

# 1646

TEXTO PARA DISCUSSÃO

**BRASIL, AMÉRICA LATINA E CARIBE:  
AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA EM  
SISTEMAS DE SAÚDE**

**Alexandre Marinho  
Simone de Souza Cardoso  
Vivian Vicente de Almeida**

**Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada**

### **BRASIL, AMÉRICA LATINA E CARIBE: AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA EM SISTEMAS DE SAÚDE\***

Alexandre Marinho\*\*

Simone de Souza Cardoso\*\*\*

Vivian Vicente de Almeida\*\*\*

---

\* Pesquisa realizada com o apoio do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD). Os autores agradecem os comentários de Carlos Octávio Ocké-Reis e Luciana Mendes Santos Servo, que aprimoraram o texto. Eventuais erros remanescentes são de inteira responsabilidade dos autores.

\*\* Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Sociais (Disoc) do Ipea.

\*\*\* Pesquisadora do PNPD no Ipea.

## **Governo Federal**

**Secretaria de Assuntos Estratégicos da  
Presidência da República**

**Ministro Wellington Moreira Franco**

**ipea** Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada à Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

### **Presidente**

Marcio Pochmann

### **Diretor de Desenvolvimento Institucional**

Fernando Ferreira

### **Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais**

Mário Lisboa Theodoro

### **Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia**

José Celso Pereira Cardoso Júnior

### **Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas**

João Sicsú

### **Diretora de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais**

Liana Maria da Frota Carleial

### **Diretor de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura**

Márcio Wohlers de Almeida

### **Diretor de Estudos e Políticas Sociais**

Jorge Abrahão de Castro

### **Chefe de Gabinete**

Fabio de Sá e Silva

### **Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação**

Daniel Castro

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

## **Texto para Discussão**

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pelo Ipea, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

ISSN 1415-4765

JEL: C1, C61, H51, I12, I18

# SUMÁRIO

---

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO .....	7
2 A AMOSTRA E OS DADOS UTILIZADOS .....	9
3 A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS .....	11
4 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA DEA EM MODELOS ALTERNATIVOS .....	16
5 AS FRONTEIRAS ESTOCÁSTICAS .....	44
6 APLICAÇÃO DAS FES NOS SISTEMAS DE SAÚDE, COM MODELOS ALTERNATIVOS .....	45
7 COMPARANDO OS RESULTADOS OBTIDOS COM AS FRONTEIRAS DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS E DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA .....	51
8 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM A LITERATURA .....	54
9 COMENTÁRIOS FINAIS.....	55
REFERÊNCIAS .....	60

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR .....63

APÊNDICES .....64

## RESUMO

Este estudo avalia a eficiência na provisão de serviços de saúde no Brasil em comparação com os países da América Latina e do Caribe. Estima-se em que medida podem servir para a representação de um serviço de saúde eficiente, dado o gasto *per capita* com saúde, variáveis tais como: esperança de vida ao nascer para homens; esperança de vida ao nascer para mulheres; índice de sobrevivência infantil; anos de vida recuperados para doenças transmissíveis; anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis; anos de vida recuperados para causas externas; tamanho da população; e área geográfica. As principais metodologias de avaliação utilizadas são as fronteiras de eficiência, calculadas em modelos de análise envoltória de dados (*data envelopment analysis*) e de fronteiras estocásticas (*stochastic frontiers*). Os resultados não são totalmente desfavoráveis ao Brasil.

## ABSTRACT<sup>i</sup>

We evaluate the efficiency of expenditure in health care provision by comparing various output measures (life expectancy; infant survival rate; years of life recovered from diseases; population; area) from the health system of Brazilian, Latina America and Caribbean Countries with an expenditure measure (health expenditure *per capita*). When estimating the efficiency frontier and country rankings we combine data envelopment analysis with stochastic frontiers. Our results provide some evidence that Brazil is not in the worst position in the sample.

---

i. As versões em língua inglesa das sinopses (*abstracts*) desta coleção não são objeto de revisão pelo Editorial do Ipea. *The versions in English of this series have not been edited by Ipea's editorial department.*



## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho dá prosseguimento às pesquisas que estão sendo desenvolvidas no Ipea visando comparar a eficiência do sistema de saúde brasileiro com os sistemas de saúde de outros países, conforme Marinho, Cardoso e Almeida (2009). Esta linha de investigação foi precedida e incentivada, em grande medida, pelo trabalho de Ocké-Reis (2006).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), saúde é um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não somente a ausência de doença. Para garantir à população brasileira o gozo de tal estado de completo bem-estar, a Constituição Federal Brasileira de 1988 (CF/1988), em seu Artigo 196, estabelece que “A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços, para a sua promoção, proteção e recuperação” (BRASIL, 2006). Em seu Artigo 198, também estabelece que o sistema público de saúde brasileiro, o Sistema Único de Saúde (SUS), será organizado de acordo com diretrizes de descentralização, atendimento integral e participação da comunidade, e financiado “com recursos do orçamento da seguridade social, da União, dos estados, do Distrito Federal, e dos municípios, além de outras fontes”.

Admite-se que há necessidades de acréscimos de recursos em diversos segmentos do setor de saúde. Entretanto, aportes vultosos de recursos públicos necessitam, no setor de saúde, como em todo o setor público, ser antecedidos de avaliações de eficiência que ainda não foram realizadas em larga escala no Brasil. Esta é, inclusive, uma exigência de natureza constitucional, conforme o *caput* do Artigo 37 da CF/1988: “A administração pública direta e indireta de qualquer dos Poderes da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios obedecerá aos princípios de legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência” (BRASIL, 2006, grifo nosso).

Uma razão adicional e importante para a avaliação da eficiência em sistemas de saúde são os custos crescentes em saúde, observados em todos os países desenvolvidos ou em desenvolvimento e que, em geral, estão relacionados com o envelhecimento das populações, com a elevação dos preços relativos dos bens de saúde e com o desenvolvimento de tecnologias custosas. Assim, explorar os potenciais ganhos de eficiência é uma tarefa essencial, em tempos de restrições orçamentárias consideráveis (JOURMARD, ANDRÉ e NICQ, 2010; ESTACHE, GONZALEZ e TRUJILLO,



2007; AFONSO, SCHUKNECHT e TANZI, 2006; OCDE, 2005; AFONSO e St. AUBYN, 2005; OMS, 2000).

Neste trabalho, realizam-se avaliações de eficiência que procuram inferir em que medida o investimento, em termos monetários, no sistema de saúde do Brasil, comparado com os sistemas de saúde dos países da América Latina e Caribe,<sup>1</sup> seria eficiente em maximizar indicadores relacionados ao desempenho deste sistema.

Marinho, Cardoso e Almeida (2009) realizaram uma avaliação comparativa da eficiência dos sistemas de saúde dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) com relação ao Brasil. A presença significativa de dissimilaridades entre este país e os países desenvolvidos da OCDE, em princípio, deveria desfavorecer o Brasil (e os outros países em desenvolvimento da amostra, como o México e a Turquia). Entretanto, aquele estudo, ao cotejar os recursos disponíveis nos países e os resultados em saúde obtidos, analisados em modelos de estimação de fronteiras de eficiência, não corroborou tal impressão. O Brasil não obteve, de modo irretorquível ou sistemático, o pior desempenho da amostra. As dissimilaridades estão presentes em indicadores específicos do setor de saúde – taxa de mortalidade infantil, esperança de vida ao nascer, gasto *per capita* em saúde, participação do gasto público em saúde no total do gasto, oferta de profissionais de saúde (médicos e enfermeiros) e de leitos hospitalares –, bem como em indicadores socioeconômicos mais gerais, como o índice de Gini e a renda *per capita*, conforme avalia Ocké-Reis (2006).

Novamente, tais discrepâncias nos indicadores estarão presentes neste Texto para Discussão. Entretanto, ao contrário do observado no estudo envolvendo a OCDE, o Brasil tem uma posição socioeconômica, e mesmo sanitária, bastante favorável no contexto da América Latina. Por este motivo, novas análises serão realizadas neste trabalho, a fim de avaliar a eficiência do Brasil com relação aos demais países da América Latina e Caribe. Esta amostra melhora bastante a posição do Brasil nos indicadores específicos do setor saúde. Tal fenômeno pode ser visto no apêndice A e no apêndice B, os quais mostram que a maioria dos valores absolutos de cada indicador específico de saúde do Brasil se encontra dentro do intervalo de confiança. As exceções são a taxa de mortalidade infantil e a taxa de mortes por causas externas, para as quais o Brasil apresenta índices elevados. No apêndice C, pode-se observar também os *outliers*, por meio de um desenho

---

1. Antígua e Barbuda, Argentina, Bahamas, Barbados, Belize, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Dominica, República Dominicana, Equador, El Salvador, Granada, Guatemala, Guiana, Haiti, Honduras, Jamaica, México, Nicarágua, Panamá, Paraguai, Peru, São Cristóvão e Neves, Santa Lúcia, Suriname, Trindade e Tobago, Uruguai e Venezuela.

esquemático chamado *box-plot*. Ao observar este desenho, o Brasil deixa de ser *outlier* nos indicadores de saúde, estando em equilíbrio com relação aos países da América Latina – o contrário do observado na análise em relação à OCDE (MARINHO, CARDOSO e ALMEIDA, 2009), em que o Brasil era totalmente desfavorecido na amostra.<sup>2</sup>

Será analisada a eficiência dos serviços de saúde do Brasil frente aos países da América Latina e Caribe, no que diz respeito à maximização de alguns indicadores que um moderno sistema de saúde deve contemplar e influenciar. Estima-se em que medida certas variáveis – tais como esperança de vida ao nascer para homens; esperança de vida ao nascer para mulheres; mortalidade infantil (ou complementos desta medida: índice de sobrevivência infantil); anos de vida perdidos por doença (ou os seus complementos: anos de vida recuperados para doenças transmissíveis; anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis; e anos de vida recuperados para causas externas); tamanho da população; e extensão territorial – podem servir de representação para um sistema de saúde eficiente *vis-à-vis* a magnitude do gasto *per capita* com saúde nas sociedades analisadas. Estes exercícios também foram realizados no primeiro estudo (MARINHO, CARDOSO e ALMEIDA, 2009).

Este texto é composto de mais oito seções, além desta introdução. Na seção 2, discutem-se a amostra e os dados utilizados. Na seção 3, apresenta-se a análise envoltória de dados (DEA), cujas variações e resultados são discutidos na seção 4. Na seção 5, apresentam-se as fronteiras estocásticas (FEs), as quais têm os resultados exibidos e comentados na seção 6. A seção 7 compara os resultados obtidos via DEA com os obtidos via FEs. A seção 8 compara os resultados deste trabalho com os da literatura, e a seção 9 contém os comentários finais.

## 2 A AMOSTRA E OS DADOS UTILIZADOS

Os países analisados foram: Antígua e Barbuda, Argentina, Bahamas, Barbados, Belize, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Dominica, República Dominicana,

2. O presente estudo tem a intenção de dar continuidade a uma linha de pesquisa que, pretende-se, será apresentada em três partes, cada uma constando em um Texto para Discussão do Ipea. Na primeira parte do estudo, foi realizada a comparação do desempenho do Brasil com os desempenhos estimados para os países da OCDE (Marinho, Cardoso e Almeida, 2009). A segunda parte será desenvolvida neste trabalho, comparando o Brasil com os países da América Latina e Caribe. Na terceira parte do estudo, utilizando-se as variáveis que são válidas nos dois primeiros estudos, pretende-se comparar o Brasil com os países da OCDE e da América Latina e Caribe, de modo simultâneo.

Equador, El Salvador, Granada, Guatemala, Guiana, Haiti, Honduras, Jamaica, México, Nicarágua, Panamá, Paraguai, Peru, Santa Lúcia, São Cristóvão e Neves, Suriname, Trindade e Tobago, Uruguai, e Venezuela.

O ano-base estudado foi o ano de 2004. Para aquelas variáveis que não apresentaram dados para o referido ano, foram utilizados os anos imediatamente anteriores ou posteriores disponíveis. Este período contempla os anos de 1997 a 2005. Idealmente, cada variável deveria ser observada em um único ano para o conjunto dos países, de modo a evitar a discrepância de períodos de observação entre países para uma mesma variável. Entretanto, nem todas as variáveis estão disponíveis nos mesmos anos na base da OMS, que depende da coleta dos dados em cada um dos países. Algumas delas, como a área geográfica, não variam no período observado, mas apenas entre países. Outras têm períodos de coleta muito espaçados no tempo, e as correspondentes variações são muito pequenas, como é o caso da população, ou da esperança de vida ao nascer, o que reduziria os efeitos. Assim, nem sempre foi possível coletar todas as variáveis em um mesmo ano.

A base de dados utilizada para os indicadores de recursos e de resultados foi publicada pela OMS no World Health Report de 2007.

Para as variáveis não controladas diretamente pelos gestores dos sistemas de saúde (área geográfica e população), a fonte é a National Geographic Society.

A lista de variáveis é a seguinte:

- recursos (*inputs*): gasto *per capita* com saúde (em dólares por paridade do poder de compra – PPC);
- resultados (*outputs*): esperança de vida ao nascer para homens; esperança de vida ao nascer para mulheres; índice de mortalidade infantil; índice de sobrevivência infantil; anos de vida perdidos por doenças transmissíveis; anos de vida perdidos por doenças não transmissíveis; anos de vida perdidos por causas externas; anos de vida recuperados para doenças transmissíveis; anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis; e anos de vida recuperados para causas externas; e
- variáveis não controladas diretamente pelos gestores dos sistemas de saúde (*variáveis não discricionárias*): população, área territorial e densidade demográfica.

No caso da variável mortalidade infantil, foi calculada uma variável complementar ao indicador: o índice de sobrevivência infantil, que os sistemas de saúde buscariam,

*ceteris paribus*, aumentar. Mais especificamente, procurou-se estimar, de um total de 1 mil crianças nascidas, quantas sobrevivem 12 meses após o nascimento. O cálculo, conforme Afonso e St. Aubyn (2005), foi feito da seguinte forma:

$$ISR = \frac{1000 - IMR}{IMR}$$

onde IMR é o índice de mortalidade infantil (*infant mortality rate*).

Conforme ressaltam Afonso e St. Aubyn (2005), esse indicador aumenta com a melhoria das condições de saúde. Além disso, ele reflete uma razão entre a taxa de crianças que sobreviveram até 1 ano de idade e a taxa de crianças que morreram antes de completar esta idade.<sup>3</sup>

O indicador de anos de vida perdidos por doenças utilizado pela OMS (2000) estima, no total da população, quantos anos de vida perdidos podem ser atribuídos a diferentes morbidades em relação à esperança de vida ao nascer da população. Neste trabalho, o que se procurou estimar, na verdade, foi o ganho da população em análise, em anos de vida, pela possível prevenção de doenças de cada grupo especificado. A adoção deste indicador, que deveria ser objeto de maximização pelos países, e que, idealmente, deve aumentar com o incremento geral das condições de saúde, também foi imposta por razões metodológicas, que serão mais bem apresentadas no decorrer do estudo para todos os tipos de causas de mortes neste trabalho. Este indicador preserva a distribuição percentual das causas de sobrevivência (e de mortalidade) observada no indicador original da OMS. Dessa maneira, o cálculo foi feito com base em um indicador criado anos de vida recuperados (YSL)<sup>4</sup> calculado da seguinte forma:

$$YSL = 100 - YLL$$

### 3 A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

No sistema de entradas e saídas que representa um sistema de saúde, ocorre um processo de transformação complexo, que pode ser, com recomendáveis precauções, associado

3. Seja a quantidade de sobreviventes a cada 1 mil crianças nascidas vivas  $ISR^* = 1000 - IMR$ . O indicador  $ISR = \frac{1000 - IMR}{IMR} = \frac{ISR^*}{IMR}$ .

4. Uma espécie de complementar ao indicador inicial.

a um modelo que maximiza a produção de resultados, dados os recursos disponíveis. Neste trabalho será realizada uma avaliação da eficiência deste sistema, com a utilização do modelo de fronteira de eficiência conhecido como análise envoltória de dados (*data envelopment analysis – DEA*), inaugurada por Charnes, Cooper e Rhodes (1981). Basicamente, a DEA determina uma fronteira não estocástica de eficiência técnica para as unidades tomadoras de decisão (*decision making units – DMUs*) produtivas, por meio de um modelo de programação matemática, e está disponível em vários *softwares* comerciais. Além de indicar as DMUs que são plenamente eficientes, a DEA aponta, para as ineficientes, metas (*targets*) ótimas de produção e de consumo, a partir dos dados observados nas eficientes, sem a imposição *ex-ante* de alguma tecnologia arbitrária. Pode-se, também, inferir a natureza dos retornos de escala em cada uma das DMUs e obter, para cada DMU ineficiente, quais seriam as referências virtuosas (*peers*), cujas combinações convexas servem de caminho indicativo para a fronteira de eficiência.

Na análise envoltória de dados, qualquer DMU que produza menores quantidades de produtos que outra com o mesmo consumo de recursos será dita *ineficiente*. Analogamente, qualquer DMU que gere os mesmos níveis de produtos e que consuma mais recursos que outra também será dita *ineficiente*. Pode-se intuir uma noção de dominância no modelo, segundo a qual as unidades eficientes são aquelas que não são dominadas por nenhuma outra e que, por isso, determinam uma *fronteira de eficiência*. Como as DMUs podem, eventualmente, produzir múltiplos resultados (*outputs*) a partir de múltiplos recursos (*inputs*), as comparações não são sempre muito simples. Nestes casos, há um problema de programação matemática de solução não trivial. A análise envoltória de dados atribui a cada DMU um valor (escore), representativo de seu desempenho relativo. Geralmente, estes escores variam entre 0 e 1, ou entre 0% e 100%, mas existem modelos que não impõem limites superiores para os escores. Quanto maior o escore, maior a eficiência estimada para a DMU.

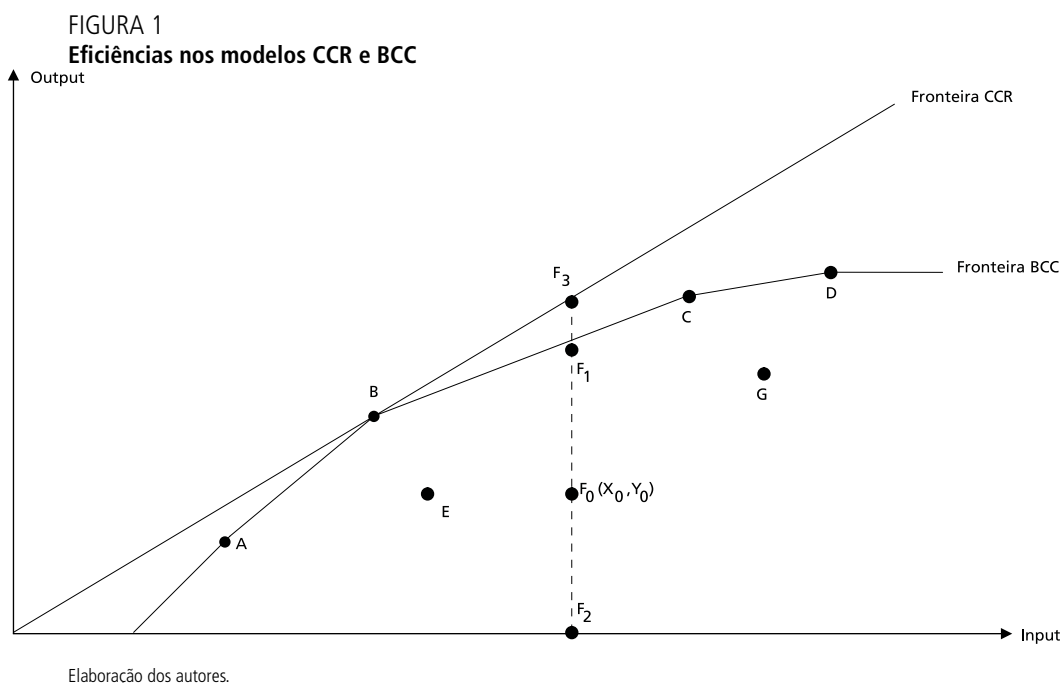
A DEA possui a capacidade de tratar com variáveis aferidas em unidades de medidas diferentes, o que a coloca em condição privilegiada para avaliar programas públicos complexos. Mais especificamente, Cook, Kress e Seiford (1996) argumentam que, devido à natureza não lucrativa dos setores em que a DEA tem sido costumeiramente aplicada, os fatores analisados são normalmente não econômicos, e, assim, os *inputs* e *outputs* frequentemente representam fatores qualitativos. Para construir a fronteira de eficiência, a DEA gera um *input* virtual e um *output* virtual, resultados da combinação

de todos os *inputs* e *outputs* normalizados pelos preços-sombra (os pesos calculados), de modo que as unidades de medida não têm nenhuma importância no resultado da análise.

Os modelos de DEA podem realizar a avaliação de eficiência privilegiando os possíveis aumentos da produção (*output oriented models* – modelos orientados para a produção), ou as possíveis reduções do consumo de recursos (*input oriented models* – modelos orientados para o consumo).

A utilização dessa metodologia na análise de sistemas de saúde no Brasil é crescente, e pode ser exemplificada, entre diversos outros, por Marinho e Façanha (2000; 2002), que realizam exercícios de análise de eficiência dos hospitais universitários federais brasileiros; Marinho (2003), que avalia a eficiência técnica da assistência à saúde prestada pelo SUS nos municípios do estado do Rio de Janeiro; Proite e Souza (2004), que aplicam a DEA aos hospitais do SUS em geral; Calvo (2005), que avalia a eficiência de hospitais gerais do estado de Mato Grosso do Sul; e La Forgia e Couttolenc (2008), que avaliam o desempenho dos hospitais brasileiros em geral. No exterior, a utilização da DEA na avaliação do setor de saúde é muito extensa; alguns exemplos são: Chilingerian (1994), Parkin e Hollingsworth (1997), Afonso e St. Aubyn (2005); Smith e Street (2005), Joumard, André e Nicq (2010).

A figura 1 ilustra um caso hipotético de construção de fronteiras de eficiência utilizando dois modelos de DEA: o modelo CCR (CHARNES, COOPER e RHODES, 1981), que admite uma fronteira de eficiência com retornos constantes de escala, ou seja, uma reta passando pela origem dos eixos cartesianos; e o modelo BCC (BANKER, CHARNES e COOPER, 1984), que admite retornos variáveis de escala. Ambos os modelos serão detalhados adiante. As supostas unidades  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  e  $F_1$ , localizadas sobre a fronteira do modelo BCC, são eficientes neste modelo. A unidade  $F_3$  é eficiente no modelo CCR, mas não faria parte da amostra analisada no modelo BCC, pois nenhuma unidade pode estar localizada acima da fronteira de eficiência de nenhum modelo. As unidades  $E$ ,  $F_0$ ,  $F_2$  e  $G$  não são eficientes em nenhum dos dois modelos, pois estão localizadas abaixo das fronteiras. Por exemplo, de acordo com o modelo CCR, a unidade  $F_0$  poderia expandir a sua produção (*output*) até o nível de produção da suposta unidade  $F_3$ , sem aumentar o uso de recursos (*inputs*) fixado no mesmo nível da unidade  $F_2$ . No modelo BCC, a mesma unidade  $F_0$  poderia expandir sua produção até o nível de produção da unidade  $F_1$ , gastando apenas os recursos dispendidos por  $F_2$ .



Quando se considera o modelo com retornos constantes de escala (o modelo CCR), a eficiência da DMU  $F_0$ , em um modelo orientado para produto (*output*), é a razão entre a distância  $\overline{F_2 F_0}$  e a distância  $\overline{F_3 F_2}$ . Porém, quando se considera o modelo com retornos variáveis de escala (o modelo BCC), a eficiência da DMU  $F_0$ , em um modelo orientado para o produto, é a razão entre a distância  $\overline{F_2 F_0}$  e a distância  $\overline{F_2 F_1}$ .

