

Maria Stella de Castro Lobo<sup>I</sup>Marcos Pereira Estellita Lins<sup>II</sup>Angela Cristina Moreira da  
Silva<sup>II</sup>Roberto Fiszman<sup>I</sup>

# Avaliação de desempenho e integração docente-assistencial nos hospitais universitários

## Assessment of teaching-health care integration and performance in university hospitals

---

### RESUMO

**OBJETIVO:** Avaliar o desempenho e a integração entre as dimensões de assistência e de ensino dos hospitais universitários brasileiros.

**MÉTODOS:** Um modelo de data *envelopment analysis* em redes (*network DEA*) foi elaborado para aferir o desempenho de hospitais universitários federais, o qual permite considerar a relação entre as dimensões de ensino e de assistência, simultaneamente. Foram utilizados os dados do Sistema de Informação dos Hospitais Universitários do Ministério da Educação, referentes ao segundo semestre de 2003, e os resultados do modelo *network* foram comparados àqueles dos modelos DEA tradicionais para avaliação das vantagens da nova proposta metodológica.

**RESULTADOS:** A eficiência dos hospitais avaliados variou entre 0,19 e 1,00 (média = 0,54). O escore dimensional mostrou que os hospitais priorizam o ganho de eficiência assistencial. Observou-se que há necessidade de dobrar o número de alunos de medicina e de aumentar os residentes em 14% para que se tornem eficientes na dimensão de ensino.

**CONCLUSÕES:** O modelo mostrou utilidade de aplicação tanto para os gestores das unidades, visando à integração docente-assistencial, como para os órgãos reguladores, na definição de políticas e incentivos.

**DESCRITORES:** Serviços de Integração Docente-Assistencial. Internato e Residência, organização & administração. Hospitais Universitários. Eficiência Organizacional. Administração Hospitalar. Análise Envolvória de Dados.

<sup>I</sup> Serviço de Epidemiologia e Avaliação. Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>II</sup> Departamento de Engenharia de Produção. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia – Coppe. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil

#### Correspondência | Correspondence:

Maria Stella de Castro Lobo  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Hospital Universitário Clementino Fraga Filho  
SEAV – 5º andar, sala 5 A 47  
R. Professor Rodolfo Rocco, 255  
Cidade Universitária – Ilha do Fundão  
21941-913 Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
E-mail: [clobo@hucff.ufrj.br](mailto:clobo@hucff.ufrj.br)

Recebido: 5/11/2009

Aprovado: 20/12/2009

Artigo disponível em português e inglês em:  
[www.scielo.br/rsp](http://www.scielo.br/rsp)

---

## ABSTRACT

**OBJECTIVE:** To assess the performance and integration between the health care and teaching dimensions in Brazilian university hospitals.

**METHODS:** A network data envelopment analysis (DEA) model was designed to measure the performance of federal university hospitals, which enables the relationship between the teaching and health care dimensions to be considered simultaneously. Data from the Ministry of Education Information System of University Hospitals, in the second semester of 2003, were used. Results of the network model were compared to those of classical DEA models to assess the advantages of the new methodological proposal.

**RESULTS:** The efficiency of the hospitals assessed varied between 0.19 and 1.00 (mean = 0.54). The dimensional score showed that hospitals prioritize the gain in health care efficiency. It was observed that there was a need to double the number of medical students and increase the number of residents by 14% to obtain efficiency in the teaching dimension.

**CONCLUSIONS:** The model was useful for both unit managers, aiming to integrate teaching and health care, and regulatory organizations, when defining policies and incentives.

**DESCRIPTORS:** Teaching Care Integration Services. Internship and Residency, organization & administration. Hospitals, University. Efficiency, Organizational. Hospital Administration. Data Envelopment Analysis.

---

## INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial da Saúde<sup>18</sup> (OMS), os hospitais universitários (HU) têm importante papel na assistência de alta complexidade, apresentam forte envolvimento com atividades de ensino e pesquisa, agregam alta concentração de recursos de saúde (físicos, humanos e financeiros) e exercem papel político importante nas comunidades em que se inserem. Contudo, ainda necessitam de maior integração com a rede de cuidados locais de saúde. Essa integração seria importante para conter o desperdício de recursos, experimentar novas formas de gerenciamento em saúde e adequar o ensino às necessidades de formação de recursos humanos de forma responsiva à demanda social e epidemiológica da população do entorno.<sup>18</sup> Um importante desdobramento dessa caracterização dos HU está no reconhecimento da existência de múltiplas dimensões dentro de cada hospital – assistência, ensino e pesquisa – cujo desempenho e qualidade influenciam umas às outras.

