Regression quantiles. **Econometrica**, v. 46, n. 1, p. 33-50, 1978.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

CAMERON, A. Colin; TRIVEDI, Pravin K. Microeconometrics with STATA. **College Station, TX: StataCorp LP**, 2009.

CAMPOS, S. A. C.; COELHO, A. B.; GOMES, A. P. Influência das condições ambientais e ação antrópica sobre a eficiência produtiva agropecuária em Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 3, p. 563-576, 2012.

CESCONETTO, A.; LAPA, J.; CALVO, M. C. M. Avaliação da eficiência produtiva de hospitais do SUS de Santa Catarina, Brasil Evaluation of productive efficiency in the Unified

National Health System hospitals in the State of Santa Catarina, Brazil. **Cadernos de Saúde pública**, v. 24, n. 10, p. 2407-2417, 2008.

CHIU, C. et al. Decomposition of the environmental inefficiency of the meta-frontier with undesirable output. **Energy Economics**, v. 34, n. 5, p. 1392-1399, 2012.

COSTA, C. C. et al. Fatores associados à eficiência na alocação de recursos públicos à luz do modelo de regressão quantílica. **Revista de Administração Pública-RAP**, v. 49, n. 5, 2015.

DATASUS. **Departamento de Informática do SUS**, 2018. Acesso em: Março 2018.

QUEIROZ, M. F. M. et al. Eficiência no gasto público com saúde: uma análise nos municípios do Rio Grande do Norte. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 44, n. 3, p. 761-776, 2013.

DIAS, L. et al. Fatores Associados ao Desperdício de Recursos da Saúde Repassados pela União aos Municípios Auditados pela Controladoria Geral da União. **Revista Contabilidade & Finanças-USP**, v. 24, n. 63, 2013.

EFRON, B. Computers and the theory of statistics: thinking the unthinkable. **SIAM review**, v. 21, n. 4, p. 460-480, 1979.

ERSOY, K. et al. Technical efficiencies of Turkish hospitals: DEA approach. **Journal of Medical Systems**, v. 21, n. 2, p. 67-74, 1997.

FÄRE, R. et al. Characteristics of a polluting technology: theory and practice. **Journal of Econometrics**, v. 126, n. 2, p. 469-492, 2005.

FARIA, F. P.; JANNUZZI, P. M.; SILVA, S. J. Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro. **Revista de Administração Pública-RAP**, v. 42, n. 1, 2008.

FELDER, S; TAUCHMANN, H. Federal state differentials in the efficiency of health production in Germany: an artifact of spatial dependence?. **The European Journal of Health Economics**, v. 14, n. 1, p. 21-39, 2013.

FERREIRA, M. P; PITTA, M. T. Avaliação da eficiência técnica na utilização dos recursos do sistema único. **São Paulo em perspectiva**, v. 22, n. 2, p. 55-71, 2008.

FETHI, M. D; JACKSON, P. M.; WEYMAN-JONES, T. G. **Measuring the efficiency of European airlines: an application of DEA and Tobit Analysis**. 2000.

FJP. Fundação João Pinheiro, 2018. Acesso em: Mar. 2018.

FONSECA, P; FERREIRA, M. Saúde e Sociedade. **Saúde e Sociedade**, v. 18, p. 199-213, 2009.

GIAMBIAGI, F; ALEM, A; PINTO, S. G. B. **Finanças públicas**. Elsevier Brasil, 2015.

HADAD, S.; HADAD, Y.; TUVALL, T. S. Determinants of healthcare system's efficiency in OECD countries. **The European Journal of Health Economics**, 14, n. 2, 2013. 253-265.

HARRISON, J.; COPPOLA, M.; WAKEFIELD, M. Efficiency of federal hospitals in the United States. **Journal of Medical Systems**, v. 28, n. 5, p. 411-422, 2004.

HOLLINGSWORTH, B. Non-parametric and parametric applications measuring efficiency in health care. **Health care management science**, v. 6, n. 4, p. 203-218, 2003.

IBGE. Censo 2010, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>> Acesso em: Fev. 2018.

JUNIOR, S. P. M.; IRFFI, G.; BENEGAS, M. Análise da eficiência técnica dos gastos com educação, saúde e assistência social dos municípios cearenses. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 36, 2011.

MANIADAKIS, N; HOLLINGSWORTH, B; THANASSOULIS, Emmanuel. The impact of the internal market on hospital efficiency, productivity and service quality. **Health Care Management Science**, v. 2, n. 2, p. 75-85, 1999.

MARINHO, A. Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do Estado do Rio de Janeiro. **Revista brasileira de economia**, v. 57, n. 3, p. 515-534, 2003.

MAZON, L.; MASCARENHAS, L.; DALLABRIDA, V. Saúde e Sociedade. **Saúde e Sociedade**, v. 24, p. 23-33, 2015.

MEDICI, A. Propostas para melhorar a cobertura, a eficiência e a qualidade no setor de saúde. **Brasil: a nova agenda social**, Rio de Janeiro, p. 23-93, 2011.