Note-se que, sobre a reta que define a fronteira de eficiência no modelo CCR, a produtividade média é igual à produtividade marginal, ou seja, a produtividade média é máxima ao longo da fronteira, o que não ocorre sempre na fronteira de eficiência do modelo BCC. No modelo BCC, na figura 1, apenas o ponto  $B$ , onde as fronteiras do modelo CCR e do modelo BCC coincidem, tem a produtividade média igual à produtividade marginal. O ponto  $B$  representa, nos termos de Banker (1984), a *escala mais produtiva* (*most productive scale size* – MPSS), que poderia ser traduzida também como *escala ótima de produção*. O modelo CCR, no qual todos os pontos ótimos são MPSS, ao impor retornos constantes de escala, considera que todos os fatores de produção tenham sido ajustados. O modelo CCR é um modelo de avaliação mais adequado para análises do comportamento das DMUs no longo prazo, uma vez que, no longo prazo, todos os fatores podem ser ajustados. O modelo BCC, ao considerar retornos variáveis de escala, possibilita admitir que nem todos os fatores de produção tenham sido ajustados, ou que alguns insumos sejam fixos, ou seja, trata-se de um modelo mais

adequado para análise de desempenho no curto prazo, porque no longo prazo todos os fatores são ajustados. Logo, a eficiência de uma DMU de uma dada amostra, avaliada no modelo BCC, será maior que (ou igual a) sua eficiência no modelo CCR. Isto pode

ser demonstrado, pois a eficiência no modelo CCR =  $\frac{\overline{F_2 F_0}}{F_3 F_2}$ . A eficiência no modelo BCC =  $\frac{F_2 F_0}{F_2 F_1}$ . Como  $\overline{F_3 F_2} \geq \overline{F_2 F_1}$ , então BCC  $\geq$  CCR.

A seguir, apresenta-se a representação formal de um modelo de análise envoltória de dados adequado ao problema ora estudado.

Seja um vetor de *inputs*  $x \in R^n +$  que produz um vetor de *outputs*  $y \in R^m +$ . Uma suposição básica neste estudo é que não se pode, e não se deseja, reduzir, no curto prazo, de modo acentuado, os recursos postos à disposição dos sistemas de saúde. A otimização será realizada, preferencialmente, por meio da expansão da produção em um modelo orientado no sentido da produção (*output oriented model*). A obtenção de um modelo orientado no sentido dos recursos é análoga.

Para medir o desempenho relativo de cada ano em relação à melhor prática (*best practice*) nos  $J$  países, o seguinte problema de programação linear precisa ser resolvido, no qual  $(x_o, y_o)$  é o vetor de *inputs* e de *outputs* do ano que está sendo avaliado. O modelo denomina-se modelo CCR, em homenagem aos seus criadores, Charnes, Cooper e Rhodes (1981).

MODELO 1

**Modelo CCR orientado para a produção (*output oriented*):**

<i>Primal</i> (Forma dos Multiplicadores)	<i>Dual</i> (Forma da envoltória)
Min <sub>u,v</sub> $v^T x_0$	Max <sub><math>\Theta, \lambda, s^+, s^-</math></sub> $(\Theta + \epsilon \cdot \vec{1}_{s^+} + \epsilon \cdot \vec{1}_{s^-})$
S.t. $u^T y_0 = 1$ $i=1, \dots, 0, \dots, I$	S.t. $X \lambda + s^- = x_0$
$v^T x_i \geq u^T y_i$ ou $-u^T y_i + v^T x_i \geq 0$	$\Theta y_0 + s^+ \geq Y \lambda$ ou $\Theta y_0 - Y \lambda = 0$
$u^T \geq \epsilon \cdot \vec{1}$	$\lambda, s^+, s^- \geq 0$
$v^T \geq \epsilon \cdot \vec{1}$	

Onde:

$X$  é uma matriz de *inputs*  $n \times J$  com colunas  $x_j$



$Y$  é uma matriz de *outputs*  $m \times J$  com colunas  $y_j$ ;  
 $\lambda$  é um vetor  $J \times 1$ ;  
 $s^-$ ,  $s^+$ , são os vetores  $n \times 1$  e  $m \times 1$ , relacionados com os excessos e as folgas (*slacks*) dos *inputs* e dos *outputs*, respectivamente;  
 $\lambda, s^+, s^- \geq 0$ ; e  
 $\varepsilon < \lambda$  é uma constante positiva muito pequena (infinitesimal).

Estudando a eficiência no modelo, têm-se as propriedades a seguir.

1. Se alguma expansão radial é possível, então  $\theta > 1$ .
2. Se nenhuma expansão radial é possível, então  $\theta = 1$ .
3. No ponto ótimo, tem-se que  $\theta = 1$ ,  $X\lambda = x_0$  e  $Y\lambda = y_0$ , e todos os *slacks* são nulos.

O problema é resolvido  $J$  vezes,<sup>5</sup> gerando-se  $J$  valores ótimos para  $(\theta, \lambda, s^-, s^+)$ . Cada unidade é avaliada por suas possibilidades de expandir a sua produção, sujeita às restrições impostas pelo melhor desempenho observado. A solução deve gerar preços-sombra (os multiplicadores  $\lambda$ ) ótimos para os *inputs* e *outputs*, considerando-se, como restrições, que nenhuma das DMUs (no presente caso, os países da amostra) pode estar além da fronteira e que os multiplicadores são positivos. A presença do infinitésimo  $\varepsilon$  garante que a maximização radial será priorizada. Esta constante infinitesimal não é utilizada diretamente nos cálculos do modelo. Charnes, Rouseau, e Semple (1992) demonstraram que não existe a necessidade de atribuição de valores numéricos para  $\varepsilon$ .

## 4 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA DEA EM MODELOS ALTERNATIVOS

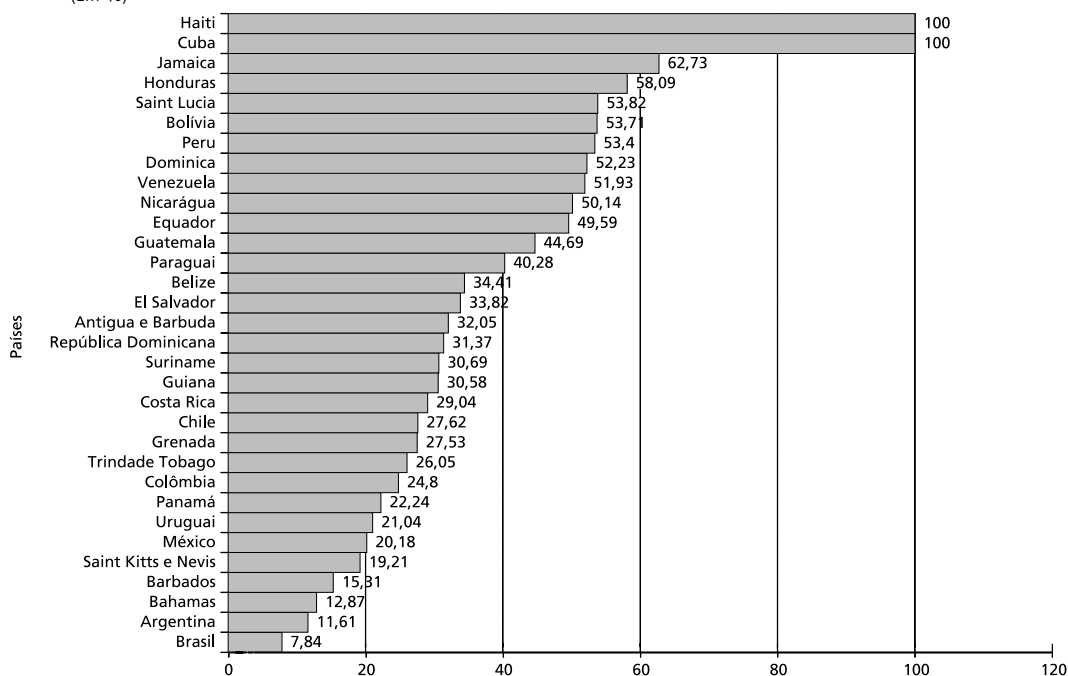
O método de análise envoltória de dados, assim como em Marinho, Cardoso e Almeida (2009), será aplicado, neste trabalho, em modelos alternativos. Embora a nomenclatura da DEA refira-se, genericamente, a *inputs* (insumos) e a *outputs* (produtos), é importante fazer uma ressalva. Conforme argumentado por Joumard, André e Nicq (2010), neste trabalho, utilizam-se medidas de resultados (*outcomes*) em saúde, por duas razões básicas: os produtos (consultas, internações etc.) são de comparação e de padronização

---

5. O *software* utilizado foi o Warwick Windows DEA, versão 1.02, que, inicialmente, calcula a eficiência radial das unidades de acordo com as prioridades especificadas no modelo (no caso, 100% orientado para *outputs*), seguindo-se a minimização dos *slacks*.

muito difícil entre diferentes países. Além disso, mesmo que sejam produzidos de modo eficiente, não há uma correlação garantida entre os produtos e os resultados, aqui definidos como indicadores do estado de saúde (*health status*) da população. Neste estudo, então, serão estimadas eficiências nos sistemas de saúde dos países selecionados utilizando-se o gasto *per capita* com saúde como *input* para gerar indicadores relacionados à saúde da população. No modelo 1, as variáveis utilizadas como produtos foram a *esperança de vida ao nascer* (para homens e mulheres) e o *índice de sobrevivência infantil*. Os resultados estão mostrados no gráfico 1 e na tabela 1.

GRÁFICO 1  
Eficiência dos países no modelo 1  
(Em %)



Fonte: OMS (2007).

Elaboração dos autores.

Obs.: O modelo 1 é um modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala; os *inputs* são o *gasto per capita com saúde* (em dólares por PPC); os *outputs*, a *esperança de vida ao nascer para homens*, a *esperança de vida ao nascer para mulheres* e o *índice de sobrevivência infantil*.

TABELA 1  
**Eficiência dos países no modelo 1**  
 (Em %)

Países	Eficiências	Países	Eficiências
Brasil	7,84	Antígua e Barbuda	32,05
Argentina	11,61	El Salvador	33,82
Bahamas	12,87	Belize	34,41
Barbados	15,31	Paraguai	40,28
São Cristóvão e Neves	19,21	Guatemala	44,69
México	20,18	Equador	49,59
Uruguai	21,04	Nicarágua	50,14
Panamá	22,24	Venezuela	51,93
Colômbia	24,8	Dominica	52,23
Trindade e Tobago	26,05	Peru	53,4
Granada	27,53	Bolívia	53,71
Chile	27,62	Santa Lúcia	53,82
Costa Rica	29,04	Honduras	58,09
Guiana	30,58	Jamaica	62,73
Suriname	30,69	Cuba	100
República Dominicana	31,37	Haiti	100

Fonte: OMS (2007).

Elaboração dos autores.

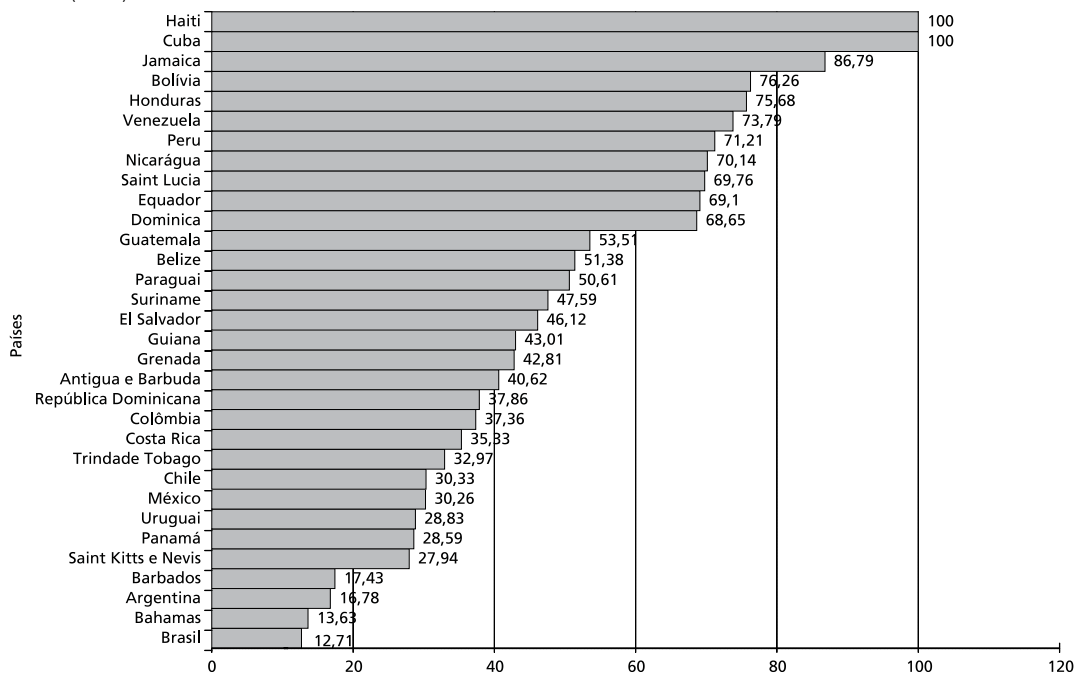
Na observação do gráfico e da tabela 1, destaca-se que o Brasil tem a menor eficiência relativa (escore = 7,84) entre os países latino-americanos selecionados. A Argentina, que, com o Brasil, destaca-se em termos de gasto com saúde *per capita* (ambos apresentam os maiores valores para este indicador na amostra – ver os apêndices), também se destaca em termos de baixa eficiência relativa, com um escore igual a 11,61. O México, país usualmente comparado ao Brasil no contexto latino-americano, apresenta uma eficiência relativa um pouco melhor – escore igual a 21,04. Porém, também ocupa uma posição desfavorável em termos de desempenho na amostra selecionada: a 27<sup>a</sup> posição entre os 32 países selecionados.

Com relação aos melhores desempenhos, os países que atingiram o escore máximo de eficiência (escore igual a 100) foram Cuba e Haiti. Saliente-se que o terceiro melhor colocado, a Jamaica, situa-se a uma distância considerável com relação ao escore destes dois países, apresentando um escore igual a 62,73, o que evidencia o bom desempenho alcançado por Cuba e Haiti.

O modelo 2, que inclui as variáveis *anos de vida recuperados para doenças transmissíveis*, *anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis* e *anos de*

*vida recuperados para causas externas*, mantém a análise do gráfico 1. Os resultados obtidos pelo modelo 2 estão apresentados no gráfico 2 e na tabela 2.

GRÁFICO 2  
Eficiência dos países no modelo 2  
(Em %)



Fonte: OMS (2007).

Elaboração dos autores.

Obs.: O modelo 2 é um modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala; os *inputs* são o *gasto per capita com saúde* (em dólares por PPC); os *outputs*, a *esperança de vida ao nascer para homens*, a *esperança de vida ao nascer para mulheres*, o *índice de sobrevivência infantil*, os *anos de vida recuperados por doenças transmissíveis*, os *anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis* e os *anos de vida recuperados por causas externas*.

TABELA 2  
Eficiência dos países no modelo 2  
(Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Brasil	12,71	El Salvador	46,12
Bahamas	13,63	Suriname	47,59
Argentina	16,78	Paraguai	50,61
Barbados	17,43	Belize	51,38
São Cristóvão e Neves	27,94	Guatemala	53,51
Panamá	28,59	Dominica	68,65
Uruguai	28,83	Equador	69,1

(Continua)

(Continuação)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
México	30,26	Santa Lúcia	69,76
Chile	30,33	Nicarágua	70,14
Trindade e Tobago	32,97	Peru	71,21
Costa Rica	35,33	Venezuela	73,79
Colômbia	37,36	Honduras	75,68
República Dominicana	37,86	Bolívia	76,26
Antígua e Barbuda	40,62	Jamaica	86,79
Granada	42,81	Cuba	100
Guiana	43,01	Haiti	100

Fonte: OMS (2007).

Elaboração dos autores.

A análise do modelo 2 se assemelha bastante à do modelo 1. Como ocorre no modelo 1, o Brasil continua apresentando o pior desempenho relativo da amostra, com um escore igual a 12,71. A Argentina, que acompanhava o Brasil na baixa eficiência relativa, subiu uma posição, atingindo um escore igual a 16,78. O México também apresentou uma melhora, em termos de eficiência, passando para a 25ª posição. Cuba e Haiti mantêm o melhor desempenho da amostra, atingindo, novamente, um escore de eficiência máximo, ou seja, igual a 100.

#### 4.1 TESTANDO A UNICIDADE DA FRONTEIRA

O objetivo desta parte do estudo consiste na aferição da unicidade da fronteira de eficiência, conforme proposto e utilizado por Charnes, Cooper e Rhodes (1981), Gstach (1995) e Brocket e Golany (1996). Neste estudo, em especial, o procedimento tem por objetivo verificar se a amostra analisada é homogênea (em um sentido que será descrito) e, portanto, passível de testes de comparabilidade. Busca-se discriminar o desempenho devido à qualidade dos sistemas de saúde por razões não atribuíveis à sua gestão. Por exemplo, um mau resultado pode ser, em princípio, atribuível a problemas de gestão (uma “má” gestão) ou a problemas estruturais (um “mau” sistema). Para mitigar o problema, realiza-se a avaliação em separado de subgrupos dos sistemas, com a projeção de cada um deles para os valores ótimos (os *targets*) nos subgrupos, e a posterior comparação unificada dos subgrupos ajustados para os valores ótimos. Os testes serão aplicados apenas no modelo mais amplo (o modelo 2), originando o modelo 3, por motivos de concisão do estudo, e porque os resultados podem ser estendidos em modelos mais simples, que tendem a discriminar mais as DMUs. Os testes foram realizados conforme o roteiro descrito a seguir.

1. Considerando-se o *gasto per capita com saúde* o principal *input* do modelo, a amostra composta por 32 países foi dividida em duas subamostras. O critério utilizado para compor as duas subamostras foi dividir a amostra inicial pela mediana do *gasto per capita com saúde* (El Salvador  $\cong$  US\$ 375,85) no modelo CCR (retornos constantes de escala), que, conforme visto, apresenta um *ranking* com maior discriminação que o modelo BCC (retornos variáveis de escala). Feito isso, foram calculadas duas novas fronteiras de eficiência para cada subamostra especificada, gerando novos *targets* (valores ótimos, ou metas, de cada variável para cada unidade em estudo).
2. O próximo passo realizado foi ajustar as unidades de cada fronteira para seus respectivos níveis ótimos, substituindo-se os valores observados das variáveis dos países ineficientes pelas metas (*targets*) indicadas.
3. Posteriormente, foi calculada uma nova fronteira para a amostra global ajustada (as duas subamostras conjuntamente).
4. Uma das variáveis utilizadas no modelo foi a *esperança de vida ao nascer*. Quando são calculados os valores ótimos desta variável, podem surgir valores não realistas. Um exemplo<sup>6</sup> foi o caso em que o *target* gerado para esta variável foi de 262,5 anos para o Brasil, o que claramente não é factível. Portanto, o procedimento utilizado neste caso foi, para valores maiores que o valor máximo desta variável na amostra original (valor observado), substituir o valor calculado pelo modelo por este limite máximo. O limite máximo observado para a *esperança de vida ao nascer*, na amostra, é atingido em Cuba e Costa Rica (75 anos para homens) e no Chile (81 anos para mulheres).
5. Após o cálculo da nova fronteira, divide-se novamente a amostra pela metodologia indicada no item 1 (mediana da distribuição do *gasto per capita* em saúde) e, utilizando-se testes não paramétricos, testa-se a hipótese nula de que ambas as amostras sejam estatisticamente iguais.

Utilizando-se o teste de Spearman, vê-se que as amostras são independentes. Conforme Brockett e Golany (1996), o teste mais indicado para a verificação da unicidade da fronteira de eficiência é o teste de Mann-Whitney. Este teste é não paramétrico, similar ao teste *t*, e visa testar se duas amostras estatisticamente independentes pertencem à mesma população. O teste de Mann-Whitney gera uma estatística *W*, obtida em uma soma dos *rankings* da subamostra menor ou, em caso de amostras do mesmo tamanho, daquela que for listada primeiramente, e que será comparada com uma estatística semelhante gerada na outra subamostra. Se ambas as amostras pertencerem a uma mesma população, os *rankings* de ambas as amostras devem ser parecidos. No presente caso, como pode ser verificado pelas informações a seguir, o teste rejeita a hipótese de que a fronteira seja única. Assim, no modelo mais amplo,

6. O conjunto completo dos *targets* de todas as variáveis, para todos os países, não é apresentado neste texto devido à sua enorme extensão, mas os autores o colocam à disposição.

existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos de países, e as amostras são estatisticamente heterogêneas.

Testes de independência entre as amostras – teste de Spearman

Teste de hipótese:

$H_0$ : as amostras são independentes

$H_1$ : as amostras não são independentes

Número de observações = 16

*Spearman's rho* = -0,0907 (estatística de teste)

*Prob > |t|* = 0,7382

Teste de unicidade das fronteiras – teste de Mann-Whitney

Teste de hipótese:

$H_0$ : as fronteiras são iguais

$H_1$ : as fronteiras não são iguais

DIC	Observações	Soma dos <i>rankings</i>	Esperado
0	16	392	264
1	16	136	264
Combinado	31	496	496

Variância não ajustada = 704

Ajuste para vínculos = -47,10

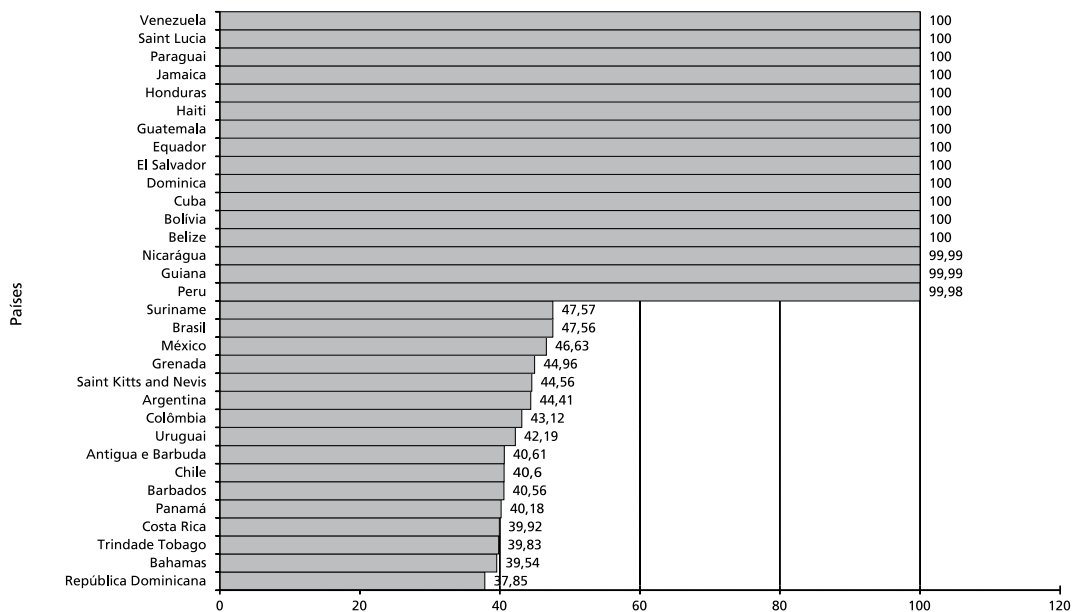
Variância ajustada = 656,90

$Z = 4,994$  (estatística de teste)

$Prob > |t| = 0,000$

Os resultados utilizando-se a referida metodologia são apresentados no modelo 3 e no modelo 3 restrito, representado nos gráficos e tabelas 3 e 4.

GRÁFICO 3  
Eficiência dos países no modelo 3  
(Em %)



Fonte: OMS (2007).

Elaboração dos autores.

Obs.: <sup>1</sup> O modelo 3 é um modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala; os *inputs* são o *gasto per capita com saúde* (em dólares por PPC); os *outputs*, a *esperança de vida ao nascer para homens*, a *esperança de vida ao nascer para mulheres*, o *índice de sobrevivência infantil*, os *anos de vida recuperados por doenças transmissíveis*, os *anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis* e os *anos de vida recuperados por causas externas*.