No Brasil, a regulação das atividades desenvolvidas em cada dimensão tem estado a cargo de instituições distintas, a saber: Ministério da Saúde (MS), Ministério da Educação (MEC) e Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), que regulam, respectivamente, a assistência, o ensino e a pesquisa desenvolvidos nos hospitais de ensino. Os modelos de gestão operacional

das unidades dependem das regras e legislação adotadas pelas instituições mantenedoras dos hospitais universitários (MEC, secretarias estaduais, municipais, entidades filantrópicas e privadas). No caso dos HU federais, os dirigentes locais têm os recursos humanos parcialmente garantidos pelo orçamento do MEC, e a verba para custeio adicional advém prioritariamente da receita proveniente do Sistema Único de Saúde (SUS), mediante contrato e/ou realização de procedimentos de saúde. Os dirigentes locais têm baixa governabilidade e pouca informação sobre os processos de ensino e de pesquisa que se desenvolvem nos hospitais. Isso porque a regulação do ensino e da pesquisa é feita diretamente com os gestores das faculdades e departamentos de ensino e com os grupos e laboratórios de pesquisa, respectivamente, sem passar pela direção do hospital. O recurso financeiro advindo de ensino e pesquisa não entra no orçamento dos hospitais de ensino, nem tampouco existe uma fonte sistemática de aporte financeiro para investimento em equipamentos e infra-estrutura. Também na esfera federal, não existe interoperabilidade dos respectivos bancos de dados que permita uma comunicação entre essas dimensões.

Em 2003, o MS criou departamentos relacionados à ordenação de recursos humanos em saúde (Secretaria de Gestão do Trabalho e Educação em Saúde/SGTES) e ao

desenvolvimento de pesquisas em saúde (Departamento de Ciência e Tecnologia/ Decit), buscando integrar as atividades de assistência, ensino e pesquisa às políticas prioritárias do SUS. Uma integração mais orgânica entre essas dimensões começou a ser formulada a partir de 2004, com a Política de Reestruturação dos Hospitais de Ensino. Iniciou-se assim o processo de certificação dos hospitais universitários e de ensino, mediante visitas bianuais de representantes do MEC e MS, quando é avaliado o cumprimento de pré-requisitos dos hospitais relacionados à integração docente-assistencial, integração ao SUS e qualidade de gestão. Uma vez certificados, esses hospitais passam a pactuar metas (de assistência, ensino e pesquisa) com os respectivos gestores locais de saúde e a ser orçamentados para os procedimentos de média complexidade.

Atualmente, embora exista uma avaliação qualitativa positiva do processo de certificação, ainda têm sido discutidos quais os principais indicadores de acompanhamento das dimensões avaliadas e quais as medidas de impacto da política para melhorar o desempenho desses hospitais e a eficiência no gerenciamento dos recursos repassados por meio do contrato de metas.

Na literatura internacional, os hospitais de ensino são definidos pela presença de residentes e/ou pela afiliação a conselhos ou associações governamentais de ensino médico.<sup>9</sup> Sabe-se que o número de residentes, produto da dimensão de ensino pelo treinamento e especialização em serviço, é também recurso para a dimensão da assistência, influenciando o custo e a eficiência dos procedimentos.<sup>7</sup> Esse exemplo mostra a importância de se aproximar a relação entre as dimensões e/ou missões dos hospitais universitários.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho dos hospitais gerais universitários federais (não especializados), ligados ao MEC, considerando sua integração entre as atividades de assistência e de ensino neles desenvolvidas.

## MÉTODOS

O desempenho foi avaliado por meio da técnica de análise envoltória de dados (*data envelopment analysis* – DEA). A relação entre ensino e assistência foi abordada com o modelo de DEA em redes (*network DEA*). Essa abordagem aprofundará a avaliação de eficiência de cada um dos 30 hospitais e de cada dimensão dentro deles, permitindo a comparação dos hospitais de ensino entre si e com as outras instituições hospitalares que não desenvolvem atividades acadêmicas.