MENDES, C. C.; SOUSA, M. C. S. Demand for locally provided public services within the median voter's framework: the case of the Brazilian municipalities. **Applied Economics**, v.38, n.3, p.239-251, 2006.

O'DONNELL, C. J.; RAO, DS P.; BATTESE, George E. Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios. **Empirical economics**, v. 34, n. 2, p. 231-255, 2008.

PERELMAN, S.; PERELMAN J.; SANTIN, D. Performance and productivity in education and health Brazil in the international context. **Mimeo report for the World Bank**, 2016.

RIBEIRO, M. B. Eficiência do gasto público na América Latina: uma análise comparativa a partir do modelo semi-paramétrico com estimativa em dois estágios. **CEPAL**, 2008.

ROCHA, F. et al. Mais recursos ou mais eficiência? Uma análise de oferta e de demanda por serviços de saúde no Brasil. **Anais do Encontro Nacional de Economia**, 2012.

RUGGIERO, J. Non-discretionary inputs in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 111, n. 3, p. 461-469, 1998.

SANTERRE, R. E.; NEUN, S. P. **Health economics: Theory, insights, and industry studies**. Cengage Learning, 2012.

SCHINNAR, P. et al. Organizational determinants of efficiency and effectiveness in mental health partial care programs. **Health Services Research**, v. 25, n. 2, p. 387, 1990.

SILVA, A. et al. Eficiência na alocação de recursos públicos destinados à educação, saúde e habitação em municípios mineiros. **Contabilidade, Gestão e Governança**, v. 15, n.1, 2012.

SIMAR, L.; WILSON, P. W. Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models. **Management science**, v. 44, n. 1, p. 49-61, 1998.

SOUSA, M.; STOSIC, B. Technical efficiency of the Brazilian municipalities: Correcting nonparametric frontier measurements for outliers. **Journal of Productivity Analysis**, 24, 2005. 57-81

SOUZA, I. V.; NISHIJIMA, M.; ROCHA, F. Eficiência do setor hospitalar nos municípios paulistas. **Economia aplicada**, v. 14, n. 1, p. 51-66, 2010.

VARELA, P. S.; DE ANDRADE MARTINS, Gilberto; FÁVERO, Luiz Paulo Lopes. Desempenho dos municípios paulistas: uma avaliação de eficiência da atenção básica à saúde. **Revista de Administração**, v. 47, n. 4, p. 624-637, 2012.

WANG, Q. et al. Energy efficiency and production technology heterogeneity in China: a meta-frontier DEA approach. **Economic Modelling**, v. 35, p. 283-289, 2013.

ZHOU, P.; ANG, B. W.; POH, K. L. Measuring environmental performance under different environmental DEA technologies. **Energy Economics**, v. 30, n. 1, p. 1-14, 2008.

ANEXOS

Anexo 1: Variáveis utilizadas no primeiro estágio

Variável	Descrição
Primeiro Estágio	
gastopc	Gasto <i>per capita</i> em saúde - soma dos gastos orçamentários municipais anuais em 2010, considerando os recursos destinados à atenção básica, assistência hospitalar e ambulatorial, suporte profilático e terapêutico, vigilância sanitária, epidemiológica e alimentação/nutrição
Tetra	Cobertura vacinal tetravalente em menores de 1 ano, que considera a proporção da referida população vacinada contra difteria, coqueluche, tétano e haemophilus influenza tipo b
poli	Cobertura vacinal contra poliomelite em menores de 1 ano
febre	Cobertura vacinal contra febre amarela em menores de 1 ano
influ	Cobertura vacinal contra influenza da população residente com 60 anos ou mais
hep	Cobertura vacinal contra hepatite em menores de 20 anos de idade
viral	Cobertura vacinal de tríplice viral na população de 1 ano de idade

idhl Índice de Desenvolvimento Humano – Longevidade, um dos três indicadores que compõem o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)

Anexo 2: Variáveis utilizadas no segundo estágio.

Segundo Estágio

Rendapc	Renda per capita do município
Txatividade	Taxa de atividade 18 anos e mais
Gesporte	Gasto per capita com esporte e lazer
Analf	Taxa de analfabetismo
Baixopeso	Proporção de nascidos com baixo peso
Intsaneamento	Proporção de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado
Psf	Proporção de famílias atendidas pelo Programa Saúde da Família
Disthosp	Distância média para internação de média complexidade
Txencanamento	Percentual da população em domicílios com banheiro e água encanada
Txabastecimento	Percentual da população com serviços de abastecimento de água
Txsaneamento	Percentual da população com serviços de esgotamento sanitário
Coleta	Percentual da população em domicílio com coleta de lixo (direta e indireta)

Coletadireta

Percentual da população atendida por sistema de coleta de lixo

Prenatal

Proporção de nascidos vivos cujas mães realizaram 7 ou mais consultas de pré-natal

Fonte: Elaboração própria