<sup>2</sup> Não foram impostas restrições nas variáveis *esperança de vida ao nascer para homens* e *esperança de vida ao nascer para mulheres*.



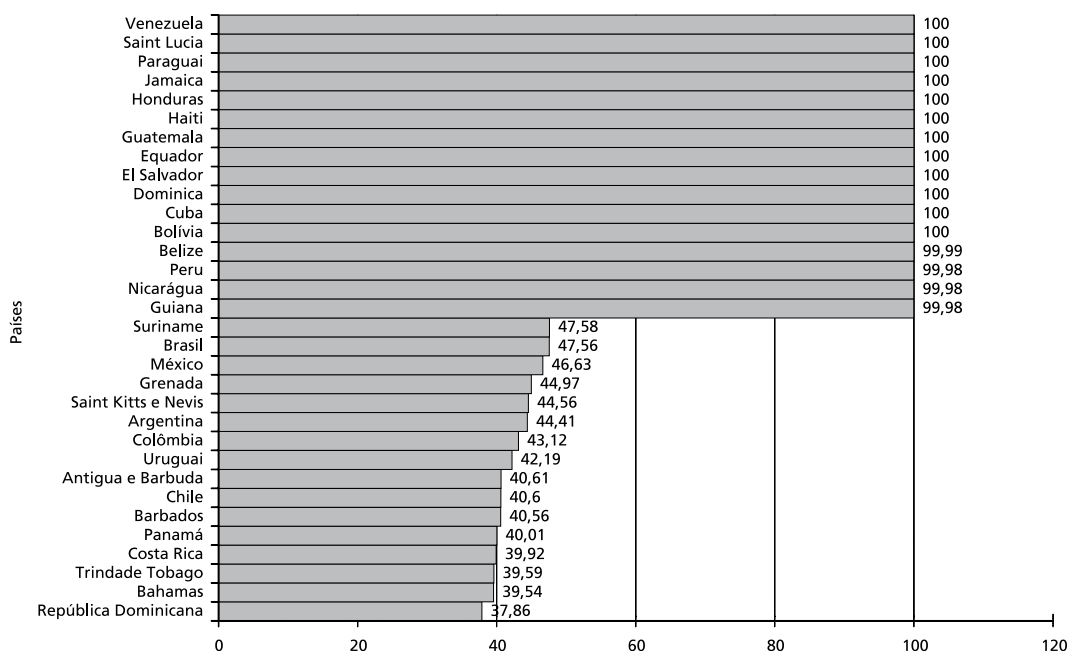
**TABELA 3**  
**Eficiência dos países no modelo 3**  
(Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
República Dominicana	37,85	Peru	99,98
Bahamas	39,54	Guiana	99,99
Trindade e Tobago	39,83	Nicarágua	99,99
Costa Rica	39,92	Belize	100
Panamá	40,18	Bolívia	100
Barbados	40,56	Cuba	100
Chile	40,6	Dominica	100
Antígua e Barbuda	40,61	El Salvador	100
Uruguai	42,19	Equador	100
Colômbia	43,12	Guatemala	100
Argentina	44,41	Haiti	100
São Cristóvão e Neves	44,56	Honduras	100
Granada	44,96	Jamaica	100
México	46,63	Paraguai	100
Brasil	47,56	Santa Lúcia	100
Suriname	47,57	Venezuela	100

Fonte: OMS (2007).

Elaboração dos autores.

**GRÁFICO 4**  
**Eficiência dos países no modelo 3 restrito**  
(Em %)



Fonte: OMS (2007).

Elaboração dos autores.

Obs.: Neste modelo foram aplicadas restrições às variáveis esperança de vida ao nascer para homens e esperança de vida ao nascer para mulheres (limite máximo de 79 anos para homens e de 86 anos para mulheres).

TABELA 4  
**Eficiência dos países no modelo 3 restrito**  
(Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
República Dominicana	37,86	Guiana	99,98
Bahamas	39,54	Nicarágua	99,98
Trindade e Tobago	39,59	Peru	99,98
Costa Rica	39,92	Belize	99,99
Panamá	40,01	Bolívia	100,00
Barbados	40,56	Cuba	100,00
Chile	40,6	Dominica	100,00
Antígua e Barbuda	40,61	El Salvador	100,00
Uruguai	42,19	Equador	100,00
Colômbia	43,12	Guatemala	100,00
Argentina	44,41	Haiti	100,00
São Cristóvão e Neves	44,56	Honduras	100,00
Granada	44,97	Jamaica	100,00
México	46,63	Paraguai	100,00
Brasil	47,56	Santa Lúcia	100,00
Suriname	47,58	Venezuela	100,00

Fonte: OMS (2007).

Elaboração dos autores.

Percebe-se que, na amostra ajustada pelo teste de unicidade, com ou sem imposição de restrição de limite máximo para a *esperança de vida ao nascer*, o Brasil apresenta melhora na eficiência, sem, contudo, atingir a eficiência máxima de 100%. Em ambos os casos, o escore de eficiência brasileiro foi igual a 47,56%. O Brasil, que obteve as piores classificações nos dois primeiros modelos apresentados, passou a ocupar a 18ª posição entre os 32 países selecionados. Destaque-se que, em ambos os modelos, 12 países atingiram a eficiência máxima: Bolívia, Cuba, Dominica, El Salvador, Equador, Guatemala, Haiti, Honduras, Jamaica, Paraguai, Santa Lúcia e Venezuela. Além disso, Belize atingiu a eficiência máxima no modelo sem restrição para a *esperança de vida*, e, no modelo com esta restrição, o país continuou a figurar entre os mais eficientes, obtendo um escore igual a 99,99. Guiana, Nicarágua e Peru também se destacaram pelo alto escore de eficiência (igual a 99,98 nos três casos). Os países que apresentaram as eficiências relativas mais baixas foram República Dominicana (37,86%), Bahamas (39,54), Trindade e Tobago (39,59%) e Costa Rica (39,92). É importante ressaltar, ainda, que o escore de eficiência de cada país nos gráficos 3 e 4 diverge, quando muito, na segunda casa decimal, o que seria irrelevante, dadas as limitações e os objetivos deste estudo. Os valores são apresentados nos gráficos, entretanto, para ilustrar a possibilidade de ocorrência de valores atípicos ou extravagantes nos *targets* (valores ótimos calculados na DEA), e a relativa robustez deste exercício ao problema, que pode ser relevante em outros contextos.

Considerando-se o grau de heterogeneidade da amostra utilizada, os próximos exercícios têm como objetivo explicar os determinantes que se situam além do controle dos gestores dos sistemas de saúde de cada país.

#### 4.2 AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS (VARIÁVEIS NÃO DISCRICIONÁRIAS)

A amostra utilizada neste estudo apresenta um grau de heterogeneidade elevado, seja com relação aos indicadores de saúde utilizados, seja com relação às características físicas e populacionais dos países da América Latina e Caribe. Por esta razão, tornou-se necessário incluir, na análise dos sistemas de saúde, variáveis não controláveis pelos gestores dos sistemas de saúde dos países, mas que, em certa medida, poderiam impactar no seu desempenho com relação à provisão dos cuidados à saúde das populações. Assim, nesta parte do estudo, serão realizados modelos incluindo as chamadas variáveis não discricionárias, ou ambientais, a fim de captar estas desigualdades. As variáveis não discricionárias utilizadas no presente trabalho foram, para cada país: população; área geográfica; e densidade demográfica (apêndice A). Os resultados são descritos a seguir e evidenciados nos gráficos e tabelas de 5 a 10.

No primeiro conjunto de evidências, especificamente no modelo 4, foi utilizado como *input* o *gasto per capita com saúde* e como *outputs* a *esperança de vida ao nascer para homens*; a *esperança de vida ao nascer para mulheres*; e o *índice de sobrevivência infantil*. Neste caso, a variável não discricionária utilizada foi a população de cada país. A população, a coletividade e os grupos humanos são bases naturais de estudos epidemiológicos (DEVER, 1998; ROUQUAYROL e ALMEIDA FILHO, 2001). Em princípio, pode-se apenas conjecturar, dadas as limitações das variáveis disponíveis e os objetivos deste trabalho, que maiores populações podem gerar maiores problemas de gestão e de controle de grandes sistemas de saúde; apresentam maiores possibilidades de contágios de doenças transmissíveis e situações de violência relacionadas com grandes aglomerações e grandes centros urbanos; suscitam maiores possibilidades de desigualdades sociais; apresentam maiores dificuldades para acompanhamento de indivíduos; e costumam exibir grande diversidade de doenças e de agravos à saúde. Além disso, as prováveis diversidades étnicas, religiosas, culturais e políticas, geralmente presentes em grandes contingentes populacionais, não devem, em tese, favorecer a gestão dos sistemas de saúde em tais circunstâncias. Assim, países com grandes populações, como o Brasil e o México, podem ter a sua avaliação prejudicada em arcabouços metodológicos que não contemplem compensações para

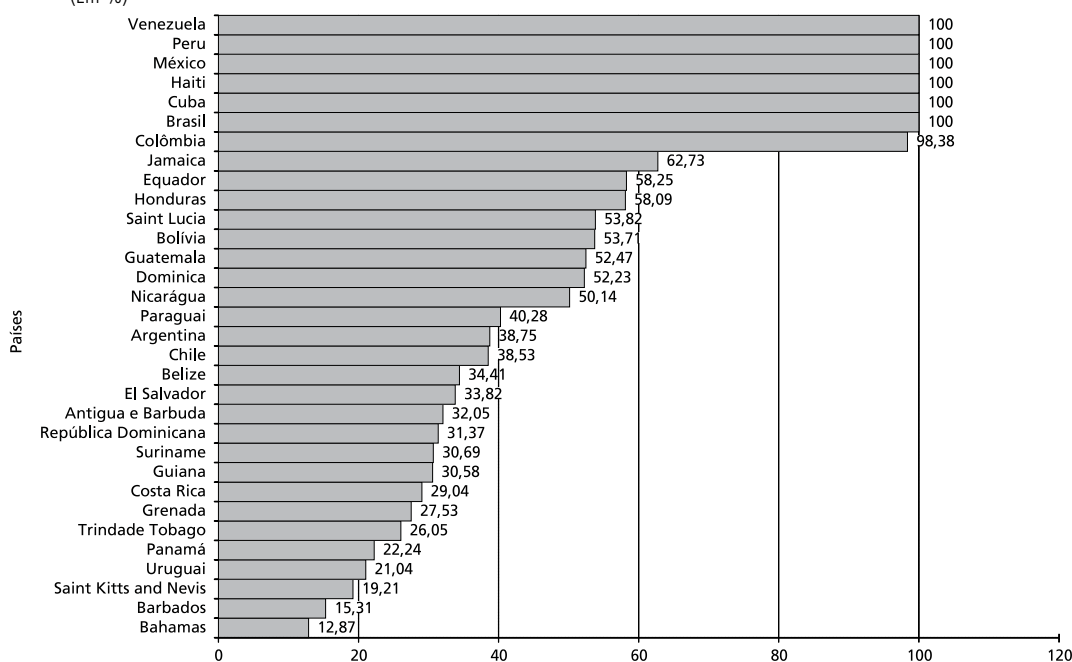
esta característica específica. O oposto poderia ocorrer com países com populações relativamente pequenas, como São Cristóvão e Neves, Dominica, Antígua e Barbuda, Granada, Santa Lúcia, Barbados, Belize, Bahamas, Suriname, Guiana etc. Problemas de gestão similares aos encontrados em grandes contingentes populacionais poderiam ocorrer em países com territórios (áreas geográficas) muito grandes. Na amostra, estes são os casos, por exemplo, do Brasil e do México. Neste caso, as grandes distâncias e os prováveis obstáculos naturais podem servir, no mínimo, de elementos multiplicadores de custos; de deseconomias de escala (diante das eventuais necessidades de dispersão dos serviços); e das dificuldades de acesso das populações aos serviços. Adicionalmente, possíveis divisões político-administrativas poderiam ser elementos complicadores da gestão de sistemas de saúde. Um modo inicial, ainda que muito rudimentar, de tentar reduzir as influências de ambas as variáveis é utilizar, conforme será mostrado, a densidade demográfica nos modelos. Obviamente, tal síntese não elimina todo o conjunto de óbices e de disparidades já mencionadas, mas, conforme será visto, é um primeiro passo nesta direção. Dever (1998, cap. 9) qualifica a análise estática da população como um dos elementos fundamentais da epidemiologia descritiva e arrola, entre os seus principais conceitos descritivos, a densidade e o tamanho da população. Rouquayrol e Almeida Filho (2001, p. 92-101) também discorrem sobre tal problemática de acordo com um ponto de vista epidemiológico. Marinho, Cardoso e Almeida (2009) incluem o tamanho da população, a área geográfica e a densidade demográfica como determinantes dos desempenhos de sistemas de saúde em uma amostra que inclui o Brasil e os países da OCDE. A necessidade de inclusão de indicadores mais precisos e úteis, por ora, fica apenas registrada, mas é de interesse dos desejados desdobramentos desta pesquisa.

Na prática, os modelos de DEA acomodam esses problemas de diversas maneiras. Uma delas, aqui adotada, inclui essas variáveis não discricionárias no conjunto de restrições dos modelos, mas não as inclui na função objetivo a ser maximizada (como nos modelos *output oriented*) ou minimizada.<sup>7</sup> Para mais informações técnicas, ver Charnes *et al.* (1994, cap. 3) e Banker e Morey (1986). Uma alternativa bastante adotada – e utilizada, por exemplo, em Marinho (2003) – consiste no método de dois estágios. Nestes modelos, as variáveis não discricionárias são utilizadas como variáveis explicativas (independentes), em modelos de regressão nos quais os escores

7. Tal método, em princípio, parece naturalmente mais compatível (conforme será visto adiante) com a utilização de fronteiras estocásticas, porque permite incluir, diretamente, as mesmas variáveis em ambos os tipos de fronteiras.

de eficiência calculados pela DEA são as variáveis dependentes. Assim, consegue-se inferir os impactos de tais variáveis sobre os escores de eficiência das DMUs sob análise. Esta abordagem é problematizada por Simar e Wilson (2007), que discutem as propriedades dos estimadores das regressões, pois os estimadores da DEA não são serialmente independentes.

**GRÁFICO 5**  
**Eficiências dos países no modelo 4**  
(Em %)



Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

Obs.: O modelo 4 é um modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala; os *inputs* são o *gasto per capita com saúde* (em dólares por PPC); os *outputs*, a *esperança de vida ao nascer para homens*, a *esperança de vida ao nascer para mulheres*, o *índice de sobrevivência infantil* e a *população* (variável não discricionária).

**TABELA 5**  
**Eficiências dos países no modelo 4**  
(Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Bahamas	12,87	Paraguai	40,28
Barbados	15,31	Nicarágua	50,14
São Cristóvão e Neves	19,21	Dominica	52,23
Uruguai	21,04	Guatemala	52,47

(Continua)

(Continuação)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Panamá	22,24	Bolívia	53,71
Trindade e Tobago	26,05	Santa Lúcia	53,82
Granada	27,53	Honduras	58,09
Costa Rica	29,04	Equador	58,25
Guiana	30,58	Jamaica	62,73
Suriname	30,69	Colômbia	98,38
República Dominicana	31,37	Brasil	100
Antígua e Barbuda	32,05	Cuba	100
El Salvador	33,82	Haiti	100
Belize	34,41	México	100
Chile	38,53	Peru	100
Argentina	38,75	Venezuela	100

Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

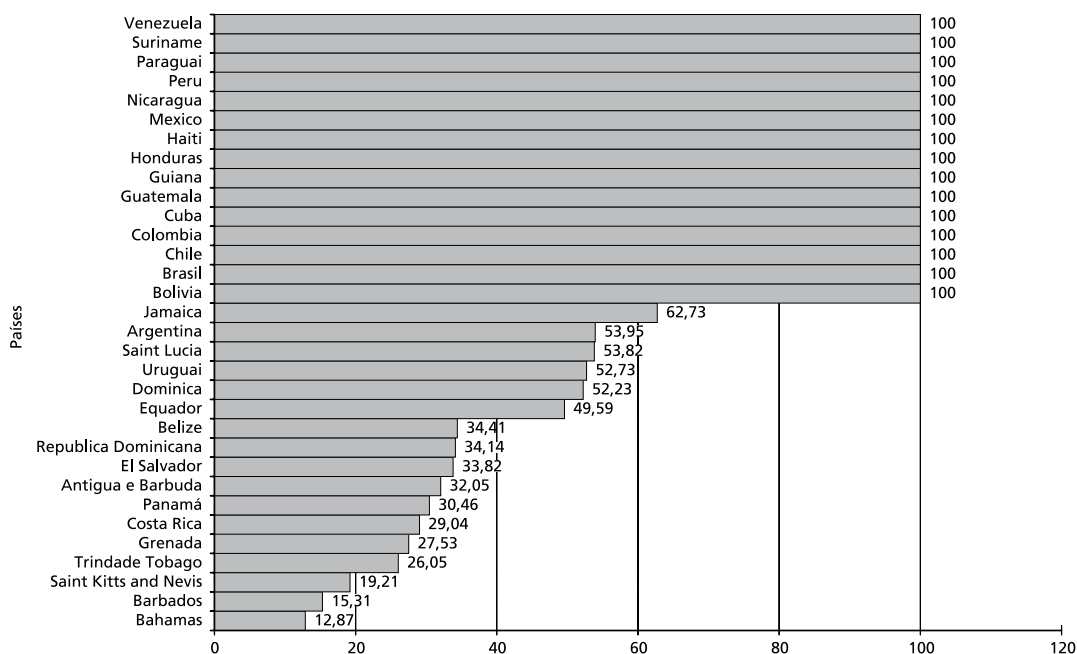
Elaboração dos autores.

A inclusão da variável não discricionária de população ampliou o conjunto de países com eficiência máxima no modelo que considera como produtos a esperança de vida ao nascer (homens e mulheres) e o índice de sobrevivência infantil. Além de Cuba e Haiti, países que também apresentaram eficiência máxima no modelo 1,<sup>8</sup> Brasil, México, Peru e Venezuela atingiram o escore máximo de eficiência. Os dois últimos países já apresentavam eficiências relativas próxima do limite superior no modelo 1. No caso do Brasil e do México, entretanto, houve uma melhora significativa de desempenho, dado que os países ocupavam a última e a 27<sup>a</sup> posições, respectivamente. Com relação ao conjunto menos eficiente, dos cinco países que ocupavam as últimas posições no modelo 1, três continuam a figurar neste conjunto, quais sejam, Bahamas (12,87%), Barbados (15,31%) e São Cristóvão e Neves (19,21%). Ressalte-se que os países que apresentaram maiores eficiências também se destacam em termos de população com elevado número de habitantes. No outro extremo, os países com menores eficiências também apresentam populações menores.

No gráfico 6, seguindo a lógica supramencionada, a variável não discricionária escolhida foi a área geográfica de cada país, e os resultados são os que se seguem.

8. O modelo 4 está sendo comparado com o modelo 1 porque o conjunto de variáveis que representam o produto neste modelo é o mesmo utilizado no modelo 4. A diferença reside na inclusão da variável não discricionária, foco desta seção. Este procedimento será repetido para os outros modelos que incluem as variáveis não discricionárias *área territorial* e *densidade demográfica*.

**GRÁFICO 6**  
**Eficiências dos países no modelo 5**  
 (Em %)



Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

Obs.: O modelo 5 é um modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala; os *inputs* são o *gasto per capita com saúde* (em dólares por PPC); os *outputs*, a *esperança de vida ao nascer para homens*, a *esperança de vida ao nascer para mulheres*, o *índice de sobrevivência infantil* e a *área geográfica* (variável não discricionária).

**TABELA 6**  
**Eficiências dos países no modelo 5**  
 (Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Bahamas	12,87	Jamaica	62,73
Barbados	15,31	Bolívia	100
São Cristóvão e Neves	19,21	Brasil	100
Trindade e Tobago	26,05	Chile	100
Granada	27,53	Colômbia	100
Costa Rica	29,04	Cuba	100
Panamá	30,46	Guatemala	100
Antígua e Barbuda	32,05	Guiana	100
El Salvador	33,82	Honduras	100
República Dominicana	34,14	Haiti	100
Belize	34,41	México	100
Equador	49,59	Nicarágua	100

(Continua)

(Continuação)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Dominica	52,23	Peru	100
Uruguai	52,73	Paraguai	100
Santa Lúcia	53,82	Suriname	100
Argentina	53,95	Venezuela	100

Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

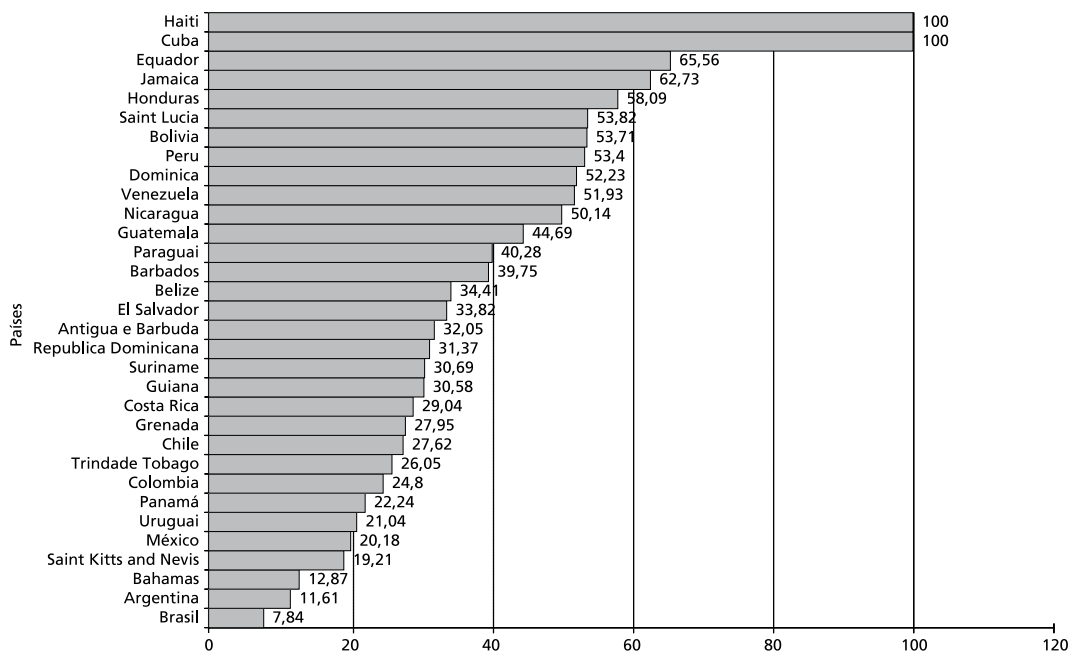
Elaboração dos autores.

No modelo 5, além de Brasil, Cuba, Haiti, México, Peru e Venezuela, a inclusão da variável *área territorial* tornou eficientes os seguintes países: Bolívia, Chile, Colômbia, Guatemala, Guiana, Honduras, Nicarágua, Paraguai e Suriname. Com relação ao grupo de países menos eficientes, Bahamas, Barbados e São Cristóvão e Neves continuam a apresentar as menores eficiências relativas (os valores das eficiências se mantêm aos observados no modelo 4).

#### GRÁFICO 7

#### Eficiências dos países no modelo 6

(Em %)



Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

Obs.: O modelo 6 é um modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala; os *inputs* são o *gasto* per capita *com saúde* (em dólares por PPC); os *outputs*, a *esperança de vida ao nascer para homens*, a *esperança de vida ao nascer para mulheres*, o *índice de sobrevivência infantil* e a *densidade demográfica* (variável não discricionária).