A medida de produtividade e eficiência em DEA, gerada por programação linear, é usada por comparação de unidades similares, ou DMU (*Decision Making Units*), que apresentam múltiplos *inputs* e diversos *outputs*, diferenciando-se unicamente nas quantidades

consumidas e produzidas. Uma DMU será eficiente se, comparativamente às demais, tiver maior produção para quantidades fixas de recursos (orientação a *output*) e/ou utilizar menos recursos para gerar uma quantidade fixa de produtos (orientação a *input*). Ao definir as DMU com as melhores práticas, DEA constrói uma fronteira de produção empírica, e o grau de eficiência varia de 0,00 a 1,00 (ou de 0 a 100%), dependendo da distância da unidade à fronteira. Na fórmula a seguir, essa distância está representada no modelo do envelope pela variável de intensidade lambda. O mesmo modelo considera retornos variáveis de escala (conhecidos como modelo VRS – *Variable Returns to Scale*) e está orientado a *output*. De acordo com a projeção radial das unidades ineficientes na fronteira, seus *benchmarks* – ou DMU de referência – podem ser observados, assim como os valores ideais de *inputs* e de *outputs* para que a unidade se torne eficiente.

$$\begin{aligned} & \text{Max } h \\ \text{tal que } & x \geq \sum \lambda_j x_j \\ & h y \leq \sum \lambda_j x_j \\ & \sum \lambda_j = 1 \\ & \lambda_j \geq 0 \end{aligned}$$

Ainda, para que as unidades sejam consideradas eficientes, aplica-se a lógica de Pareto-Koopmans, na qual uma unidade situada na fronteira somente será eficiente se não for possível reduzir nenhum *input*, ou aumentar qualquer *output*, sem que se tenha que aumentar simultaneamente outro *input*, ou reduzir outro *output*. Ou seja, um hospital de máxima eficiência, mas localizado em região Pareto-ineficiente, tem eficiência “técnica”, fraca ou de Farell. Somente a projeção em região Pareto-eficiente conforma essa eficiência máxima da unidade.<sup>2</sup>

Sabendo-se que a aplicação de DEA em qualquer esfera do setor saúde deve considerar um cenário sistêmico e repleto de conexões entre dimensões e variáveis, estas precisam ser bem compreendidas antes da modelagem propriamente dita.<sup>3</sup> Na literatura específica sobre DEA para hospitais de ensino, *inputs*, como leitos, recursos de custeio (no caso em estudo, a receita proveniente do SUS), equipamentos, laboratórios e funcionários, geram *outputs*, como a produção assistencial, alunado (diversos níveis) e tecnologias oriundas de pesquisa, não sendo rotineiramente consideradas as relações que se dão entre estas mesmas variáveis no interior de cada DMU.<sup>5</sup> Por esse motivo, o modelo DEA tradicional tem sido chamado como o modelo agregado ou de “Caixa Preta” (CP), conforme ilustrado na Figura 1. Nessa Figura, ensino e assistência estão considerados como um único bloco; os residentes não foram incluídos no exemplo, visto que estão no interior da “Caixa Preta” (como *output* de ensino e *input* de assistência), mas poderiam sê-lo, seja como *input*, seja como *output*, pelo modelo CP. Médicos e docentes de medicina

foram considerados na sua totalidade (equivalentes em tempo integral por contrato), juntamente com os leitos e receita, como *inputs*, ao passo que os *outputs* foram os alunos de graduação de medicina e as internações ajustadas por complexidade.

Para o ajuste de complexidade, utilizou-se uma medida *proxy* de *case-mix*, criada por equipe de técnicos do MEC, baseada no número de procedimentos de alta complexidade realizados pela unidade e credenciados pelo MS. Para cada procedimento que exige credenciamento (como neurocirurgias, cirurgias cardíacas, transplantes), foi atribuído um peso específico (pontos de 1-5), de acordo com o volume de recursos necessários à realização. A soma ponderada dos procedimentos de alta complexidade gerou um índice para cada hospital, detalhado em artigo anterior.<sup>14</sup> Segundo La Forgia & Couttolenc,<sup>11</sup> o ajuste por *case-mix* deve considerar a heterogeneidade dos pacientes atendidos no que se refere à quantidade de recursos utilizados e aos custos de tratamento, existindo várias formas de procedê-lo, mas sendo fundamental para garantir a validade do modelo. Outra abordagem para lidar com essas diferenças consiste em analisar separadamente subamostras mais homogêneas, de acordo com o porte da unidade, nível de complexidade dos atendimentos ou grau tecnológico dos equipamentos disponíveis.

O modelo CP tem sido o predominante entre as publicações científicas que avaliam desempenho de unidades de saúde, tais como hospitais, serviços médicos, centros de saúde, áreas de planejamento, com diversas conformações de variáveis. No âmbito nacional, Marinho & Façanha<sup>17</sup> usaram hospitais universitários do MEC como DMU, embora com um grupo considerando na mesma amostra um conjunto de unidades com diferentes perfis, como os hospitais gerais, os de especialidade e as maternidades. Gonçalves et al<sup>6</sup> compararam o sistema hospitalar público nas capitais brasileiras, propondo metodologia para evitar pesos nulos no modelo.