TABELA 7  
**Eficiências dos países no modelo 6**  
**(Em %)**

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Brasil	7,84	El Salvador	33,82
Argentina	11,61	Belize	34,41
Bahamas	12,87	Barbados	39,75
São Cristóvão e Neves	19,21	Paraguai	40,28
México	20,18	Guatemala	44,69
Uruguai	21,04	Nicarágua	50,14
Panamá	22,24	Venezuela	51,93
Colômbia	24,8	Dominica	52,23
Trindade e Tobago	26,05	Peru	53,4
Chile	27,62	Bolívia	53,71
Granada	27,95	Santa Lúcia	53,82
Costa Rica	29,04	Honduras	58,09
Guiana	30,58	Jamaica	62,73
Suriname	30,69	Equador	65,56
República Dominicana	31,37	Cuba	100,00
Antígua e Barbuda	32,05	Haiti	100,00

Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

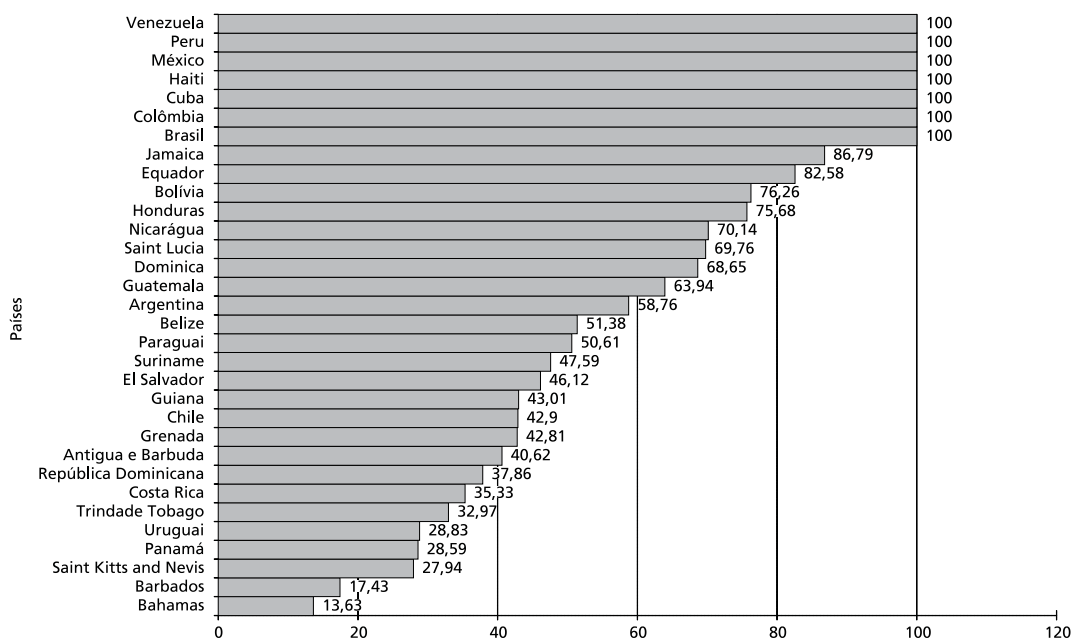
Elaboração dos autores.

Considerar a densidade demográfica como variável não discricionária tornou a fronteira de eficiência do modelo 6 significativamente diferente daquelas geradas nos modelos 4 e 5. É notória a semelhança dos resultados encontrados no modelo com a densidade demográfica com aqueles obtidos no modelo 1. O Brasil, por exemplo, voltou a apresentar a menor eficiência relativa da amostra, com um escore igual a 7,84%. Além disso, como é possível perceber, países populosos e/ou territorialmente extensos, que apresentavam eficiências máximas nos modelos com população ou com área geográfica incluídas isoladamente (o modelo 4 e o modelo 5), voltaram a revelar um fraco desempenho no que se refere à eficiência relativa. Argentina e México, por exemplo, passaram a ocupar a 31<sup>a</sup> e a 28<sup>a</sup> posição, respectivamente, no *ranking* gerado por este modelo. Este novo resultado pode estar atrelado a uma ineficiência na distribuição dos serviços de saúde em grandes populações ou em grandes territórios, consideradas as diversas disparidades já mencionadas anteriormente. Outra explicação reside na conjectura, também já comentada, de que a normalização da área geográfica pelo tamanho da população reduz os efeitos isolados destas duas variáveis para os países grandes em ambas as dimensões (como Brasil e México). Isto origina resultados mais próximos aos modelos em que estas variáveis não foram consideradas (como nos modelos 1 e 2) e nos quais a amostra foi segmentada e ajustada (o que ocorreu no modelo 3).

Assim, em linhas gerais, os resultados obtidos são compatíveis com as expectativas explicitadas *a priori*. Não se incluíram simultaneamente a área geográfica e a população, pois, obviamente, os resultados seriam qualitativamente os mesmos.

Os gráficos 8, 9 e 10 são, na verdade, variações dos três últimos resultados apresentados – incluindo variáveis não discricionárias – com a inclusão adicional, apenas, das variáveis *anos de vida recuperados para doenças transmissíveis* e *anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis*. Em resumo, pode-se adiantar que as conclusões explicitadas anteriormente para os modelos de 4 a 6 podem ser estendidas para os resultados dos modelos 7 a 9, apresentados a seguir, dado que as posições relativas dos países não foram significativamente alteradas.

GRÁFICO 8  
Eficiências dos países no modelo 7  
(Em %)



Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

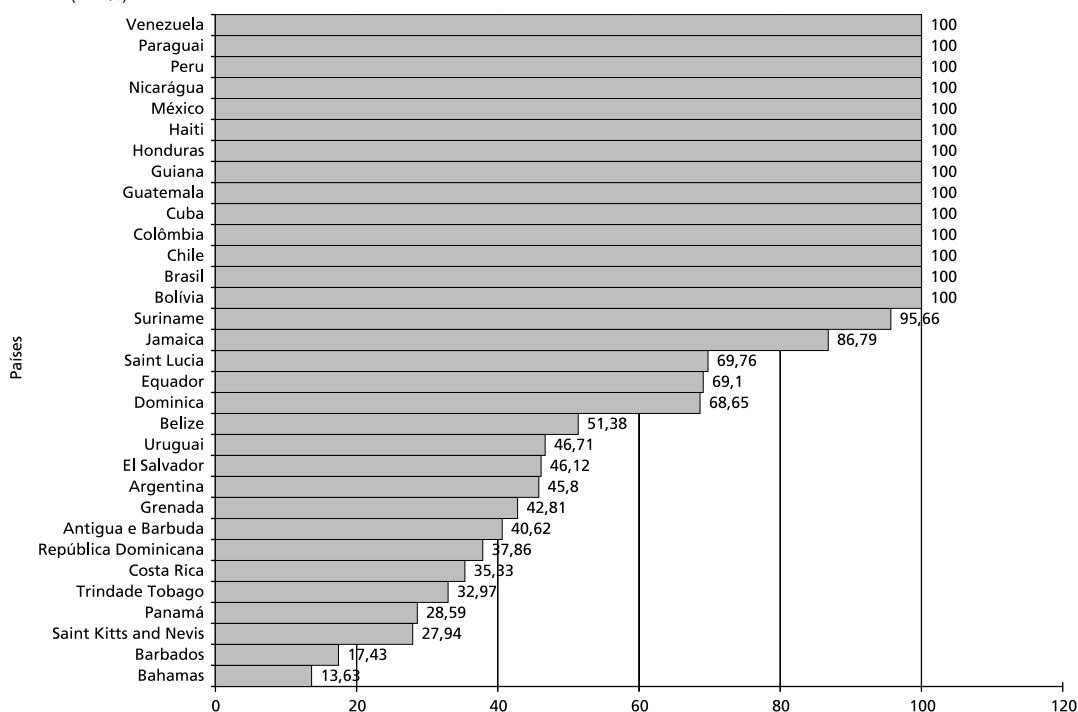
Obs.: O modelo 7 é um modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala; os *inputs* são o *gasto com saúde* per capita (em dólares por PPC); os *outputs*, a *esperança de vida ao nascer para homens*, a *esperança de vida ao nascer para mulheres*, o *índice de sobrevivência infantil*, os *anos de vida recuperados para doenças transmissíveis*, os *anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis*, os *anos de vida recuperados para causas externas* e a *população* (variável não discricionária).

TABELA 8  
**Eficiências dos países no modelo 7**  
(Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Bahamas	13,63	Argentina	58,76
Barbados	17,43	Guatemala	63,94
São Cristóvão e Neves	27,94	Dominica	68,65
Panamá	28,59	Santa Lúcia	69,76
Uruguai	28,83	Nicarágua	70,14
Trindade e Tobago	32,97	Honduras	75,68
Costa Rica	35,33	Bolívia	76,26
República Dominicana	37,86	Equador	82,58
Antígua e Barbuda	40,62	Jamaica	86,79
Granada	42,81	Brasil	100,00
Chile	42,9	Colômbia	100,00
Guiana	43,01	Cuba	100,00
El Salvador	46,12	Haiti	100,00
Suriname	47,59	México	100,00
Paraguai	50,61	Peru	100,00
Belize	51,38	Venezuela	100,00

Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.  
Elaboração dos autores.

GRÁFICO 9  
Eficiências dos países no modelo 8  
(Em %)



Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

Obs.: O modelo 8 é um modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala; os *inputs* são o *gasto per capita com saúde* (em dólares por PPC); os *outputs*, a *esperança de vida ao nascer para homens*, a *esperança de vida ao nascer para mulheres*, o *índice de sobrevivência infantil*, os *anos de vida recuperados para doenças transmissíveis*, os *anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis*, os *anos de vida recuperados para causas externas* e a *área geográfica* (variável não discricionária).

TABELA 9  
Eficiências dos países no modelo 8  
(Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Bahamas	13,63	Jamaica	86,79
Barbados	17,43	Suriname	95,66
São Cristóvão e Neves	27,94	Bolívia	100,00
Panamá	28,59	Brasil	100,00
Trindade e Tobago	32,97	Chile	100,00
Costa Rica	35,33	Colômbia	100,00
República Dominicana	37,86	Cuba	100,00
Antigua e Barbuda	40,62	Guatemala	100,00
Granada	42,81	Guiana	100,00
Argentina	45,8	Honduras	100,00

(Continua)

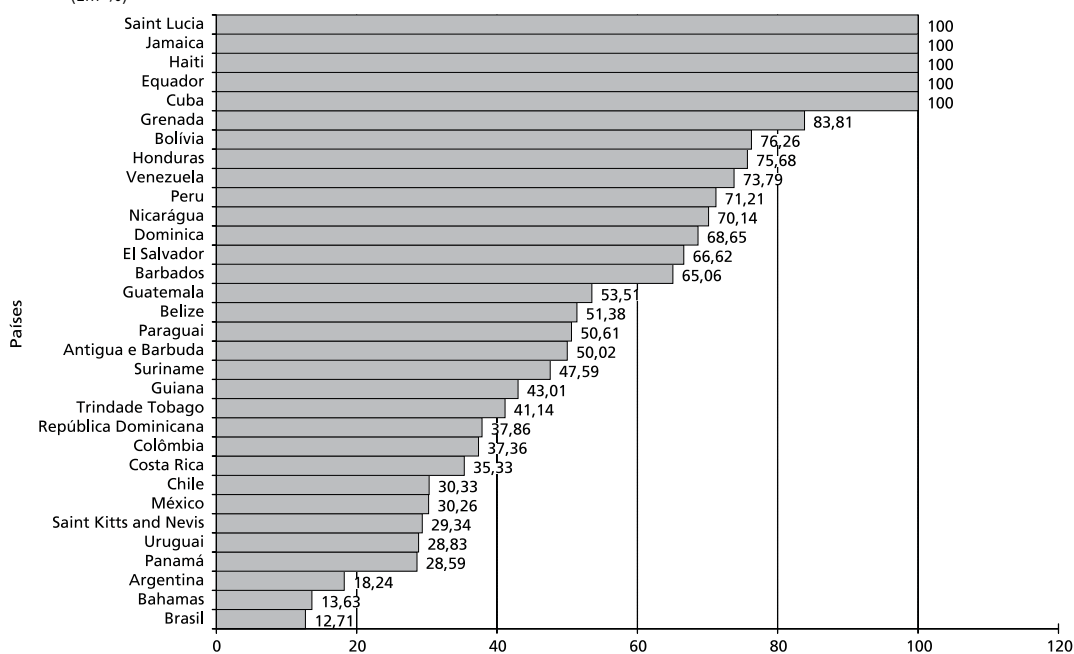
(Continuação)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
El Salvador	46,12	Haiti	100,00
Uruguai	46,71	México	100,00
Belize	51,38	Nicarágua	100,00
Dominica	68,65	Peru	100,00
Equador	69,1	Paraguai	100,00
Santa Lúcia	69,76	Venezuela	100,00

Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

**GRÁFICO 10**  
**Eficiências dos países no modelo 9**  
 (Em %)



Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

Obs.: O modelo 9 é um modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala; os *inputs* são o *gasto per capita com saúde* (em dólares por PPC); os *outputs*, a *esperança de vida ao nascer para homens*, a *esperança de vida ao nascer para mulheres*, o *índice de sobrevivência infantil*, os *anos de vida recuperados para doenças transmissíveis*, os *anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis*, os *anos de vida recuperados para causas externas* e a *densidade demográfica* (variável não discricionária).

TABELA 10  
**Eficiências dos países no modelo 9**  
(Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Brasil	12,71	Belize	51,38
Bahamas	13,63	Guatemala	53,51
Argentina	18,24	Barbados	65,06
Panamá	28,59	El Salvador	66,62
Uruguai	28,83	Dominica	68,65
São Cristóvão e Neves	29,34	Nicarágua	70,14
México	30,26	Peru	71,21
Chile	30,33	Venezuela	73,79
Costa Rica	35,33	Honduras	75,68
Colômbia	37,36	Bolívia	76,26
República Dominicana	37,86	Granada	83,81
Trindade e Tobago	41,14	Cuba	100
Guiana	43,01	Equador	100
Suriname	47,59	Haiti	100
Antígua e Barbuda	50,02	Jamaica	100
Paraguai	50,61	Santa Lúcia	100

Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

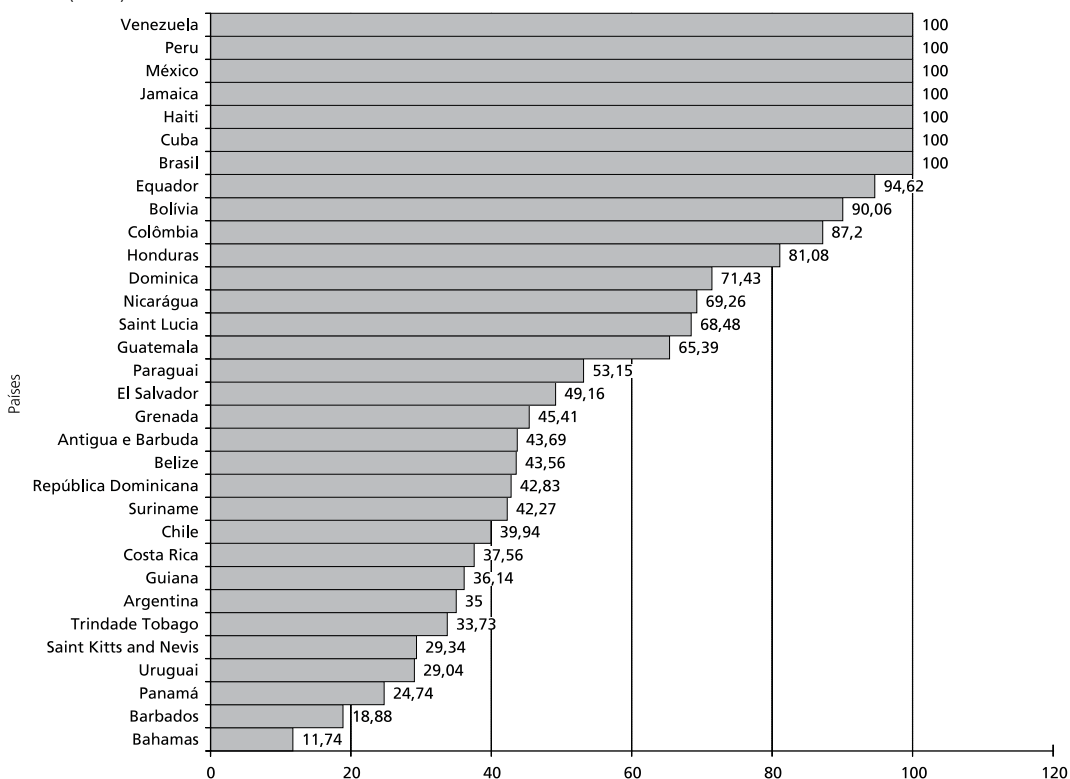
Como previsto, quando as variáveis incluídas eram a *população* e a *área territorial*, os países mais populosos e/ou mais extensos (Brasil, Argentina, México) foram mais bem avaliados, apresentando altas eficiências relativas. Contudo, ao inserir a variável que distribui a população pelo território de cada país, os resultados voltam a revelar desempenhos relativos insatisfatórios para o mesmo conjunto de países citados.

#### 4.3 APLICAÇÃO DA DEA COM RETORNOS VARIÁVEIS DE ESCALA

Os modelos de fronteira estocástica (FE) não deram bons resultados quando foram utilizadas as variáveis em conjunto, conforme os modelos analisados anteriormente, devido à elevada correlação entre tais variáveis. A tentativa de comparar os resultados gerados pela FE com os da DEA tornou necessária a realização de novos procedimentos utilizando-se esta última metodologia. Registre-se que os resultados obtidos mediante FE, os quais ainda serão apresentados, não permitiram comparações entre todos os modelos. Além de se alterar a especificação do modelo, foi incluída a opção de retornos variáveis de escala. Conforme Jacobs, Smith e Street (2006, cap. 7), as FEs, *ceteris paribus*, tendem a discriminar menos as DMUs que a DEA. Assim, naturalmente, os modelos com retornos variáveis de escala surgem como referência para comparação, por seu menor poder de discriminação (notadamente o modelo BCC) frente aos modelos com

retornos constantes de escala (como o modelo CCR, que vinha sendo utilizado até então). Tal característica foi apresentada na seção anterior. Outra modificação foi com relação ao conjunto de produtos utilizado. Novamente, para tornar os modelos comparáveis – DEA e FEs – foram utilizadas as variáveis *anos de vida recuperados por doenças transmissíveis* e *anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis*.<sup>9</sup> O objetivo desta breve seção, portanto, é mostrar os resultados das fronteiras geradas pela análise envoltória de dados com os modelos mais compatíveis com os utilizados no caso da fronteira estocástica. Os resultados são mostrados nos gráficos 11, 12 e 13, referentes aos modelos de 10, 11 e 12.

GRÁFICO 11  
**Eficiências dos países no modelo 10**  
 (Em %)



Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

Obs.: O modelo 10 é um modelo de maximização de *outputs* com retornos variáveis de escala; os *inputs* são o *gasto* per capita *com saúde* (em dólares por PPC); os *outputs*, os *anos de vida recuperados para doenças transmissíveis*, os *anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis* e a *população* (variável não discricionária).

9. Nos modelos de FEs gerados, as variáveis mais significativas foram *anos de vida recuperados por doenças transmissíveis* e *não transmissíveis*. Portanto, para tornar a comparação entre os dois métodos consistentes, a opção foi utilizar estas duas variáveis nos modelos de DEA com retornos variáveis.

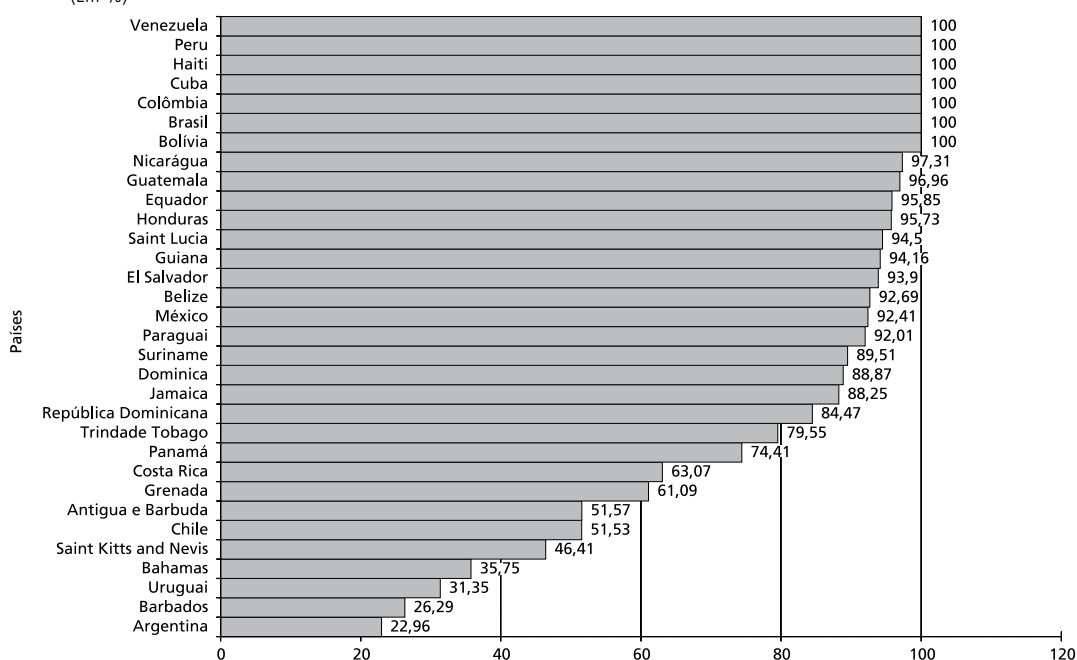
**TABELA 11**  
**Eficiências dos países no modelo 10**  
(Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Bahamas	11,74	Paraguai	53,15
Barbados	18,88	Guatemala	65,39
Panamá	24,74	Santa Lúcia	68,48
Uruguai	29,04	Nicarágua	69,26
São Cristóvão e Neves	29,34	Dominica	71,43
Trindade e Tobago	33,73	Honduras	81,08
Argentina	35	Colômbia	87,2
Guiana	36,14	Bolívia	90,06
Costa Rica	37,56	Equador	94,62
Chile	39,94	Brasil	100,00
Suriname	42,27	Cuba	100,00
República Dominicana	42,83	Haiti	100,00
Belize	43,56	Jamaica	100,00
Antígua e Barbuda	43,69	México	100,00
Granada	45,41	Peru	100,00
El Salvador	49,16	Venezuela	100,00

Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.  
Elaboração dos autores.



**GRÁFICO 12**  
**Eficiências dos países no modelo 11**  
 (Em %)



Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

Obs.: O modelo 11 é um modelo de maximização de *outputs* com retornos variáveis de escala; os *inputs* são o *gasto per capita com saúde* (em dólares por PPC); os *outputs*, os *anos de vida recuperados para doenças transmissíveis*, os *anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis* e a *área geográfica* (variável não discricionária).

**TABELA 12**  
**Eficiências dos países no modelo 11**  
 (Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Argentina	22,96	México	92,41
Barbados	26,29	Belize	92,69
Uruguai	31,35	El Salvador	93,9
Bahamas	35,75	Guiana	94,16
São Cristóvão e Neves	46,41	Santa Lúcia	94,5
Chile	51,53	Honduras	95,73
Antígua e Barbuda	51,57	Equador	95,85
Granada	61,09	Guatemala	96,96
Costa Rica	63,07	Nicarágua	97,31
Panamá	74,41	Bolívia	100,00
Trindade e Tobago	79,55	Brasil	100,00
República Dominicana	84,47	Colômbia	100,00
Jamaica	88,25	Cuba	100,00

(Continua)

(Continuação)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Dominica	88,87	Haiti	100
Suriname	89,51	Peru	100
Paraguai	92,01	Venezuela	100

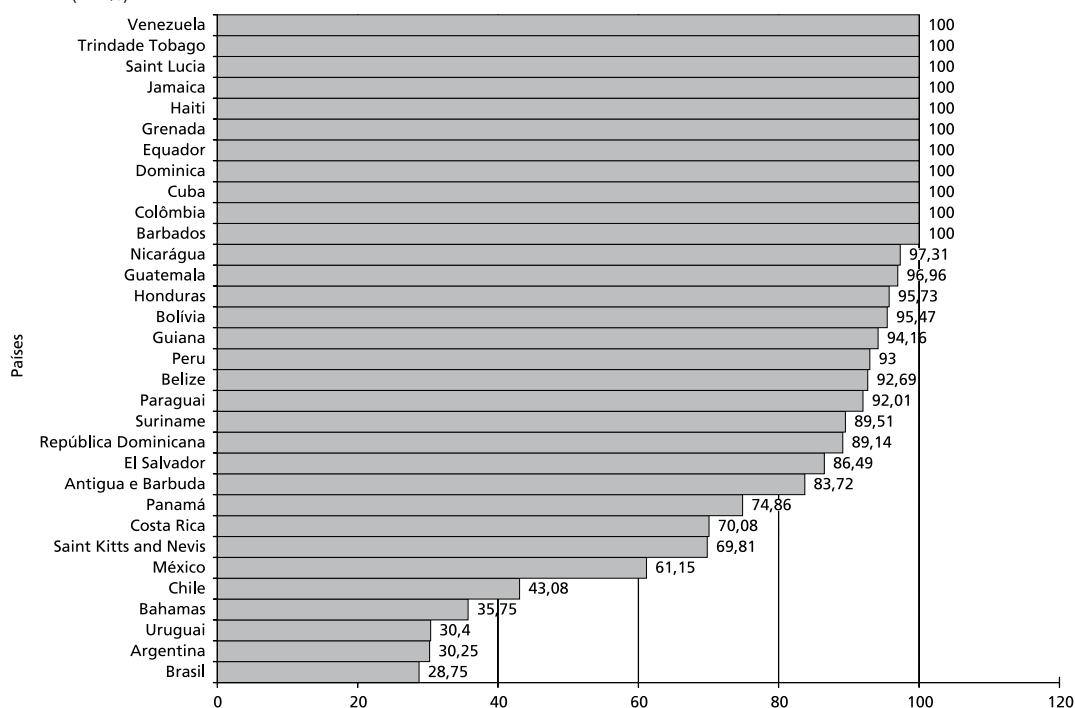
Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

### GRÁFICO 13

#### Eficiências dos países no modelo 12

(Em %)



Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

Obs.: O modelo 12 é um modelo de maximização de *outputs* com retornos variáveis de escala; os inputs são o *gasto com saúde* per capita (em dólares por PPC); os *outputs*, os *anos de vida recuperados para doenças transmissíveis*, os *anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis* e a *densidade demográfica* (variável não discricionária).

TABELA 13  
**Eficiências dos países no modelo 12**  
 (Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Brasil	28,75	Guiana	94,16
Argentina	30,25	Bolívia	95,47
Uruguai	30,4	Honduras	95,73
Bahamas	35,75	Guatemala	96,96
Chile	43,08	Nicarágua	97,31
México	61,15	Barbados	100,00
São Cristóvão e Neves	69,81	Colômbia	100,00
Costa Rica	70,08	Cuba	100,00
Panamá	74,86	Dominica	100,00
Antígua e Barbuda	83,72	Equador	100,00
El Salvador	86,49	Granada	100,00
República Dominicana	89,14	Haiti	100,00
Suriname	89,51	Jamaica	100,00
Paraguai	92,01	Santa Lúcia	100,00
Belize	92,69	Trindade e Tobago	100,00
Peru	93	Venezuela	100,00

Os resultados obtidos nos modelos 10, 11 e 12, mostrados anteriormente, mantêm a análise observada ao longo do texto. De maneira análoga, nos modelos que consideravam, além dos produtos *anos de vida recuperados para doenças transmissíveis* e *anos de vida recuperados para não transmissíveis*, as variáveis não discricionárias *população* e *área territorial*, os países que apresentam maiores populações e/ou territórios são mais bem avaliados. Este é o caso do Brasil, México, Venezuela, entre outros. Cuba e Haiti continuam a apresentar eficiências relativas máximas (escore igual a 100). Contudo, quando inserida a variável *densidade demográfica*, que revela a distribuição da população pela área total do país, os resultados voltam a indicar eficiências relativas piores para países como Brasil, Argentina e México. Destaca-se que Cuba e Haiti mantêm o desempenho máximo na amostra em todos os modelos calculados.

#### 4.4 APLICAÇÃO DA DEA: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os exercícios realizados nesta primeira parte do estudo consistiram, fundamentalmente, na análise da eficiência do sistema de saúde dos diversos países da América Latina contemplados no trabalho. A metodologia básica de análise utilizada foi a análise envoltória de dados (*data envelopment analysis* – DEA).

Uma análise muito geral dos exercícios indica resultados não muito claros, ou definitivos, para o Brasil, em termos de eficiência na provisão de serviços de saúde que se reflita em bons indicadores clássicos da saúde. A despeito do alto volume de gastos *per capita*

em saúde em relação aos países da América Latina, o país apresentou, em quase todos os casos, a pior colocação da amostra. Em termos absolutos, os gastos *per capita* podem ser insuficientes e, em certas circunstâncias, notadamente na presença de retornos crescentes de escala, pode ser necessário aumentar gastos para aumentar a eficiência. Na presença de custos fixos e de economias de escala, pode existir um tamanho (ou gasto) mínimo para que um empreendimento ou um programa social seja eficiente. Contudo, partindo do princípio de que, em países muito populosos e/ou extensos, a provisão dos serviços de saúde pode ser dificultada por características não controláveis, buscou-se incluir variáveis e opções metodológicas que pudessem contornar ou mitigar este problema. Assim, como esperado, com a inclusão de variáveis que refletissem o tamanho da população e a área geográfica, os países com maiores valores em pelo menos um destes indicadores apresentaram melhora substancial de sua eficiência, como é o caso do Brasil e do México. Entretanto, mesmo que uma população numerosa e/ou um território extenso possam refletir na demanda de uma sociedade com relação aos serviços de saúde, uma análise mais profunda de como estes serviços são disponibilizados às pessoas torna-se necessária. Em outras palavras, não basta analisar as dimensões físicas e populacionais do país. A dinâmica da distribuição do serviço de saúde é de extrema relevância para inferir até que ponto é possível verificar se toda a população desfruta deste serviço de maneira equitativa e ótima. Em contraponto com os bons resultados dos países populosos e/ou extensos obtidos quando as variáveis não discricionárias eram *população e área geográfica*, países como Brasil e México passaram a apresentar um fraco desempenho em todos os modelos propostos quando inserida a variável não discricionária *densidade demográfica*.

Uma conclusão preliminar deste trabalho poderia ser que mesmo países que gastam consideravelmente com saúde em termos *per capita* (como o Brasil) podem não ser eficientes. Ou, ainda, se o objetivo é maximizar os resultados em saúde, pode ser mais relevante gastar melhor que gastar mais. Entretanto, conforme visto, a complexidade da avaliação da eficiência de serviços de saúde passa, também, por considerações a respeito de variáveis e indicadores relevantes sobre os quais os gestores e as autoridades da saúde não têm influência alguma (por exemplo, a área territorial) ou quase nenhuma influência (por exemplo, o tamanho da população).

É importante salientar que outras dimensões e indicadores, de reconhecida influência em sistemas de saúde, não podem ser incluídos em um estudo como este. Uma lista não exaustiva inclui a natureza das instituições de saúde; o modelo de financiamento; as características mais precisas da demografia e da epidemiologia de

cada país; questões culturais, políticas e sociais; e assim por diante. Para mais detalhes, ver Joumard, André e Nicq (2010); OMS (2000); e Drummond *et al.* (1987). Fazem-se estas ressalvas antes mesmo da apresentação e da utilização das fronteiras estocásticas, com um objetivo bastante específico, embora ambicioso, nesta altura: motivar o leitor a, desde já, decidir se acolhe e acata a necessidade de se utilizarem metodologias e indicadores alternativos (quicá complementares) ao se trabalhar com metodologias quantitativas (mesmo as clássicas) na avaliação de sistemas de saúde.

## 5 AS FRONTEIRAS ESTOCÁSTICAS

A segunda parte do estudo destina-se à análise dos resultados obtidos, a partir das mesmas variáveis apresentadas anteriormente, utilizando a metodologia das FEs. Além dos métodos de cálculo, uma diferença fundamental entre a DEA e as FEs consiste na inclusão do termo aleatório que o segundo método contempla. Além disso, neste caso, os resultados apresentados estarão mostrando as ineficiências estimadas de cada país, e não mais, como no caso anterior, a eficiência.

As fronteiras estocásticas (*stochastic frontier*), devidas a Aigner, Lovell e Smith (1977), Battese e Corra (1977) e Meeusen e Van Den Broeck (1977), são modelos de regressão com uma perturbação assimétrica não normal, motivados pela ideia de que desvios da fronteira de produção podem não estar inteiramente sob o controle das DMUs. No caso da DEA, todos os desvios da produção (causados, por exemplo, por falhas de equipamentos, erros de medida ou má especificação do modelo) seriam avaliados como ineficiência. A interpretação, nos modelos de FE, é que cada DMU pode ser comparada com a fronteira de eficiência, e que esta fronteira também é aleatoriamente determinada pelo conjunto de todos os elementos estocásticos que entrariam no modelo, fora do controle da DMU. Assim, a fronteira não passa, necessariamente, por todos os pontos de produção mais elevada ou de mais baixo custo.

As FEs também têm ampla utilização em saúde.<sup>10</sup>

---

10. para exemplos, consultar Vitaliano e Toren, 1994, e Jacobs, Smith e Street, 2006)

A formulação geral para uma fronteira de produção, como nos modelos de regressão, é:

$$y = \beta x' + \varepsilon, \text{ com } \varepsilon = v - u$$

onde:

$y$  é o produto,  $x$  são os insumos; e

$\varepsilon$  é o componente estocástico,  $u$  é não negativo e  $v$  tem distribuição de probabilidades livre.

Assume-se que  $v$  e  $u$  são independentes.

O componente  $v$  não está sob o controle das DMUs, e  $u$  é um termo não negativo que captura a ineficiência e define a que distância a DMU está da fronteira produtiva. É usual supor que  $v$  é normalmente distribuída, ou seja,  $v \sim N[0, \sigma_v^2]$ . Não existe critério econômico para definir a escolha da distribuição de probabilidades de  $u$ . Em geral, supõe-se que  $u$  tenha distribuição *half-normal*, normal-truncada, exponencial ou gama.

Em uma fronteira para custos, tem-se que  $c = c(y, w) + \varepsilon$ , com  $\varepsilon = v + u$ .

Nesse caso,  $c$  são os custos e  $w$  é o custo unitário (preços) de cada um dos fatores de produção.<sup>11</sup>

## 6 APLICAÇÃO DAS FES NOS SISTEMAS DE SAÚDE, COM MODELOS ALTERNATIVOS

Inicialmente, tentou-se utilizar um modelo de FE compatibilizando-se as variáveis explicativas com aquelas utilizadas nos modelos de DEA, mas houve problemas com a não significância estatística dos regressores e/ou com a não convergência (número excessivo de iterações) dos modelos. Tais problemas, de acordo com Fried, Lovell e Schmidt (1993) e Jacobs, Smith e Street (2006), podem advir da existência de multicolinearidades entre as variáveis explicativas. Para melhorar os modelos, e com o intuito de evitar correlações muito fortes entre as variáveis explicativas, foi elaborada a matriz de correlação entre as variáveis do estudo.

11. Para mais detalhes técnicos sobre as FEs ver Fried, Lovell e Schmidt (1993) e Jacobs, Smith e Street (2006).

QUADRO 1  
Matriz de correlação das variáveis selecionadas

	Gasto total em saúde <i>per capita</i> (US\$ PPP)	Esperança de vida ao nascer		Índice de sobrevivência infantil	Anos de vida recuperados por		População	Área territorial	Densidade demográfica (1.000 habitantes/km <sup>2</sup> )
		masculino	feminino		doenças transmissíveis	doenças não transmissíveis e causas externas			
Gasto total em saúde <i>per capita</i> (US\$ PPP)	1								
P-valor									
Esperança de vida ao nascer masculino	0,347	1							
P-valor	0,052								
Esperança de vida ao nascer feminino	0,471	0,935	1						
P-valor	0,007	0,000							
Índice de sobrevivência infantil	0,428	0,822	0,809	1					
P-valor	0,015	0,000	0,000						
Anos de vida recuperados por doenças transmissíveis	0,459	0,772	0,780	0,846	1				
P-valor	0,008	0,000	0,000	0,000					
Anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis	-0,408	-0,699	-0,626	-0,805	-0,894	1			
P-valor	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000				
Anos de vida recuperados por causas externas	-0,281	-0,367	-0,483	-0,113	-0,229	-0,083	1		
P-valor	0,120	0,039	0,005	0,538	0,207	0,651			
População	-0,067	0,048	0,174	-0,241	-0,116	0,306	-0,432	1	
P-valor	0,715	0,794	0,341	0,184	0,528	0,088	0,013		
Área territorial	-0,016	0,001	0,101	-0,310	-0,120	0,305	-0,459	0,814	1
P-valor	0,932	0,994	0,580	0,084	0,514	0,089	0,008	0,000	
Densidade demográfica (1.000 habitantes/km <sup>2</sup> )	-0,059	0,090	0,038	0,224	0,093	-0,197	0,338	-0,185	-0,680
P-valor	0,750	0,623	0,835	0,218	0,612	0,279	0,059	0,310	0,000

Elaboração dos autores.

Pela matriz de correlação mostrada, é possível observar que as variáveis apresentam, em sua maioria, um alto grau de correlação. Nesse sentido, para a escolha do modelo de FE, foi necessário utilizar um critério estatístico de seleção. Neste trabalho, a opção foi utilizar o método de seleção *forward*, especificamente o método AIC (*akaike information criterion*).<sup>12</sup>

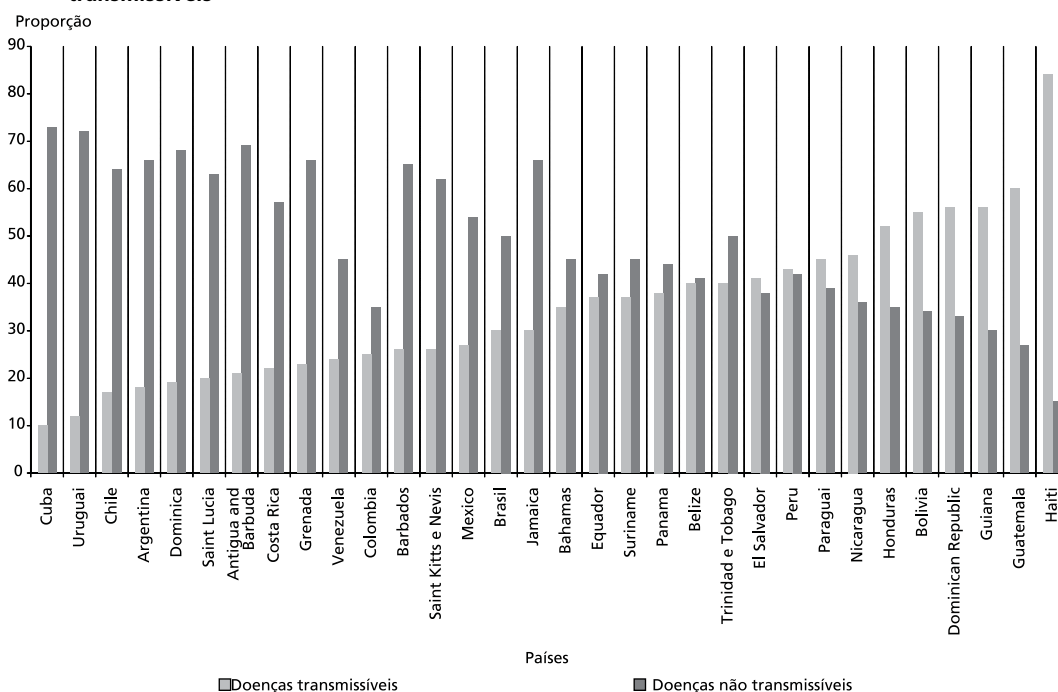
Com base no critério de seleção mencionado, o modelo que se mostrou mais adequado foi aquele que utiliza os *anos de vida recuperados para doenças transmissíveis*, *anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis* e *população* como variáveis independentes, e o *gasto per capita com saúde* como variável dependente, que se quer minimizar. Além do critério estatístico, a opção por utilizar as referidas variáveis está diretamente relacionada à própria estrutura de saúde observada nos países da amostra. Marcadamente, na América Latina existem duas situações vigentes, quais sejam: *i*) a transição da incidência de mortalidade por doenças transmissíveis para doenças não transmissíveis; e *ii*) a coexistência destas duas causalidades de maneira relevante. No Brasil, por exemplo, a proporção de anos de vida perdidos é igual a 30 para doenças transmissíveis, e igual a 50 para doenças não transmissíveis. Proporções semelhantes são observadas para o México. Esta é uma tendência bem diferente daquela observada nos países da OCDE, nos quais, predominantemente, a proporção de anos de vida perdidos é maior no caso de doenças não transmissíveis. A distribuição da incidência das mortes por doenças transmissíveis e não transmissíveis, bem como a tendência de transição e/ou coexistência das duas situações nos países latino-americanos, podem ser observadas no gráfico 14.

12. Para mais detalhes do método de seleção *forward* AIC, ver Giolo (2007).



GRÁFICO 14

**Anos de vida perdidos por doenças transmissíveis e anos de vida perdidos por doenças não transmissíveis**



Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

O próprio formato do gráfico revela uma espécie de complementaridade entre os indicadores, além de indicar que, no continente, existem países com valores próximos aos extremos nos dois casos. Por exemplo, Cuba, para *anos de vida perdidos por doenças transmissíveis*, apresenta um indicador igual a 10 e, para doenças não transmissíveis, igual a 73. Na outra ponta, no Haiti, a proporção de *anos de vida perdidos por doenças transmissíveis* é igual a 84, enquanto para as doenças não transmissíveis este valor é igual a 15. O Brasil se encontra em uma posição mediana do gráfico.

Para estimar a fronteira estocástica de eficiência com as variáveis mencionadas, a distribuição dos erros assumida foi a distribuição exponencial. Tal opção justifica-se, primeiramente, pela assimetria observada nos escores da DEA, que costumam estar concentrados em torno de 100%. Como a distribuição exponencial também é assimétrica, existe uma natural e conveniente compatibilidade entre as distribuições dos estimadores de eficiência. Outra razão para assumir a distribuição exponencial reside nos erros e no número excessivo de iterações de que a opção *half-normal* (default na maioria dos estudos) acarreta para gerar os parâmetros do modelo de FE. Nesse caso,

conforme Jacobs, Smith e Street (2006), existe a forte possibilidade de problemas de convergência e obtenção de máximos locais para a função de máxima verossimilhança.<sup>13</sup> Os resultados obtidos com esta opção técnica apresentaram um melhor desempenho, seja pela maior incidência de significância estatística das variáveis explicativas, seja pela redução do número de iterações necessárias.

Como é usual em modelos econométricos, para reduzir problemas de heteroscedasticidade, permitir a leitura direta das elasticidades<sup>14</sup> e facilitar a convergência dos modelos, foram utilizados os logaritmos naturais em todas as variáveis. Ressalte-se, novamente, que os modelos de FE evidenciam ineficiências. Estas são medidas em valores absolutos, e não mais percentuais, como ocorria na DEA. Os resultados das regressões são discutidos a seguir.

## 6.1 APLICAÇÃO DAS FES: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos resultados obtidos com as FEs é apresentada no gráfico 15, que representa o modelo 13.<sup>15</sup>

TABELA 14  
Resultados do modelo 13

Gasto com saúde per capita (US\$ por PPP)	Coefficiente	Erro padrão	z	P> z	Intervalo de confiança (95%)	
Anos de vida recuperados para doenças transmissíveis	1,154	0,000	52.566, 370	0,00	1,154	1,154
Anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis	0,648	0,000	36.809, 130	0,00	0,648	0,648
População	-0,051	0,000	-36.000, 000	0,00	-0,051	-0,051
Constante	-1,070	0,000	-6.916, 010	0,00	-1,070	-1,069
/lnsig2v	-37,418	675,955	-0,060	0,956	-1.362,265	1.287,430
/lnsig2u	-1,094	0,354	-3,090	0,002	-1,787	-0,401
sigma_v	0,000	0,000			0,000	3,6E+279
sigma_u	0,579	0,102			0,409	0,818
sigma2	0,335	0,118			0,103	0,567
lambda	77.200.000	0,102			77.200.000	77.200.000

Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

Obs.:<sup>1</sup> Teste de razão de verossimilhança: *Likelihood-ratio test of sigma\_u = 0: chibar2(01) = 18.78 Prob>=chibar2 = 0.000.*

<sup>2</sup> O modelo 13 é um modelo estocástico, de função custo, com distribuição exponencial. A variável dependente é o *gasto per capita com saúde* (em dólares por PPC); as variáveis independentes são os *anos de vida recuperados por doenças transmissíveis*, os *anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis* e a *população*.

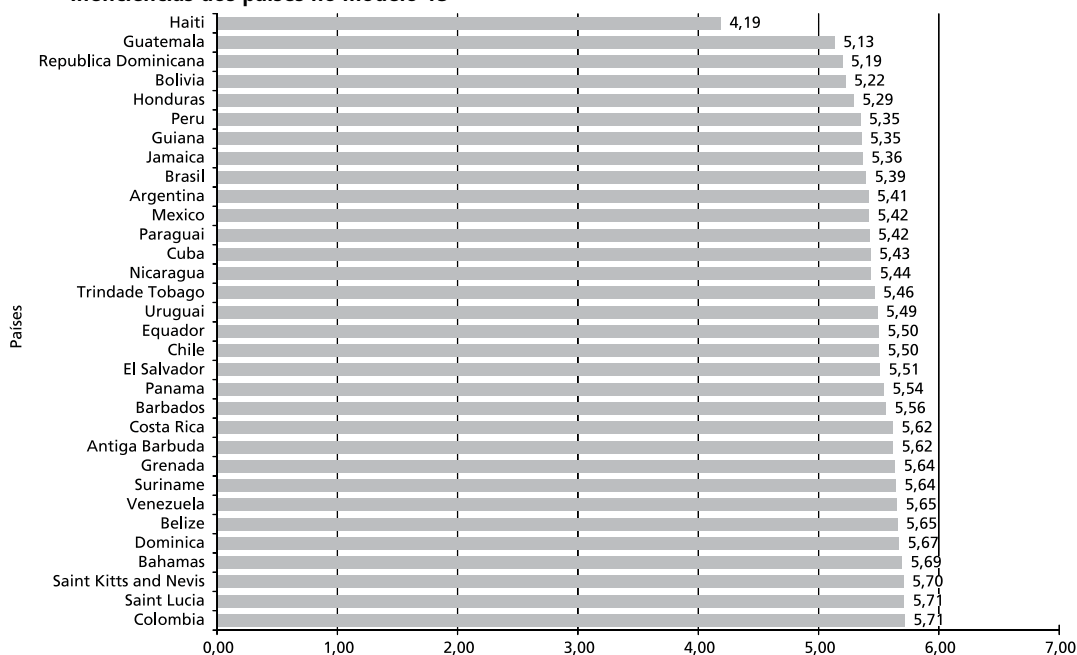
13. Os resultados com *half-normal* não serão apresentados neste texto, mas estão disponíveis com os autores deste estudo.

14. A elasticidade mede a relação entre a variação percentual dos regressores e a variação percentual da variável dependente.

15. O *software* utilizado foi o Stata 9.0, Statistics/Data Analysis, da Stata Corp.

Com relação aos resultados mostrados, o destaque fica com a significância de todas as variáveis utilizadas. Observa-se, ainda, que, dada a natureza das variáveis, ou seja, dado que as variáveis foram transformadas para escala logarítmica, os coeficientes representam as elasticidades. A variável *anos de vida recuperados para doenças transmissíveis* apresenta uma maior correlação ou elasticidade positiva (1,154) com o gasto com saúde *per capita*. Isto vai ao encontro da estrutura de saúde nos países da amostra que ainda apresentam uma alta incidência de mortes por doenças infectocontagiosas.<sup>16</sup> A variável *anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis* tem baixa correlação (0,648) com os gastos *per capita* em saúde. A correlação do tamanho da população com os gastos é baixa e negativa (-0,051), o que indicaria uma fraca economia de escala. Maiores populações estão correlacionadas com menores gastos *per capita* em saúde.