Alguns trabalhos tratam a multidimensionalidade encontrada nos hospitais de ensino com avaliações

realizadas em separado, gerando uma fronteira para cada dimensão e reunidas *a posteriori*<sup>13</sup> ou comparadas de acordo com a eficiência relativa de cada dimensão (Figura 2).<sup>21</sup> Para lidar com a dimensão de assistência em ambiente hospitalar, a cesta de variáveis proposta por Ozcan tem sido consenso na literatura e considera, entre *inputs*, recursos humanos, despesas de custeio, leitos (com mix de serviços, é *proxy* de capital) e, entre *outputs*, a produção ajustada por gravidade. Para chegar a esse modelo, o autor fez análise de sensibilidade de várias combinações de *inputs* e de *outputs*, tendo obtido estabilidade nos escores de eficiência.<sup>19,20</sup>

No entanto, existem variáveis presentes em mais de uma dimensão (como médicos e docentes, que compartilham ações de ensino e de assistência) e variáveis flexíveis, que funcionam como *inputs* para uma dimensão e como *outputs* para outra (residentes). Essas peculiaridades não são abordadas pelos modelos em separado, o que pode prejudicar sua validade e confiabilidade. Na Figura 2 estão construídas duas fronteiras independentes, a de ensino (com  $\frac{1}{3}$  dos médicos e  $\frac{2}{3}$  dos docentes como *inputs*, e número de alunos de graduação e residentes como *output*) e a de assistência (com os residentes,  $\frac{2}{3}$  dos médicos,  $\frac{1}{3}$  dos docentes, os leitos e a receita como *inputs*, e as internações ajustadas por complexidade como *outputs*). Note-se que a escolha de  $\frac{2}{3}$  e  $\frac{1}{3}$  foi arbitrária, considerando maior volume de atividades de ensino entre docentes e maior volume de tarefas assistenciais para os médicos, desde que ambos atuem em ambas as dimensões.

Sistemas com dois ou mais processos conectados entre si, seja em série, seja em paralelo, formam redes (*networks*). O modelo *network* consiste numa família de modelos DEA, com as restrições lineares para cada subprocesso analisado. *Network* DEA desenha fluxos de relação entre as variáveis e gera um escore de eficiência total, assim como um escore para cada dimensão ou processo que se desenvolve no interior de cada DMU (escore divisional).

Para desenvolver o modelo *network* DEA foram utilizados dados do segundo semestre de 2003, referentes ao universo dos 30 hospitais universitários gerais do

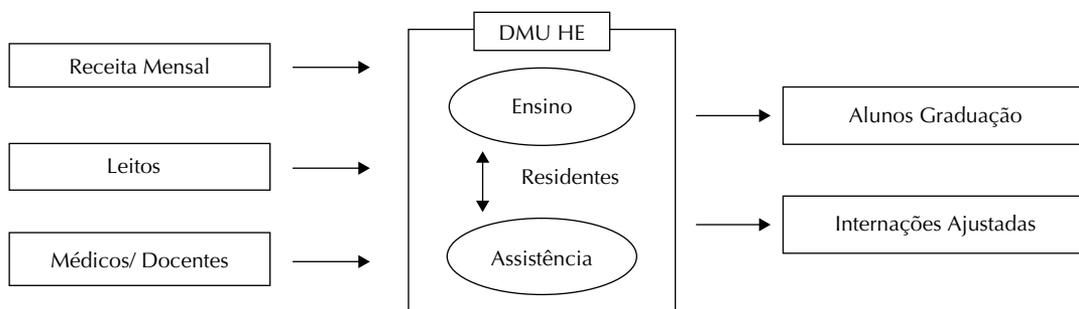


Figura 1. Modelo Agregado ("Caixa Preta") para Avaliação de Hospitais de Ensino. Brasil, 2003.