GRÁFICO 15  
Ineficiências dos países no modelo 13



Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

A análise das ineficiências relativas mostra que o Haiti obteve o melhor desempenho da amostra.<sup>17</sup> O país, que revela indicadores muito precários em termos de saúde, de

16. Só para exemplificar, na variável *anos de vida perdidos por doenças transmissíveis*, a qual tem um limite máximo igual a 100, o Haiti apresenta uma proporção igual a 84.

17. A ineficiência do Haiti foi igual a 4,19.

um modo geral, apresenta, especificamente para estas variáveis, valores expressivos. Em termos de *anos de vida recuperados por doenças transmissíveis*, o país apresenta o valor mínimo da amostra, qual seja, 16. Entretanto, no que se refere à variável *anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis*, o país assume a posição de máximo, obtendo um valor igual a 85. Ressalta-se que valores máximos ou mínimos para estas variáveis não classificam os países em termos de efetividade ou da qualidade do sistema de saúde. Como já mencionado, estas variáveis revelam, apenas, os indicadores de saúde em cada país, em termos de mortalidade. Contudo, como mostrado no resultado da regressão, a variável relacionada a doenças transmissíveis, que assumem grande importância em países pobres como Haiti, mostra uma alta sensibilidade destas morbidades a investimentos em saúde. Assim, em países com desempenhos absolutos menores, existe uma maior sensibilidade aos investimentos em saúde, em termos monetários. Dito de outro modo, a taxa de retorno dos investimentos em saúde no Haiti é bastante elevada, principalmente no que se refere às doenças transmissíveis.

Para o modelo de FE gerado, o Brasil apresentou um resultado bem diferente daqueles observados no caso da DEA. Enquanto, por este método, o país oscilou entre atingir os menores e maiores escores da amostra, no caso da FE, o Brasil ocupou um lugar entre os dez<sup>18</sup> menos ineficientes, em termos relativos, para o grupo de países selecionados, colocando-o no segundo quartil da distribuição. Apesar do alto gasto com saúde *per capita*, em comparação com a amostra selecionada – provável razão que o leva à menor eficiência nos modelos da DEA em função de indicadores de saúde não tão díspares do restante da amostra –, em consonância aos indicadores utilizados com resultados próximos à mediana, a população do Brasil, por ser muito numerosa, pode ter contribuído para a melhora da eficiência do país. Este resultado também foi encontrado nos modelos de análise envoltória de dados que utilizava a população como variável não discricionária.

## 7 COMPARANDO OS RESULTADOS OBTIDOS COM AS FRONTEIRAS DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS E DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA

Um procedimento adicional foi feito com o intuito de estabelecer algum critério de comparação entre os dois diferentes métodos básicos utilizados para compor o estudo, quais sejam, DEA e FE.

18. O Brasil é o nono país menos ineficiente da amostra, com uma ineficiência relativa igual a 5,39.

Para realizar a comparação, foram feitas regressões do tipo Tobit<sup>19</sup> e mínimos quadrados ordinários (MQO)<sup>20</sup> que pudessem informar o possível grau de comparabilidade entre os resultados gerados pelos diferentes métodos. Como os escores da DEA são limitados entre 0 e 1 (ou 100%) e concentrados próximo de 100%, recomenda-se inverterem-se os escores, que passam a figurar no intervalo entre 1 e infinito. Assim, uma regressão do tipo Tobit pode ser mais adequada (MARINHO, 2003). A bateria de testes foi realizada em duas etapas. Na primeira, comparou-se a FE às fronteiras de eficiência geradas pelos modelos de DEA com retornos variáveis de escala. Já se comentou que as FEs atribuem às aleatoriedades, e não somente às ineficiências, parte dos desvios em relação aos valores ótimos. Isto não ocorre nos modelos de DEA, que são determinísticos, e nos quais todos os referidos desvios são atribuídos às ineficiências. Assim, *ceteris paribus*, os modelos estocásticos costumam penalizar mais fracamente as DMUs que os modelos de DEA. Recomendar-se-ia, portanto, em princípio (JACOBS, SMITH e STREET, 2006), para comparação com as FEs, a preferência pelos modelos de DEA com retornos variáveis de escala (modelo BCC neste caso). O modelo BCC “penaliza” menos as DMUs que os modelos com retornos constantes de escala (modelo CCR, neste estudo), conforme discutido na seção 4. Os resultados, obtidos em regressões que comparam os escores de DEA e FEs, corroboram tais premissas. Entretanto, é importante assinalar que os modelos DEA com retornos constantes de escala (modelo CCR) orientados para a maximização de resultados (*outputs*) estariam mais próximos de um modelo de minimização de custos. A fronteira dos modelos CCR, por ser uma reta que passa pela origem do gráfico (figura 1), é invariante em relação à orientação (maximização de *outputs* ou minimização de *inputs*). Assim, em uma segunda etapa, os resultados da FE foram comparados com os resultados do modelo de DEA-CCR. As regressões são mostradas a seguir.

Na primeira e na segunda regressão (tabelas 15 e 16), utilizou-se o método de MQO; na terceira e na quarta (tabelas 17 e 18), empregou-se o modelo Tobit. As variáveis utilizadas foram:

- FE: função custo; distribuição exponencial;
- DEA: orientação para *outputs* (OO); retornos variáveis de escala (tabelas 15 e 17); retornos constantes de escala (tabelas 16 e 18);

---

19. Destaque-se que, para realização das regressões do tipo Tobit entre DEA e FE, faz-se necessário inverter os escores da DEA. A especificação utilizada foi censura à esquerda em 1,0.

20. Diferentemente da regressão do tipo Tobit, no caso dos MQO utilizaram-se os escores da DEA em sua forma padrão (limite mínimo = 0 e limite máximo = 100%).

- *inputs: gasto per capita com saúde; e*
- *outputs: anos de vida recuperados por doenças transmissíveis; anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis; e população (variável não discricionária).*

TABELA 15  
Resultado da regressão por MQO – DEA/BCC/OO e FE/Custos/Exponencial

DEA	Coefficiente	Erro padrão	<i>t</i>	<i>P&gt; t </i>	Intervalo de confiança (95%)	
FE	-37,701	17,747	-2,120	0,042	-73,946	-1,456
Constante	266,267	96,874	2,750	0,010	68,425	464,110

Obs.:<sup>1</sup>  $R^2 = 0,1308$ .

<sup>2</sup> Número de observações: 32.

TABELA 16  
Resultado da regressão por MQO – DEA/CCR/OO e FE/Custos/Exponencial

DEA	Coefficiente	Erro-padrão	<i>t</i>	<i>P&gt; t </i>	Intervalo de confiança (95%)	
FE	-34,086	17,012	-2,000	0,054	-68,828	0,657
Constante	246,205	92,859	2,650	0,013	56,562	435,847

Obs.:<sup>1</sup>  $R^2 = 0,1180$ .

<sup>2</sup> Número de observações: 32.

TABELA 17  
Resultado da regressão com o modelo Tobit – DEA/BCC/OO e FE/Custos/Exponencial

DEA	Coefficiente	Erro-padrão	<i>t</i>	<i>P&gt; t </i>	Intervalo de confiança (95%)	
FE	3,756	1,828	2,050	0,048	0,028	7,483
Constante	-18,576	10,048	-1,850	0,074	-39,070	1,918
Sigma	1,703	0,248			1,197	2,209

Obs.:<sup>1</sup> Pseudo- $R^2 = 0,0505$ .

<sup>2</sup> Número de observações: 32.

TABELA 18  
Resultado da regressão com o modelo Tobit – DEA/CCR/OO e FE/Custos/Exponencial

DEA	Coefficiente	Erro-padrão	<i>t</i>	<i>P&gt; t </i>	Intervalo de confiança (95%)	
FE	3,039	1,594	1,910	0,066	-0,212	6,289
Constante	-14,658	8,752	-1,670	0,104	-32,508	3,191
Sigma	1,583	0,232			1,110	2,055

Obs.:<sup>1</sup> Pseudo- $R^2 = 0,0431$ .

<sup>2</sup> Número de observações: 32.

Conforme as expectativas deste estudo, somente obtiveram-se resultados estatisticamente significativos quando se compararam as FEs aos modelos DEA com retornos variáveis de escala (modelo BCC). Este fenômeno foi observado tanto no caso da regressão com MQO ( $p = 0,042$ ) quanto no caso da regressão do tipo Tobit ( $p = 0,048$ ). Os modelos de DEA com retornos constantes com relação às

FEs não apresentam resultados estatisticamente significativos no nível de teste de 5%, embora significativos ao nível de 10%.

## 8 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM A LITERATURA

Conforme já discutido em Marinho, Cardoso Almeida (2009), vários estudos classificam o Brasil em *rankings* de sistemas de saúde utilizando modelos de fronteiras de eficiência, e os resultados são os mais variados. Evans *et al.* (2000), utilizando um modelo econométrico flexível (*translog*), aplicado em gastos com saúde e perfil educacional, e tendo como resultado (*outcome*) um indicador sintético de condições de saúde (esperança de vida ajustada por incapacidade – *disability adjusted life expectancies*, Dale), colocaram o Brasil em 78º lugar entre 191 países avaliados. Neste estudo, Oman aparece em primeiro lugar; Malta em segundo; Itália em terceiro; Cuba, em 36º; México, 63º; Argentina, 71º; Estados Unidos, 72º; e Zimbábue na 191ª posição. Em OMS (2000), o *ranking* anterior é apresentado, embora sem identificação de autoria. Adicionalmente, outra classificação é explicitada em OMS (2000). Neste estudo, o produto do sistema de saúde inclui, além da medida de saúde (o Dale), com peso de 50%, um conjunto de variáveis (sinteticamente denominadas de *responsiveness*) relacionadas com as expectativas dos cidadãos. Tais expectativas são avaliadas em relação não somente ao que um sistema de saúde como um todo faz, mas também à *forma* como ele faz. Estas variáveis (*responsiveness*), com peso de 50%, seriam representativas do respeito à dignidade e à autonomia das pessoas, e da confidencialidade das informações dos sistemas (com peso de 25% para o nível total e 25% para a distribuição ou desigualdade). Neste caso, alguns posicionamentos interessantes seriam: Brasil em 125º lugar entre 191 países avaliados; França em primeiro lugar; Itália em segundo; Estados Unidos em 37º; Cuba em 39º; México, 61º; Argentina, 75º; Haiti, 138º; e Serra Leoa na 191ª (última) posição. Os países desenvolvidos, nesta análise, melhoram suas posições. Ribeiro e Rodrigues Júnior (2006) avaliam a eficiência dos gastos públicos na América Latina com diversos indicadores de desempenho, incluindo saúde (mortalidade infantil e esperança de vida ao nascer). No geral, Costa Rica, Uruguai e Chile obtêm os melhores resultados. Cuba e Haiti não fazem parte da amostra. Tais autores concluem que o Brasil tem um mau desempenho, mas os resultados para a saúde, que apresentam pouca dispersão, não podem ser isoladamente avaliados no modelo de DEA utilizado. O trabalho de Afonso, Schuknecht e Tanzi (2006) tem características e resultados semelhantes (ruins) para o Brasil. Estache, Gonzalez e Trujillo (2007), em um modelo econométrico de medida de eficiência, obtiveram resultados melhores para a eficiência de gastos governamentais, incluindo saúde, em países de alta renda, quando

comparados com países de renda média e baixa. Contudo, também não foi possível discriminar com precisão a posição do sistema de saúde brasileiro no referido trabalho. Em resumo, não existe consenso na literatura relacionada a classificações de serviços de saúde dos países, embora, em princípio, os países desenvolvidos, com a notável exceção negativa dos Estados Unidos, apareçam nas melhores posições.

## 9 COMENTÁRIOS FINAIS

Este estudo, uma continuação natural e desejável de Marinho, Cardoso e Almeida (2009), apresentou uma série de características e conclusões que merecem destaque. A primeira característica diz respeito à própria construção da amostra selecionada. Neste Texto para Discussão, o Brasil foi comparado a países de um grupo do qual faz parte, a região da América Latina e Caribe. Além de pertencerem à mesma região geopolítica, estes países também apresentam semelhanças no que se refere aos indicadores de saúde. Neste sentido, a comparação com relação aos sistemas de saúde pode apresentar resultados, para o caso brasileiro, bem expressivos.

A já referida comparação do Brasil com os países da OCDE (MARINHO, CARDOSO e ALMEIDA, 2009) evidenciou resultados em que, talvez contrariando as expectativas, o país não se mostrou o menos eficiente, de maneira sistemática. Pelo contrário, naquele estudo, o país chegou, inclusive, a apresentar o melhor desempenho relativo da amostra, em um dos modelos gerados. Contudo, no presente estudo, ao deslocar o Brasil para uma amostra de países com características semelhantes, seja com relação aos indicadores de saúde, seja com relação às características físicas e populacionais, o desempenho relativo do país sofreu significativas alterações.

A princípio, nos modelos de DEA com retornos constantes de escala, mais adequada aos equilíbrios de longo prazo, e que não consideram o tamanho dos países, o Brasil tem o pior desempenho, quando comparado aos países da América Latina. Mas, quando a amostra é segmentada pelo tamanho dos gastos *per capita* da amostra (corte na mediana), o país eleva substancialmente o seu desempenho, melhorando sua posição para um nível intermediário.

O Brasil atinge um ótimo desempenho quando se introduzem indicadores relacionados com o tamanho dos países (*população e área geográfica*), chegando ao escore



máximo de eficiência. No entanto, a substituição de tais variáveis pela densidade demográfica traz de volta o mau desempenho.

A análise utilizando-se modelos DEA com retornos variáveis de escala (o modelo BCC) considera o tamanho dos países, e enfatiza a possibilidade de desajustes de longo prazo. Esta análise privilegia os equilíbrios de curto prazo, e a posição do Brasil melhora consideravelmente em relação ao desempenho observado em modelos com retornos constantes de escala.<sup>21</sup> Nesses modelos de curto prazo, a situação relativa do Brasil frente aos países da América Latina e do Caribe é avaliada como boa ou ótima, com exceção do modelo utilizando a variável não discricionária *densidade demográfica*. O mesmo panorama positivo foi observado na análise realizada com o auxílio da fronteira estocástica, em um modelo cujos resultados são, inclusive estatisticamente, associados com os modelos DEA e com os modelos de curto prazo (retornos variáveis de escala).

Em suma, no que se refere ao desempenho brasileiro, os resultados revelam que, em termos relativos aos países da América Latina, a sugestão para melhoras na eficiência do gasto com saúde deveria, talvez, enfatizar aspectos qualitativos. Ou seja, seria adequado gastar melhor, além de gastar mais.

Outra notória conclusão do trabalho se refere aos países com sistemáticos bons desempenhos, em termos de eficiência relativa na amostra: Cuba e Haiti. Para analisar estes resultados, faz-se necessária uma análise individual das condições, em termos de saúde, destes dois países.

Cuba é um país com aproximadamente 11 milhões de habitantes, em um território de 110.860 km<sup>2</sup>, conferindo-lhe uma densidade demográfica igual a 101,65 habitantes por km<sup>2</sup>. O volume de gasto com saúde é igual a US\$ 229,10 por habitante. Na amostra em estudo, este valor confere a Cuba uma posição bem abaixo da média de gastos neste serviço, e abaixo também da mediana para o mesmo indicador. Contudo, apesar deste valor aparentemente baixo em termos de gastos em saúde, o país apresenta uma série de indicadores que merecem destaque. Uma variável extremamente relevante para avaliar o estado de saúde da população, em qualquer sociedade, é a *esperança de vida ao nascer*. Na amostra de países selecionados, Cuba apresenta a maior *esperança*

---

21. Lembrando que, para torná-los comparáveis aos modelos de FEs, os modelos de DEA com retornos variáveis de escala utilizaram como produtos, apenas, as variáveis discricionárias *anos de vida perdidos por doenças transmissíveis e não transmissíveis*.

*de vida ao nascer* para homens (75 anos) e a segunda maior para as mulheres (80 anos), ficando atrás apenas do Chile, que apresenta uma *esperança de vida ao nascer* feminina igual a 81.<sup>22</sup> Outro excelente indicador cubano é o *índice de mortalidade infantil*. No país, de cada 1 mil crianças nascidas vivas, seis morrem, ou, segundo outra leitura, 994 permanecem vivas. Este número confere a Cuba a melhor posição na amostra. Tal valor dista, notoriamente, do outro extremo da distribuição, o máximo, que é atingido pelo Haiti, com uma *taxa de mortalidade infantil* de 74 para cada 1 mil nascidos vivos. Por fim, outro interessante resultado de Cuba, em termos de saúde, refere-se à estrutura de distribuição de causas das mortes do país. Nesse caso, os indicadores cubanos se assemelham mais aos países desenvolvidos. Mais especificamente, a maior incidência de perda de anos de vida fica a cargo das doenças não transmissíveis (73). Para as doenças transmissíveis, o número cai para 10. Em ambos os casos, os números de Cuba apresentam uma distância considerável da média da amostra. Por esta breve exposição, é possível extrair uma interessante conclusão. Cuba é um país relativamente pobre, com um PIB *per capita* de US\$ 4.500,<sup>23</sup> e com um nível de gastos em saúde consideravelmente baixo. Apesar disso, o país atinge, no contexto latino-americano e caribenho, resultados muito bons em termos de saúde da população, comparáveis, até, aos países mais desenvolvidos. Esta associação de gastos baixos com indicadores tão bons, em termos relativos, leva o país a apresentar sistematicamente o melhor desempenho da amostra em termos de eficiência, em todos os modelos utilizando DEA. Este resultado expressivo não é reproduzido no modelo da *fronteira estocástica*, mas, ainda assim, o país ocupa uma posição confortável neste *ranking*.

Outro país com bom desempenho na amostra, o Haiti, mostra uma conjuntura completamente diferente daquela observada em Cuba. Primeiramente, seus 8.528.000 habitantes, distribuídos em 27 mil km<sup>2</sup>, conferem ao Haiti uma densidade demográfica muito maior que a cubana.<sup>24</sup> Uma informação extremamente relevante com relação ao Haiti diz respeito ao nível de gasto com saúde *per capita*. O país apresenta o menor volume para este indicador na amostra selecionada, com um gasto de US\$ 82 por pessoa. Junto ao PIB *per capita* (igual a US\$ 1.900),<sup>25</sup> estas estatísticas classificam o Haiti como um país

22. Destaque-se, contudo, que o Chile apresenta um gasto com saúde *per capita* consideravelmente maior que Cuba, com um total de US\$ 720,30 *per capita*.

23. Informação retirada do *site* Index Mundi, com dados de CIA World Factbook. Disponível em: <<http://www.indexmundi.com/map/?v=67&l=pt>>. Acesso em: 1 abril 2009.

24. A densidade demográfica do Haiti é igual a 307,32 habitantes por km<sup>2</sup>.

25. Informação retirada do *site* Index Mundi, com dados de CIA World Factbook. Disponível em: <<http://www.indexmundi.com/map/?v=67&l=pt>>. Acesso em: 1 abril 2009.

pobre. Em adição, os indicadores haitianos de saúde também não são satisfatórios. Em termos de *esperança de vida ao nascer*, tanto para homens quanto para mulheres (53 e 56 anos, respectivamente), o Haiti ocupa a posição de mínimo (o pior) da amostra. Além disso, o *índice de mortalidade infantil* igual a 74 por 1 mil nascidos vivos confere ao país a posição de máximo (o pior) da amostra. Com relação à influência das causas de mortalidade na esperança de vida da população, o comportamento das variáveis de *anos de vida perdidos* do Haiti é tão diferente de Cuba que é possível destacar uma simetria dos indicadores. Mais especificamente, no Haiti, o indicador de *anos de vida perdidos por doenças transmissíveis* é igual a 84 (recordando, no caso de Cuba, este valor era igual a 10) e, para as doenças não transmissíveis, este valor é igual a 15 (em Cuba, este número é igual a 73). De maneira sintética, o quadro do Haiti pode ser descrito da seguinte forma: ao baixo volume de gastos correspondem indicadores relativamente ruins em termos de condições de saúde da população. Este quadro, contudo, apesar de revelar graves deficiências no país, demonstra, dada a eficiência dos gastos, que a sensibilidade a investimentos em saúde é bem alta, evidenciando um espaço para melhoras considerável. Assim, admitindo que a saúde é um importante condicionante do bem-estar dos indivíduos, a eficiência do Haiti, nos modelos gerados, revela que o investimento em saúde pode mostrar-se como uma estratégia eficiente para o aumento do bem-estar neste país. Aumentos dos gastos *per capita* em saúde no Haiti devem proporcionar resultados bem melhores, em termos relativos, que os observados em países mais ricos e com melhores indicadores de saúde. Este resultado não deveria ser surpreendente, pois os retornos marginais dos gastos em saúde podem ser decrescentes.<sup>26</sup>

Evans *et al.* (2000) já indicavam dois caminhos para melhorar os resultados em saúde das populações: aumentar os gastos em saúde, o que nem sempre é possível; e aumentar a eficiência dos gastos, o que nem sempre é impossível. Contudo, sempre se pode (e se *deve*) inquirir *o que se poderia fazer* para aumentar a eficiência. Embora responder esta última pergunta não seja o objetivo do presente trabalho, não se pode, em termos puramente conceituais, descartar a possível simultaneidade do problema: pode ser preciso gastar mais, ao menos em uma etapa inicial (por exemplo, investindo em pesquisa, na qualificação de gestores e dos profissionais de saúde em geral, e aprimorando o sistema de informações em saúde) para gastar bem. Eventualmente, os gastos totais pós-investimentos podem até mesmo ser menores que os níveis iniciais, com resultados sensivelmente melhores.

---

26. Ver, a esse respeito, Barros (2005), particularmente o capítulo 4; Santerre e Neun (2000), notadamente o capítulo 4; e Zweifel e Breyer (1997), especialmente o capítulo 1.

Em suma, uma conclusão preliminar deste trabalho mostra que indicadores de saúde em níveis desejáveis não são, necessariamente, apenas, um reflexo direto do volume de gastos com saúde. Neste setor, a eficiência dos gastos pode advir também da sua qualidade, como evidenciado, por exemplo, na constância dos desempenhos máximos atingidos por Cuba. Outro resultado que corrobora esta hipótese é o desempenho do Brasil. Na amostra de países latino-americanos e caribenhos, o país apresenta, com folga, o maior gasto com saúde *per capita*. Contudo, os indicadores medianos em termos de saúde do país, muitas vezes, classificam-no com uma baixa eficiência relativa. A OCDE (2005, p. 199), avaliando os gastos sociais no Brasil, já adverte que “as comparações internacionais sugerem que alguns países alcançaram melhores indicadores sociais do que o Brasil, com níveis iguais ou inferiores de gastos públicos”. E mais, que “a evidência empírica sugere que a qualidade, mais do que o nível do gasto público, é um determinante mais relevante dos resultados sociais”. Como visto, o presente estudo não permite refutar, *in totum*, estas afirmativas. Entretanto, entende-se que tal *evidência empírica*, até por ser empírica, é muito dependente da amostra e dos métodos utilizados. Assim, compartilha-se, também, o ponto de vista de Evans *et al.* (2000, p. 24, tradução nossa), que afirmam: “existe um aparente nível mínimo de gasto em saúde abaixo do qual o sistema simplesmente não pode funcionar bem”. Existem economias de escala nos gastos em saúde, pelo menos até certo ponto.

Outra evidência refere-se à sensibilidade dos indicadores de saúde a investimentos no setor, mostrada no caso do Haiti. O baixo volume de gastos associado aos péssimos indicadores de saúde, aparentemente, contrastariam com os desempenhos atingidos pelo país. Entretanto, este fato é justificado quando considerada a hipótese de que investimentos em saúde se revelam como uma estratégia positiva para elevar a qualidade de vida da população. O Haiti gasta tão pouco em saúde, tanto em termos absolutos como relativos, que os resultados observados para os indicadores de saúde são relativamente bons na amostra. Deve-se também considerar que as condições de saúde da população podem ser afetadas por variáveis não captadas pelos indicadores utilizados no presente estudo. Joumard, André e Nicq (2010), ao avaliarem, com grandes detalhes, em um contexto de utilização de DEA, as diferenças e convergências entre os sistemas de saúde dos países da OCDE, asseveram que “uma abordagem do tipo *big bang* pode não gerar ganhos significativos de eficiência, pois nenhum ‘modelo’ é claramente superior na geração de ganhos nas condições de saúde da população, dado um certo nível de gasto e de fatores socioeconômicos” (p. 53, tradução nossa).

Enfim, do presente estudo, do estudo precedente (MARINHO, CARDOSO e ALMEIDA, 2009) e do exame da literatura (JOURMARD, ANDRÉ e NICQ, 2010; OMS, 2000; DRUMMOND *et al.*, 1987) emana a suposição de que as avaliações de eficiência em sistemas de saúde não deveriam prescindir de utilização intensiva de metodologias modernas de análise, da valorização das características amostrais, e da contextualização e relativização dos resultados. Conforme já assinalado, o tema é árduo, necessariamente multidisciplinar, e envolveria, em condições próximas das ideais, – de difícil obtenção na prática–, elementos de epidemiologia, saúde pública, estatística, administração pública, economia da saúde, economia política e sociologia.

## REFERÊNCIAS

- AFONSO, A.; SCHUKNECHT, L.; TANZI, V. P. **Public sector efficiency: evidence for new EU members states and emerging markets.** Frankfurt am Main: European Central Bank, Jan. 2006. (Working Paper Series, n. 581).
- AFONSO, A.; St. AUBYN, M. S. Non-parametric approaches to education and health expenditure efficiency in OECD Countries. **Journal of Applied Economics**, v. 8, n. 2, p. 227-246, Nov. 2005.
- AIGNER, D.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. S. Formulation and estimation of stochastic frontier models. **Journal of Econometrics**, v. 6, p. 21-37, 1977.
- BANKER, R. D. Estimating most productive scale size using data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, n. 17, p. 35-44, 1984.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, p. 1.078-1.092, 1984.
- BANKER, R. D.; MOREY, R. C. Efficiency analysis for exogenously fixed inputs and outputs. **Operations Research**, v. 34, n. 4, p. 513-521, July-Aug. 1986.
- BARROS, P. P. **Economia da saúde: conceitos e comportamento.** Coimbra: Almedina, 2005.
- BATTESE, G. E.; CORRA, G. S. Estimation of a production frontier model: with application to the Pastoral Zone of Eastern Australia. **Australian Journal of Agricultural Economics**, v. 21, n. 3, p. 169-179, Dec. 1977.
- BRASIL. Senado Federal. **Constituição da República Federativa do Brasil: texto consolidado até a Emenda Constitucional nº 52, de 8 de março de 2006, Artigo 37, caput.** Brasília: Secretaria Especial de Editoração e Publicações, 2006.
- BROCKETT, P. L.; GOLANY, B. Using rank statistics for determining programmatic efficiency differences in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 42, n. 3, p. 466-472, Mar. 1996.

- CALVO, M. C. M. Análise da eficiência produtiva de hospitais públicos e privados no Sistema Único de Saúde (SUS). *In*: PIOLA, S. F.; JORGE, E. L. **Organizadores, economia da saúde: 1º Prêmio Nacional – 2004: coletânea premiada**. Brasília: Ipea; DFID, 2005.
- CHARNES, A. *et al.* (Eds.). **Data envelopment analysis: theory, methodology and applications**. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1994.
- CHARNES, A.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.
- CHARNES, A., COOPER, W. W.; RHODES, E. Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through, **Management Science**, v. 27, n. 6, p. 668-697, June 1981.
- CHARNES, A.; ROUSSEAU, J. J.; SEMPLE, J. H. Non-archimedean infinitesimals, transcendentals and categorical inputs in linear programming and data envelopment analysis. **Int. J. Systems SCI.**, v. 23, n. 12, p. 2.401-2.406, 1992.
- CHILINGERIAN, J. A. Exploring why some physicians hospital practices are more efficient: taking DEA inside the hospital. *In*: CHARNES, A. *et al.* (Eds.). **Data envelopment analysis**. London: Kluwer Academic Publishers, 1994.
- COOK, W. D.; KRESS, M.; SEIFORD, L. M. Data envelopment analysis in the presence of both quantitative and qualitative factors. **Journal of operational research society**, v. 47, p. 945-953, 1996.
- DEVER, G. E. A. **A epidemiologia na administração dos serviços de saúde**. São Paulo: Pioneira, 1998.
- DRUMMOND, M. E.; STODDART, G. L.; TORRANCE, G. W. **Methods for Economic Evaluation of Health Care Programmes**. Oxford: Oxford University Press, 1987.
- ESTACHE, A.; GONZALEZ, M.; TRUJILLO, L. **Government expenditures on education, health, and infrastructure: A naïve look at levels, outcomes and efficiency**. Washington: World Bank, May 2007. (Working Paper, n. 4.219).
- EVANS, D. B. *et al.* **The comparative efficiency of national health systems in Producing health: an analysis of 191 countries**. Geneva: World Health Organization, 2000. (Discussion Paper Series GPE, n. 29).
- FRIED, H. O.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- GIOLO, S. R. **Análise de regressão linear**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Estatística, 2007. Mimeo.
- GSTACH, D. Comparing structural efficiency of unbalanced subsamples: a resampling adaptation of data envelopment analysis. **Empirical Economics**, v. 20, p. 531-542, 1995.
- JACOBS, R.; SMITH, P. C.; STREET, A. **Measuring efficiency in health care: analytic techniques and health policy**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

- JOUMARD, I.; ANDRÉ, C.; NICQ, C. **Health care systems: efficiency and institutions**. OECD Economics Department, Paris: 2010. (Working Paper 27 May, n. 769).
- LA FORGIA, G. M.; COUTTOLENC, B. F. **Hospital performance in Brazil: the search for excellence**. Washington: The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, 2008.
- MARINHO, A. Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Economia**, v. 57, n. 3, p. 515-534, jul./set. 2003.
- MARINHO, A.; FAÇANHA, L. O. Hospitais universitários: avaliação comparativa de eficiência técnica. **Economia Aplicada**, v. 4, n. 2, p. 315-349, abr./jun. 2000.
- \_\_\_\_\_. Hospitais universitários: indicadores de utilização e análise de eficiência técnica. **Economia Aplicada**, v. 6, n. 3, jul./set. 2002.
- \_\_\_\_\_. CARDOSO S. S.; ALMEIDA, V. V. **Brasil e OCDE: avaliação da eficiência em sistemas de saúde**. Rio de Janeiro: Ipea, jan. 2009. (Texto para Discussão, n. 1.370).
- MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. **International Economic Review**, v. 18, n. 2, p. 435-444, June 1977.
- NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY. **Countries**. Disponível em: <<http://www3.nationalgeographic.com/places/countries/>>. Acesso em: 29 out. 2007.
- OCKÉ-REIS, C. O. **Sistemas de saúde comparados: gasto, acesso e desempenho**. In: SEMINÁRIOS DIMAC, 237. Rio de Janeiro: Ipea, 8 nov. 2006.
- OCDE – ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Estudos econômicos da OCDE Brasil**. Rio de Janeiro: FGV, jun. 2005.
- OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **The world health report: health systems**. Geneva: Improving Performance, 2000.
- \_\_\_\_\_. **World health statistics**. 2007. Disponível em: <<http://www.who.int/whosis/who-stat2007.pdf>>. Acesso em: 14 July 2007.
- PARKIN, D.; HOLLINGSWORTH, B. Measuring production efficiency of acute hospitals. Scotland, 1991-1994. Validity issues in data envelopment analysis. **Applied Economics**, v. 29, p. 1425-1433, 1997.
- PROITE, A.; S. SOUZA, M. C. S. Eficiência técnica, economias de escala, estrutura da propriedade e tipo de gestão no sistema hospitalar brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CENTROS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA – ANPEC, 32., 2004, João Pessoa, PB. **Anais...** 2004.
- RIBEIRO, M. B.; RODRIGUES JÚNIOR, W. Eficiência do gasto público na América Latina. **Boletim de Desenvolvimento Fiscal**, Ipea, n. 3, p. 43-56, dez. 2006.
- ROUQUAYROL, M. Z.; ALMEIDA FILHO, N. **Epidemiologia e saúde**. 1. ed. Rio de Janeiro: Medsi, 2001. Reimpressão.



SANTERRE, R. E.; NEUN, S. P. **Health economics: theories, insights and industry studies.** Ohio, South-Western College Pub, 2000. Revised Edition.

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

SMITH, P. C.; STREET, A. **Measuring the efficiency of public services: the limits of analysis.** **Journal of The Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)**, v.168, n.2, p. 401-417, march 2005.

VITALIANO, D. F.; TOREN, M. Cost and efficiency in nursing homes: a stochastic frontier approach. **Journal of Health Economics**, v. 13, p. 281-300, 1994.

ZWEIFEL, P.; BREYER, F. **Health economics.** Oxford: Oxford University Press, 1997.

#### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BOGETOFT, P. Incentive efficient production frontiers: an agency perspective on DEA. **Management Science**, v. 40, n. 8, p. 959-968, Aug. 1994.

KOOREMAN, P. Data envelopment analysis and parametric frontier estimation: complementary tools. **Journal of Health Economics**, v. 13, p. 345-346, 1994.

PRIOR, D. Technical efficiency and scope economies in Hospitals. **Applied Economics**, v. 28, p. 1295-1301, 1996.

RUGGIERO, J. On the measurement of technical efficiency in the public sector. **European Journal of Operational Research**, v. 90, p. 553-565, 1996.



## APÊNDICE A

### Indicadores selecionados para a América Latina e Caribe

Países	Esperança de vida ao nascer		Índice de mortalidade infantil (por 1 mil nascidos vivos)	Anos de vida perdidos por doenças transmissíveis (%)
	Homens	Mulheres		
	2004	2004	2004	2002
Antígua e Barbuda	70	75	11	21
Argentina	71	78	16	18
Bahamas	70	76	10	35
Barbados	71	78	10	26
Belize	65	72	32	40
Bolívia	63	66	54	55
<b>Brasil</b>	<b>67</b>	<b>74</b>	<b>32</b>	<b>30</b>
Chile	74	81	8	17
Colômbia	68	77	18	25
Costa Rica	75	80	11	22
Cuba	75	80	6	10
Dominica	72	76	12	19
República Dominicana	64	70	27	56
Equador	70	75	23	37
El Salvador	68	74	24	41
Granada	66	69	18	23
Guatemala	65	71	33	60
Guiana	62	64	47	56
Haiti	53	56	74	84
Honduras	65	70	31	52
Jamaica	70	74	17	30
México	72	77	23	27
Nicarágua	67	71	31	46
Panamá	73	78	19	38
Paraguai	70	74	21	45
Peru	69	73	24	43
São Cristóvão e Neves	69	72	18	26
Santa Lúcia	71	77	12	20
Suriname	65	70	30	37
Trindade e Tobago	67	73	18	40
Uruguai	71	79	12	12
Venezuela	72	78	16	24

Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

Países	Anos de vida perdidos por doenças não transmissíveis (%)	Anos de vida perdidos por causas externas (%)	Médicos (por 1 mil habitantes)	
	2002	2002	Valores	Anos
Antígua e Barbuda	69	10	0,17	1999
Argentina	66	17	3,01	1998
Bahamas	45	20	1,05	1998
Barbados	65	10	1,21	1999
Belize	41	19	1,05	2000
Bolívia	34	11	1,22	2001
<b>Brasil</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>1,15</b>	<b>2000</b>
Chile	64	19	1,09	2003
Colômbia	35	40	1,35	2002
Costa Rica	57	21	1,32	2000
Cuba	73	17	5,91	2002
Dominica	68	13	0,50	1997
República Dominicana	33	12	1,88	2000
Equador	42	21	1,48	2000
El Salvador	38	21	1,24	2002
Granada	66	10	0,50	1997
Guatemala	27	13	0,90	1999
Guiana	30	14	0,48	2000
Haiti	15	2	0,25	1998
Honduras	35	13	0,57	2000
Jamaica	66	4	0,85	2003
México	54	19	1,98	2000
Nicarágua	36	17	0,37	2003
Panamá	44	18	1,50	2000
Paraguai	39	16	1,11	2002
Peru	42	15	1,17	1999
São Cristóvão e Neves	62	12	1,19	1997
Santa Lúcia	63	17	5,17	1999
Suriname	45	18	0,45	2000
Trindade e Tobago	50	10	0,79	1997
Uruguai	72	15	3,65	2002
Venezuela	45	32	1,94	2001

Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

Países	Enfermeiros		Leitos		Gasto com saúde	População	Área territorial
	(por 1 mil habitantes)		(por 10 mil habitantes)		<i>per capita</i> (em dólares por PPC)	(em milhares)	(km <sup>2</sup> )
	Valores	Anos	Valores	Anos	2004	2005	
Antígua e Barbuda	3,28	2003	24	2005	516,20	81	442
Argentina	0,80	1998	41	2000	1.274,30	38.747	2.780.400
Bahamas	4,47	1998	34	2004	1.348,60	323	13.939
Barbados	3,70	1999	73	2004	1.150,70	270	430
Belize	1,26	2000	13	2004	338,60	270	22.965
Bolívia	2,19	2001	10	2004	185,90	9.182	1.098.581
<b>Brasil</b>	<b>3,84</b>	<b>2000</b>	<b>26</b>	<b>2002</b>	<b>1.519,70</b>	<b>186.405</b>	<b>8.547.403</b>
Chile	0,63	2003	24	2004	720,30	16.295	756.096
Colômbia	0,55	2002	12	2004	570,00	45.600	1.141.748
Costa Rica	0,92	2000	14	2004	592,00	4.327	51.100
Cuba	7,44	2002	49	2005	229,10	11.269	110.860
Dominica	4,17	1997	39	2004	309,30	79	751
República Dominicana	1,84	2000	22	2005	377,00	8.895	48.442
Equador	1,57	2000	14	2003	261,40	13.228	28.356
El Salvador	0,80	2002	9	2005	375,40	6.881	21.041
Granada	3,70	1997	48	2005	480,00	103	344
Guatemala	4,05	1999	7	2005	256,20	12.599	108.889
Guiana	2,29	2000	29	2001	328,90	751	214.969
Haiti	0,11	1998	8	2000	82,30	8.528	27.750
Honduras	1,29	2000	10	2002	197,40	7.205	112.492
Jamaica	1,65	2003	17	2005	223,40	2.651	10.991
México	0,90	2000	10	2004	655,40	107.029	1.964.375
Nicarágua	1,07	2003	9	2004	231,30	5.487	130.000
Panamá	2,77	2000	24	2004	631,60	3.232	75.517
Paraguai	1,69	2002	12	2005	326,70	6.158	406.752
Peru	0,67	1999	11	2004	235,40	27.968	1.285.216
São Cristóvão e Neves	5,02	1997	55	2005	709,60	43	269
Santa Lúcia	2,28	1999	28	2005	301,60	161	616
Suriname	1,62	2000	31	2004	376,30	449	163.265
Trindade Tobago	2,87	1997	33	2003	522,60	1.305	5.128
Uruguai	0,85	2002	24	2005	783,70	3.463	176.215
Venezuela	0,66	1997	9	2003	284,80	26.749	912.050

Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

Países	Densidade demográfica (habitantes/km <sup>2</sup> )	Índice de sobrevivência infantil		Anos de vida recuperados por doenças transmissíveis		Anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis		Anos de vida recuperados por causas externas	
		2004	2002	2002	2002	2002	2002		
Antigua e Barbuda	183,26	89,91	79	31	90				
Argentina	139,18	61,50	82	34	83				
Bahamas	23,17	99,00	65	55	80				
Barbados	627,91	99,00	74	35	90				
Belize	11,76	30,25	60	59	81				
Bolivia	8,36	17,52	45	66	89				
<b>Brasil</b>	<b>21,81</b>	<b>30,25</b>	<b>70</b>	<b>50</b>	<b>80</b>				
Chile	21,55	124,00	83	36	81				
Colômbia	39,94	54,56	75	65	60				
Costa Rica	84,68	89,91	78	43	79				
Cuba	101,65	165,67	90	27	83				
Dominica	105,19	82,33	81	32	87				
República Dominicana	183,62	36,04	44	67	88				
Ecuador	466,50	42,48	63	58	79				
El Salvador	327,03	40,67	59	62	79				
Granada	299,42	54,56	77	34	90				
Guatemala	115,70	29,30	40	73	87				
Guiana	3,49	20,28	44	70	86				
Haiti	307,32	12,51	16	85	98				
Honduras	64,05	31,26	48	65	87				
Jamaica	241,20	57,82	70	34	96				
México	54,49	42,48	73	46	81				
Nicarágua	42,21	31,26	54	64	83				
Panamá	42,80	51,63	62	56	82				
Paraguai	15,14	46,62	55	61	84				
Peru	21,76	40,67	57	58	85				
São Cristóvão e Neves	159,85	54,56	74	38	88				
Santa Lúcia	261,36	82,33	80	37	83				
Suriname	2,75	32,33	63	55	82				
Trindade e Tobago	254,49	54,56	60	50	90				
Uruguai	19,65	82,33	88	28	85				
Venezuela	29,33	61,5	76	55	68				

Fonte: OMS (2007) e National Geographic Society.

Elaboração dos autores.

## APÊNDICE B

### Estadística descritiva de indicadores selecionados na amostra

Variáveis <sup>1</sup>	Brasil	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Intervalo de confiança (95%)	
						Inferior	Superior
Esperança de vida ao nascer – homens	67	68,438	4,414	53	75	66,986	70,029
Esperança de vida ao nascer – mulheres	74	73,688	5,183	56	81	71,819	75,556
Mortalidade infantil (por 1 mil nascidos vivos)	32	23,063	14,314	6	74	17,902	28,223
Anos de vida perdidos por doenças transmissíveis (%)	30	34,844	16,302	10	84	28,966	40,721
Anos de vida perdidos por doenças não transmissíveis (%)	50	49,094	15,207	15	73	43,611	54,576
Anos de vida perdidos por causas externas (%)	20	16,125	7,074	2	40	13,574	18,676
Médicos (por 1 mil habitantes)	1,15	1,453	1,302	0,17	5,91	0,984	1,923
Enfermeiros (por 1 mil habitantes)	3,84	2,217	1,653	0,11	7,44	1,621	2,813
Leitos (por 10 mil habitantes)	26	24,031	16,055	7	73	18,243	29,820
Gasto total em saúde <i>per capita</i> (em dólares por PPC)	1.519,17	512,366	360,709	82,3	1.519,70	382,316	642,415
População (em milhares de habitantes)	186.405	17.366,660	37.161,31	43	186.504	3.968,575	30.764,74
Área territorial (km <sup>2</sup> )	8.547.403	553.606	1.535.488	269	8.547.403	3,611	1.107.208
Densidade demográfica (habitantes/km <sup>2</sup> )	21,81	133,769	149,374	2,75	627,91	79,914	187,624

Elaboração dos autores.

Nota: <sup>1</sup> A amostra contém 32 observações.

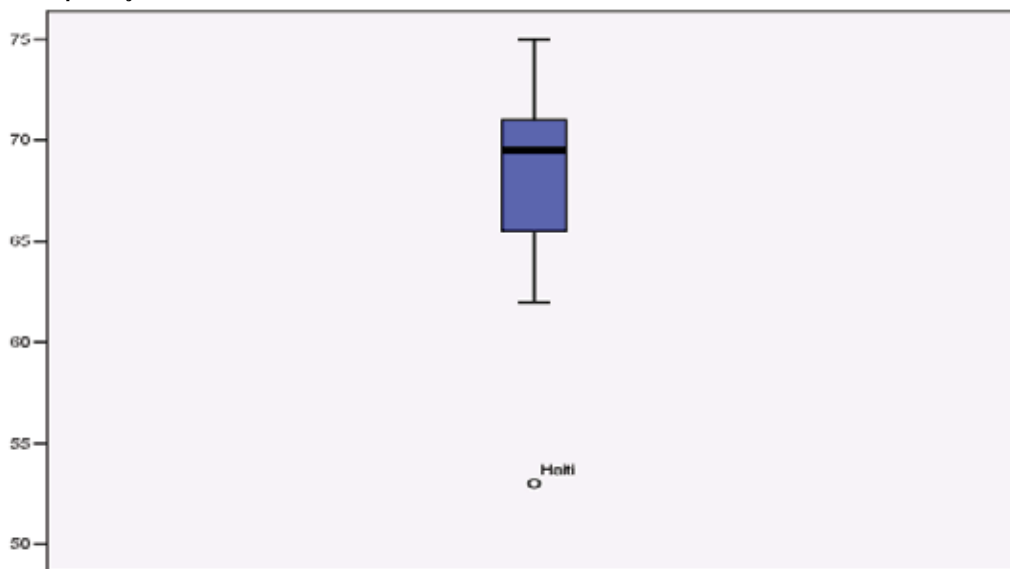
## APÊNDICE C

### *Box-plots* para indicadores selecionados do Brasil e OCDE

Considere-se um retângulo no qual estão representados a mediana e os quartis. A partir do retângulo, para cima, segue uma linha até o ponto mais remoto que não exceda  $LS = q_3 + (1,5) * dq$ , chamado limite superior, em que  $d_q$  é a diferença entre o primeiro quartil e o terceiro quartil. De modo similar, da parte inferior do retângulo, para baixo, segue a linha até o ponto mais remoto que não seja menor que  $LI = q_1 - (1,5) * dq$ , chamado de limite inferior. Os valores compreendidos entre estes dois limites são chamados valores adjacentes representados nos diagramas como “o”. As observações que estiverem acima do limite superior e abaixo do limite inferior estabelecidos serão chamadas pontos exteriores e serão representadas por “\*”. Na prática, estes pontos exteriores são chamados de valores atípicos, discrepantes ou *outliers*.

*BOX-PLOT 1*

**Esperança de vida ao nascer – homens**



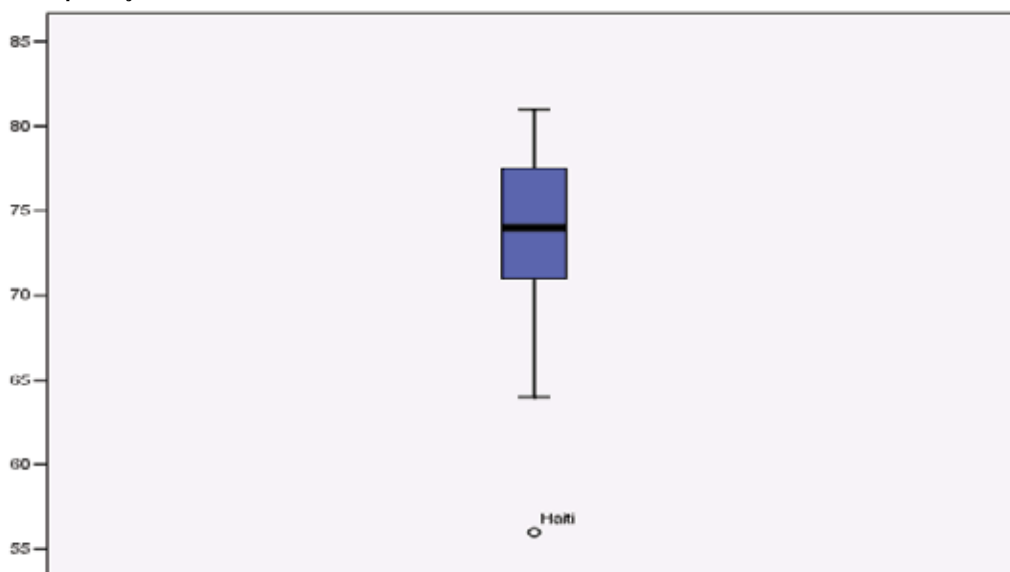
o – Valores adjacentes

\* – Valores atípicos, discrepantes ou *outliers*

Elaboração dos autores.