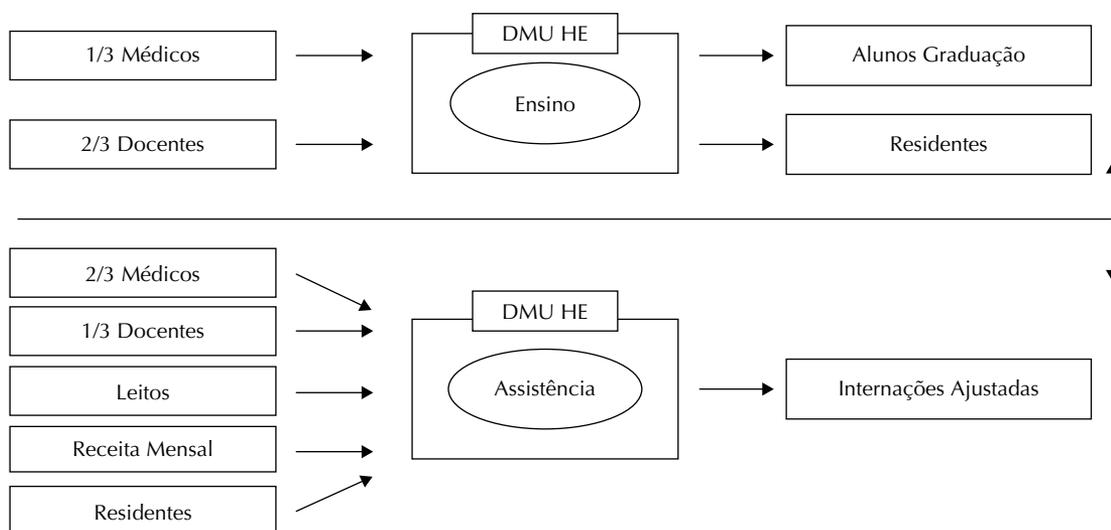


Figura 2. Modelo Separado para Avaliação de Hospitais de Ensino. Brasil, 2003.

MEC, considerando (Figura 3): duas dimensões (ensino e assistência), quatro *inputs* externos (receita mensal e número de leitos para assistência;  $\frac{2}{3}$  dos médicos para assistência e  $\frac{1}{3}$  para ensino;  $\frac{1}{3}$  dos docentes para assistência e  $\frac{2}{3}$  para ensino), um *input/output* intermediário (residentes) e dois *outputs* finais (internações, ajustadas por complexidade; alunos de graduação em medicina). A dimensão de pesquisa não foi considerada nesse modelo devido à baixa validade (erros sistemáticos na coleta e armazenamento) dos dados daquele período, conforme já demonstrado em publicação anterior.<sup>13</sup> O modelo *network* escolhido considera VRS, dada a variação de porte desses hospitais, e está orientado a *output*, devido à necessidade de melhoria de gestão de recursos, além da baixa governabilidade dos respectivos gestores sobre os recursos humanos das suas unidades (*inputs*). As dimensões de assistência e ensino tiveram pesos semelhantes no modelo. Ainda no modelo, a

variável de ligação entre as dimensões (residentes) foi tratada como discricionária (“free” link value).<sup>23</sup> O software utilizado foi o DEA Solver Pro (Professional Version 6.0).

### RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os valores médios, mínimos e máximos, bem como desvio-padrão das variáveis de *input* e de *output* de cada dimensão considerada no modelo. Os HU do MEC apresentaram grande variação de porte e de escala, o que deve ser considerado quando da comparação das unidades semelhantes e da identificação dos *benchmarks*.

A Tabela 2 mostra os escores de eficiência dos hospitais de acordo com os diferentes modelos: a) CP; b) Separado: ensino puro e assistência pura; c) *network*

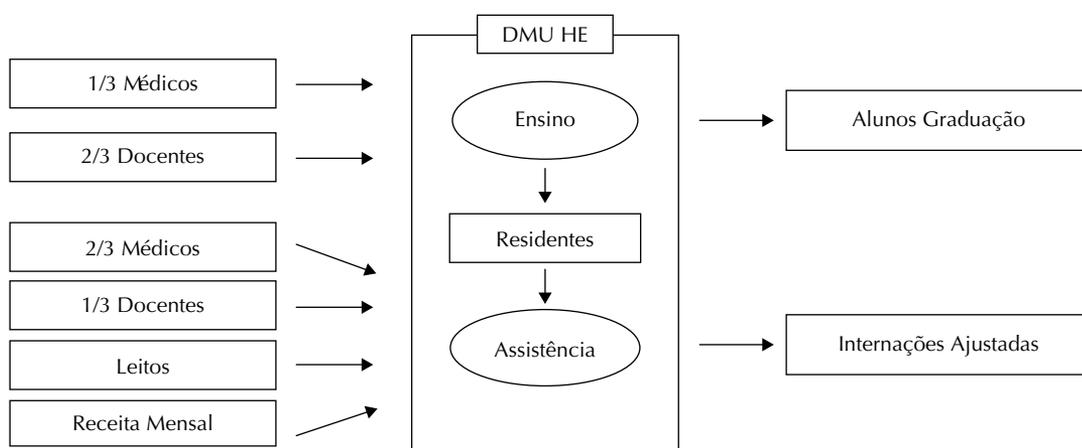


Figura 3. Modelo *network* para Avaliação de Hospitais de Ensino. Brasil, 2003.

DEA. No modelo CP, dez DMU foram consideradas eficientes e a média dos escores foi igual a 0,78 (ou 78%). Nos modelos em separado, as médias foram de 0,75 e 0,74, com nove e dez unidades eficientes nas fronteiras de ensino e de assistência, respectivamente.

De acordo com o modelo *network* DEA, uma DMU só será eficiente caso tenha escore de 100% em todas as dimensões avaliadas. Em sendo um modelo com retornos variáveis de escala, também se espera que cada dimensão tenha pelo menos uma DMU eficiente (o que não ocorre com retornos constantes de escala). No modelo *network*, a média de eficiência foi igual a 0,54 e o valor mínimo foi de 0,19, justamente para uma unidade hospitalar que privilegia a presença de residentes e transfere os alunos (*output* de ensino) para outros hospitais consorciados. Esse mesmo hospital fora eficiente nos modelos CP e em separado, de ensino, por ter atribuído peso nulo ao seu número de alunos. Apenas duas unidades foram eficientes simultaneamente nas dimensões analisadas, ambas com menos de 150 leitos e que trabalham com baixo volume de recursos (portanto, menor consumo de *inputs*).

Visto que *network* DEA avalia a eficiência relativa de cada dimensão e analisa a correspondência entre elas, chama a atenção o fato de que todas as unidades conseguiram manter escore de eficiência técnica na dimensão assistência, mesmo que a expensas da dimensão de ensino. Ou seja, a eficiência relativa para a dimensão assistência foi de 100% para todas as unidades, enquanto as eficiências relativas do ensino variaram de 0,11 a 1,00 (11% a 100%), com média de 0,39 (39%). Um cenário alternativo atribuindo peso de 70% à dimensão de ensino foi testado, mas não foram encontradas diferenças significativas nos resultados.

A Tabela 2 também mostra os *benchmarks* para os hospitais de acordo com cada dimensão. Para a dimensão de ensino, destacaram-se as unidades que trabalham com baixos *inputs*, no caso, menor volume de recursos humanos. Esse aspecto precisa ser mais bem explorado para os hospitais de maior porte, que

ainda incluem atividades de pesquisa na sua agenda de trabalho, tanto de docentes como de médicos. Se considerados os oito hospitais com mais de 300 leitos, o hospital universitário da UFMG obteve o maior escore (igual a 0,49). Os *benchmarks* da dimensão de assistência definem hospitais de maior proximidade em porte e missão institucional.

A Tabela 3 mostra a diferença entre o valor projetado na fronteira e o valor observado de cada variável do modelo, para cada hospital. Os valores das unidades eficientes mais próximas aos pontos projetados definiram os *benchmarks* mostrados na Tabela 2. Para a dimensão de ensino, há excesso de 261 (9%) dos docentes, embora estes tenham outras atividades de pesquisa, como já assinalado. Não há excesso de médicos e o número de alunos de graduação poderia ser aumentado em cerca de 200% (do quarto ao último período, os alunos de medicina somavam 14.206). Nesse universo, somente o hospital com escore mais baixo de ensino necessitaria de mais 3.788 alunos. A necessidade de incremento do alunado foi mantida, mesmo quando testado um modelo apenas com os docentes como variável de *input*.

Na dimensão de assistência, todos os hospitais poderiam sofrer reduções de *inputs* para atingir melhoria da eficiência. Retomando a lógica de Pareto-Koopmans, mesmo para as unidades com escore de 100%, se for possível reduzir *inputs* sem a necessidade de aumentar algum outro *input*, a unidade não é considerada Pareto-eficiente, ou seja, sua projeção se dá em área geométrica da fronteira paralela ao eixo de alguma das variáveis. Em termos práticos, as eficiências divisionais seriam mantidas mesmo com a redução de 27% dos médicos, 13% dos docentes, 20% dos leitos e 8% da receita. Com essa perspectiva, o conceito de eficiência em DEA deve considerar, além dos escores, o montante necessário de alteração dos recursos para a definição dos hospitais eficientes (Tabela 3).