*BOX-PLOT 2*

**Esperança de vida ao nascer – mulheres**



o – Valores adjacentes

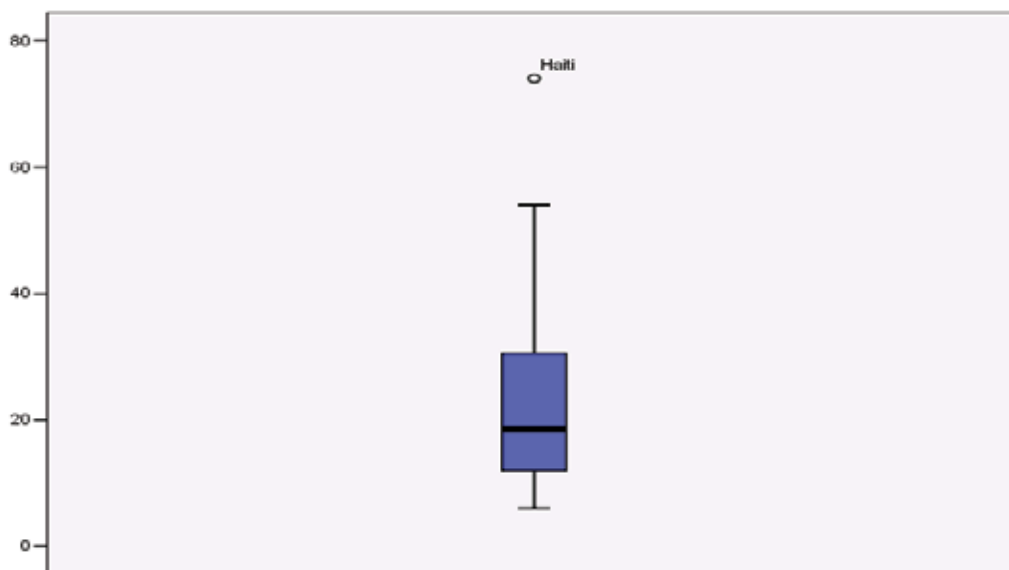
\* – Valores atípicos, discrepantes ou *outliers*

Elaboração dos autores.

*BOX-PLOT 3*

**Índice de mortalidade infantil**

(Por 1 mil nascidos vivos)



o – Valores adjacentes

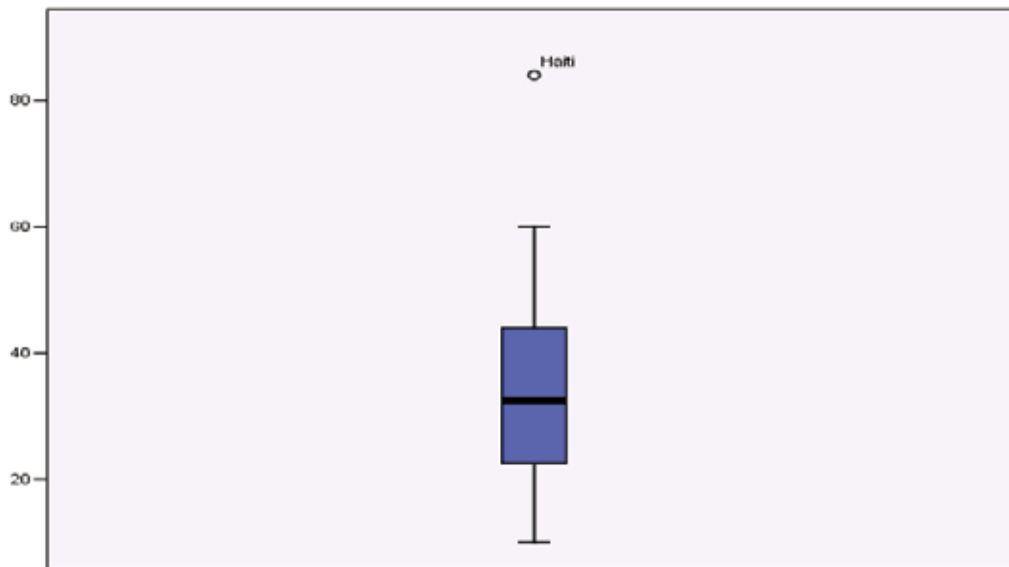
\* – Valores atípicos, discrepantes ou *outliers*

Elaboração dos autores.

*BOX-PLOT 4*

**Anos de vida perdidos por doenças transmissíveis**

(Em %)



o – Valores adjacentes

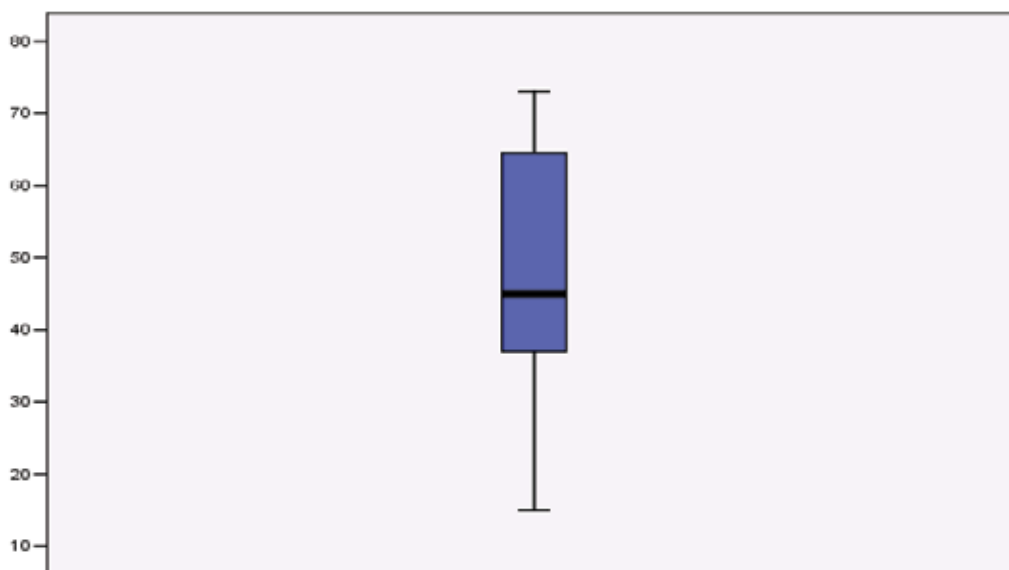
\* – Valores atípicos, discrepantes ou *outliers*

Elaboração dos autores.



*BOX-PLOT 5*

**Anos de vida perdidos por doenças não transmissíveis**  
(Em %)



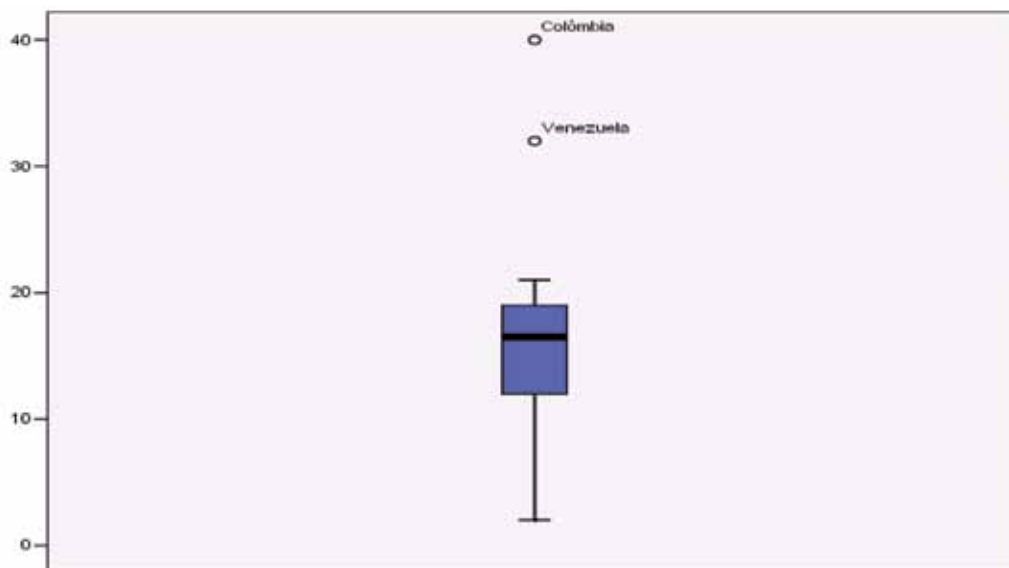
o – Valores adjacentes

\* – Valores atípicos, discrepantes ou *outliers*

Elaboração dos autores.

*BOX-PLOT 6*

**Anos de vida perdidos por causas externas**  
(Em %)



o – Valores adjacentes

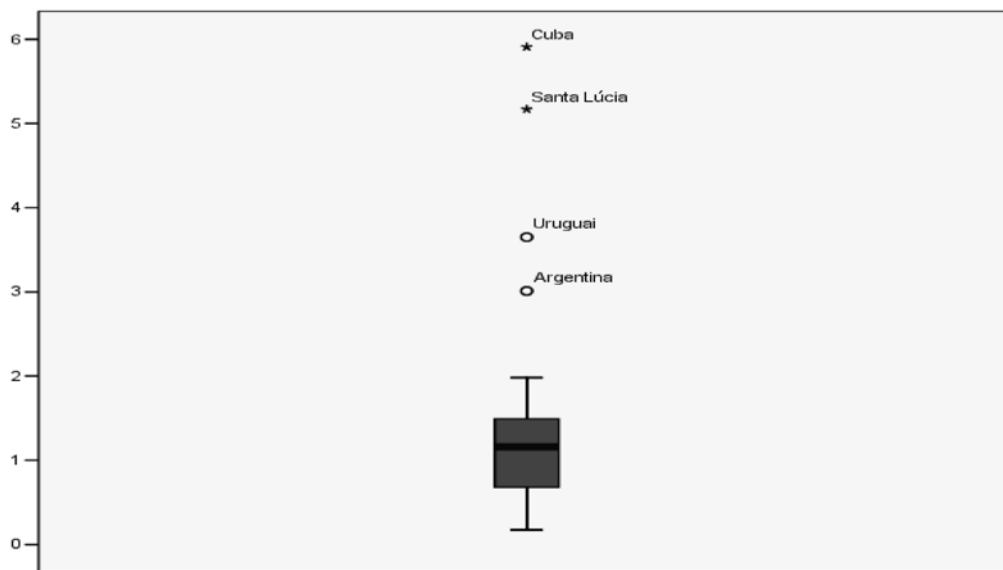
\* – Valores atípicos, discrepantes ou *outliers*

Elaboração dos autores.

*BOX-PLOT 7*

**Médicos**

(Por 1 mil habitantes)



o – Valores adjacentes

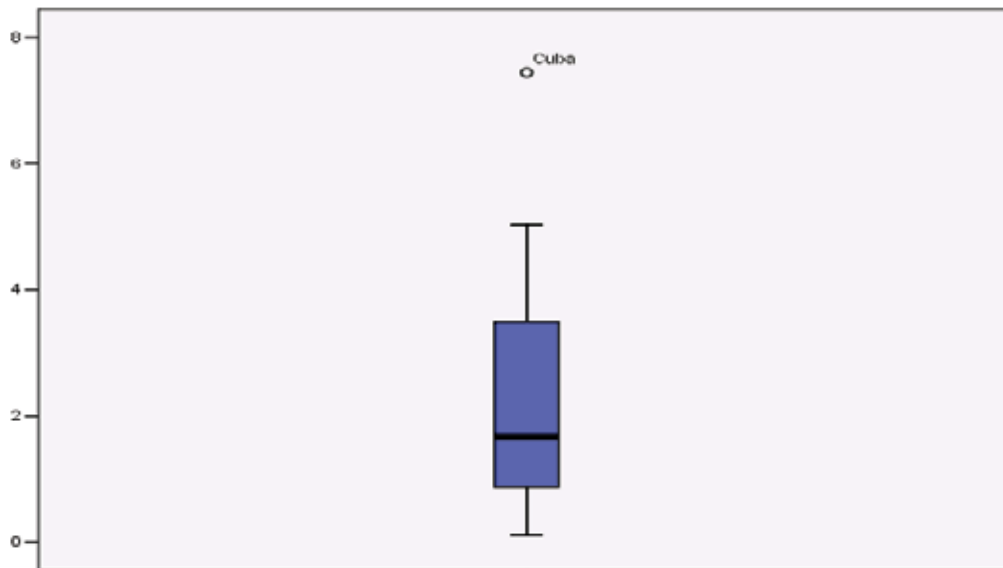
\* – Valores atípicos, discrepantes ou *outliers*

Elaboração dos autores.

*BOX-PLOT 8*

**Enfermeiros**

(Por 1 mil habitantes)



o – Valores adjacentes

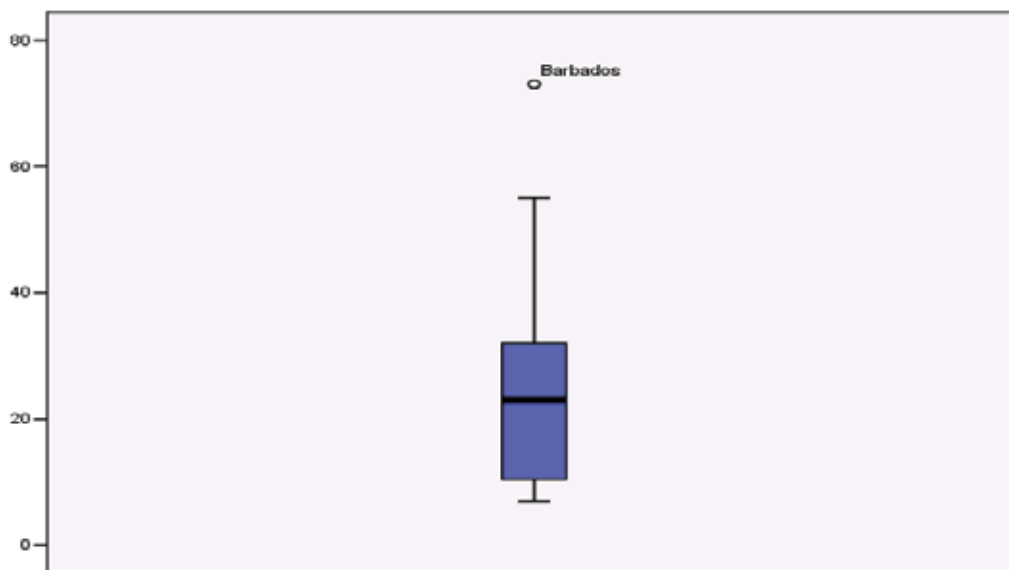
\* – Valores atípicos, discrepantes ou *outliers*

Elaboração dos autores.

*BOX-PLOT 9*

**Leitos**

(Por 10 mil habitantes)



o – Valores adjacentes

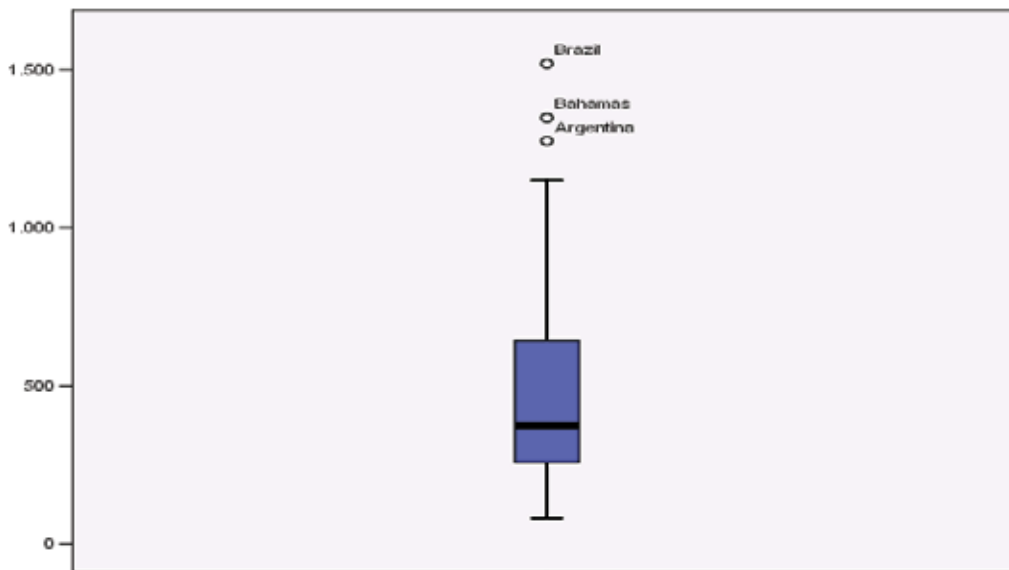
\* – Valores atípicos, discrepantes ou *outliers*

Elaboração dos autores.

*BOX-PLOT 10*

**Gasto total em saúde *per capita***

(Em dólares por PPP)



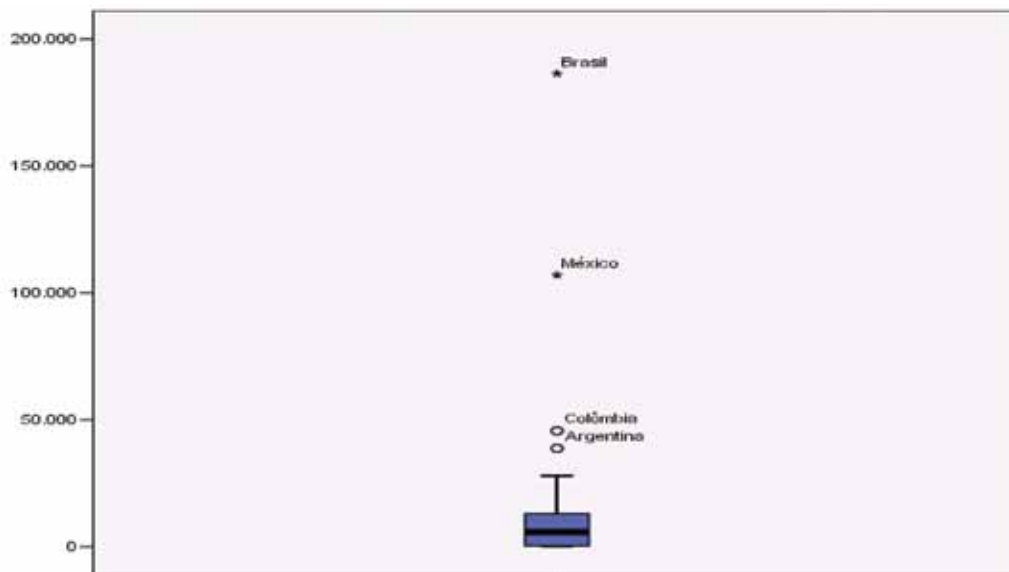
o – Valores adjacentes

\* – Valores atípicos, discrepantes ou *outliers*

Elaboração dos autores.

BOX-PLOT 11

**População**  
(Em milhares)



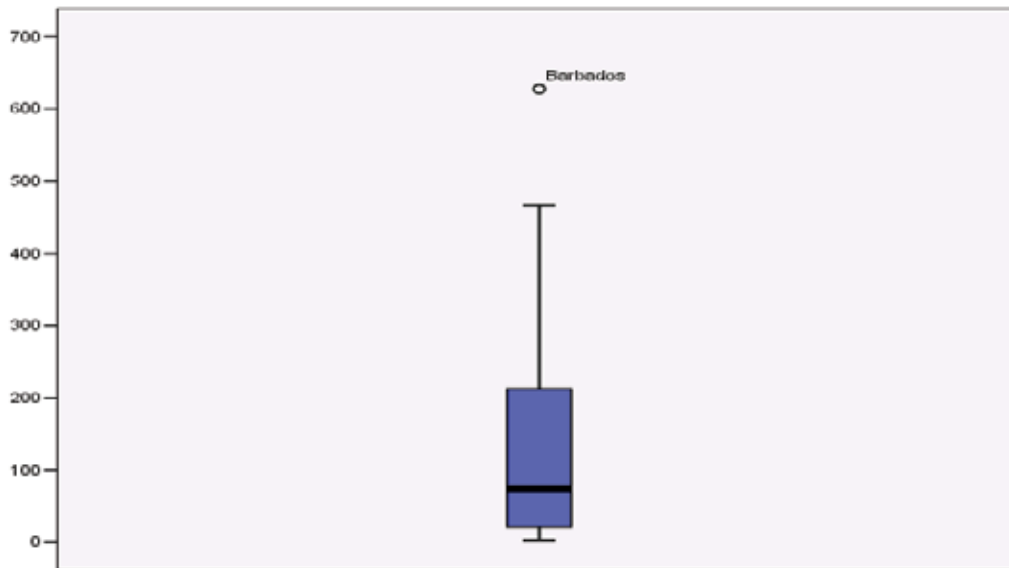
o – Valores adjacentes

\* – Valores atípicos, discrepantes ou *outliers*

Elaboração dos autores.

BOX-PLOT 12

**Densidade demográfica**  
(Habitantes/Km<sup>2</sup>)

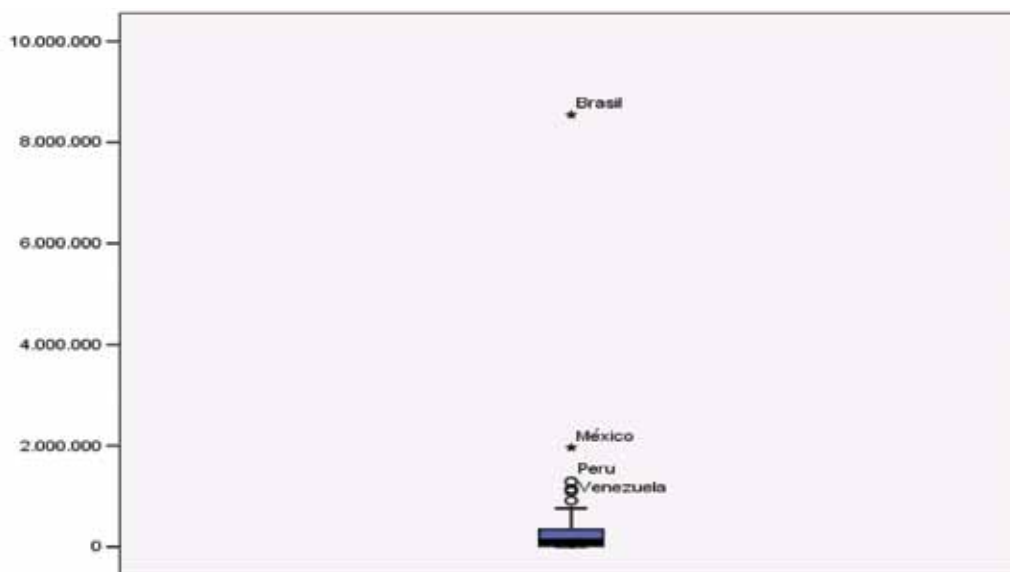


o – Valores adjacentes

\* – Valores atípicos, discrepantes ou *outliers*

Elaboração dos autores.

*BOX-PLOT 13*  
**Área territorial**  
(Em Km<sup>2</sup>)



o – Valores adjacentes

\* – Valores atípicos, discrepantes ou *outliers*

Elaboração dos autores.



## **EDITORIAL**

### **Coordenação**

Cláudio Passos de Oliveira

### **Supervisão**

Marco Aurélio Dias Pires

Everson da Silva Moura

### **Revisão**

Laeticia Jensen Eble

Luciana Dias Jabbour

Mariana Carvalho

Olavo Mesquita de Carvalho

Reginaldo da Silva Domingos

Andressa Vieira Bueno (estagiária)

Celma Tavares de Oliveira (estagiária)

Patrícia Firmina de Oliveira Figueiredo (estagiária)

### **Editoração**

Bernar José Vieira

Cláudia Mattosinhos Cordeiro

Jeovah Herculano Szervinsk Junior

Aline Rodrigues Lima (estagiária)

### **Capa**

Luís Cláudio Cardoso da Silva

### **Projeto Gráfico**

Renato Rodrigues Bueno

### **Livraria do Ipea**

SBS – Quadra 1 - Bloco J - Ed. BNDES, Térreo.

70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 3315-5336

Correio eletrônico: [livraria@ipea.gov.br](mailto:livraria@ipea.gov.br)

Tiragem: 500 exemplares



Ipea – Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada



SECRETARIA DE  
ASSUNTOS ESTRATÉGICOS  
DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