No tocante às alterações necessárias na variável de ligação entre as dimensões, a dos residentes, apenas

**Tabela 1.** Estatística descritiva das variáveis do modelo *network* DEA em hospitais universitários. Brasil, 2003.

Dimensão	Variável (I/O)	Média	Máximo	Mínimo	DP
Ensino	Médicos (I)	87	256	21	50
	Docentes (I)	94	260	23	65
	Alunos de Graduação (O)	474	1.280	156	240
	Residentes (O)	112	449	20	95
Assistência	Residentes (I)	112	449	20	95
	Médicos (I)	173	512	42	101
	Docentes (I)	47	130	11	33
	Leitos (I)	290	743	56	166
	Receita * 106 (I)	1,82	10,24	0,19	2,03
	Internações ajustadas (O)	23.446	237.887	237	43.673

três hospitais não deveriam alterar o número (UFJF, UFBA, UFPA), nove deveriam reduzi-lo (FMTM, FUAM, HCPA, UFCE, UFPEL, UFPR, UFU, UnB e Unifesp) e os demais deveriam aumentá-lo. O somatório da necessidade de aumento dos residentes, considerados todos os hospitais, foi de 488, ou 14% do total de residentes presentes nessas unidades.

## DISCUSSÃO

A DEA permite unir múltiplos *inputs* e *outputs* na avaliação da eficiência de unidades autônomas, aperfeiçoando a tradicional análise comparativa das razões que contam com apenas um numerador (de produção) e somente um denominador (de recurso). Já o modelo

**Tabela 2.** Escores de eficiência para os modelos “Caixa Preta”, separados e *network* DEA de hospitais universitários, com as respectivas unidades de referência. Brasil, 2003.

Modelo Hospital	Caixa Preta	Ensino Separado	Assistência Separado	Escore Network DEA			Unidades de referência no modelo Network	
				Geral	Ensino	Assistência	Ensino	Assistência
FMTM	0,76	1,00	0,76	0,46	0,30	1,00	UFJF, UFPA	UFJF, UFRJ, Unifesp
FUAM	0,48	0,78	0,35	0,51	0,35	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, UFBA, UFPA, UFRJ, Unifesp
FUFMS	0,35	0,67	0,29	0,41	0,26	1,00	UFJF, UFPA	UFBA, UFRJ, Unifesp
FUFS	1,00	0,52	1,00	0,81	0,69	1,00	UFJF, UFPA	UFBA, UFJF
FURG	0,48	0,43	0,81	0,52	0,35	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, HCPA, UFBA
HCPA	0,76	1,00	0,60	0,41	0,26	1,00	UFJF, UFPA	HCPA, UFMA
UFAL	0,64	0,52	0,52	0,52	0,35	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, UFJF, UFRJ, Unifesp
UFBA	1,00	1,00	0,78	0,78	0,63	1,00	UFJF, UFPA	UFBA
UFCE	1,00	0,91	0,91	0,62	0,45	1,00	UFJF, UFPA	HCPA, UFMA, UFRJ, Unifesp
UFCEG	0,66	0,34	1,00	0,49	0,32	1,00	UFJF, UFPA	UFJF
UFES	0,64	0,49	0,65	0,31	0,18	1,00	UFJF, UFPA	HCPA, UFJF, UFRJ
UFF	0,81	0,57	0,65	0,51	0,34	1,00	UFJF, UFPA	UFBA, UFPEL
UFGO	0,60	0,70	0,46	0,45	0,29	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, UFBA, UFRJ, UnB, Unifesp
UFJF	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	UFJF	UFJF
UFMA	0,56	0,51	1,00	0,29	0,17	1,00	UFJF, UFPA	UFPR, UFRJ
UFMG	1,00	1,00	0,51	0,66	0,49	1,00	UFJF, UFPA	UFBA, UFPEL
UFMT	1,00	1,00	1,00	0,60	0,43	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, UFJF, UFPE, Unifesp
UFPA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	UFPA	FMTM, UFRJ
UFPB	0,77	0,61	0,30	0,57	0,40	1,00	UFJF, UFPA	UFJF
UFPE	0,70	0,81	0,53	0,50	0,33	1,00	UFJF, UFPA	UFBA, UFJF, UFPEL
UFPEL	1,00	1,00	1,00	0,53	0,36	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, HCPA, UFJF, UFPE, Unifesp
UFPR	0,85	0,99	0,64	0,48	0,31	1,00	UFJF, UFPA	UFPR, UFRJ, Unifesp
UFRJ	0,85	0,78	0,80	0,38	0,24	1,00	UFJF, UFPA	UFBA, UFPEL
UFRN	0,78	0,44	0,85	0,52	0,35	1,00	UFJF, UFPA	UFJF
UFSC	0,58	0,53	0,54	0,50	0,34	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, UFPA, UFPB
UFSM	0,60	0,74	0,37	0,60	0,43	1,00	UFJF, UFPA	UFMA, UFRJ, Unifesp
UFU	0,80	0,80	0,85	0,39	0,24	1,00	UFJF, UFPA	UFMA, UFMG, Unifesp
UnB	1,00	0,80	1,00	0,41	0,26	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, UFRJ, Unifesp
Uni-Rio	0,84	0,66	1,00	0,66	0,49	1,00	UFJF, UFPA	UFJF
Unifesp	1,00	1,00	1,00	0,19	0,11	1,00	UFJF, UFPA	Unifesp

FMTM: Faculdade de Medicina do Triângulo Mineiro; FUAM: Fundação Universitária do Amazonas; FUFMS: Fundação Universitária de Mato Grosso do Sul; FUFS: Fundação Universitária de Sergipe; FURG: Fundação Universitária de Rio Grande; HCPA: Hospital das Clínicas de Porto Alegre; UFAL: Universidade Federal de Alagoas; UFBA: Universidade Federal da Bahia; UFCE: Universidade Federal do Ceará; UFCEG: Universidade Federal de Campina Grande; UFES: Universidade Federal do Espírito Santo; UFF: Universidade Federal Fluminense; UFGO: Universidade Federal de Goiás; UFJF: Universidade Federal de Juiz de Fora; UFMA: Universidade Federal do Maranhão; UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais; UFMT: Universidade Federal de Mato Grosso; UFPA: Universidade Federal do Pará; UFPB: Universidade Federal da Paraíba; UFPE: Universidade Federal de Pernambuco; UFPEL: Universidade Federal de Pelotas; UFPR: Universidade Federal do Paraná; UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro; UFRN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina; UFSM: Universidade Federal de Santa Maria; UFU: Universidade Federal de Uberlândia; UnB: Universidade de Brasília; Uni-Rio: Universidade do Rio de Janeiro; Unifesp: Universidade Federal de São Paulo.

*network* DEA aumenta o seu poder discriminatório, pois gera um escore para a eficiência total da unidade, outro para cada dimensão e ainda mede a influência das variáveis de ligação entre as dimensões analisadas.

O trabalho pioneiro que investigou a influência dos processos existentes no interior da “Caixa Preta”

é de Färe & Grosskopf.<sup>4</sup> Esses modelos *network* foram aprimorados por Lewis & Sexton<sup>12</sup> e tiveram importantes aplicações para avaliação de setores da economia de países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico.<sup>22</sup> Como aplicação na saúde, o trabalho de Löthgren & Tambour<sup>15</sup> usou o modelo para avaliação de farmácias suecas,

**Tabela 3.** Diferença entre valores projetados na fronteira e valores observados das variáveis do modelo de hospitais universitários. Brasil, 2003.

Dimensão DMU	Ensino		Ensino/ Assistência		Assistência			
	Médicos	Docentes	Alunos	Residentes	Médicos	Docentes	Leitos	Receita (R\$)
FMTM	0	0	798	-46	-88	0	-99	29,85
FUAM	0	0	586	-3	0	0	0	36,53
FUFMS	0	0	665	11	-19	0	-158	33,47
FUFS	0	-28	161	4	-63	-13	0	15,65
FURG	0	0	490	44	0	0	-3	20,54
HCPA	0	0	1.710	-58	0	-13	-74	-735.562,37
UFAL	0	0	651	34	-29	0	0	6,47
UFBA	0	-5	537	0	0	0	0	27,18
UFCE	0	0	651	-8	-121	0	-93	-24,23
UFCEG	0	-15	547	39	-89	-6	-37	27,34
UFES	0	0	1.295	54	-117	0	-30	27,04
UFF	0	-89	1.333	70	-119	-47	0	40,93
UFGO	0	0	1.090	19	0	0	0	37,07
UFJF	0	0	0	0	0	0	0	-11,86
UFMA	0	0	1.633	52	-188	0	-204	-1.233.354,75
UFMG	0	-28	1.328	57	-23	-44	0	25,18
UFMT	0	0	275	19	0	0	-15	-41,25
UFPA	0	0	0	0	-71	0	-205	-76.289,78
UFPB	0	-20	712	12	-147	-7	-127	-43,14
UFPE	0	-31	1.330	54	0	-15	0	32,86
UFPEL	0	0	281	-18	0	0	0	-38,79
UFPR	0	0	1.600	-22	-26	0	-130	20,92
UFRJ	0	-6	2.361	87	-55	-6	0	24,34
UFRN	0	-10	672	52	-79	-3	-21	39,30
UFSC	0	0	799	43	-7	0	0	-37,78
UFSM	0	0	562	10	0	0	-104	-6.311,42
UFU	0	0	1.011	-10	0	0	-217	-1.134.767,48
UnB	0	0	857	-15	-98	0	-158	37,28
Uni-Rio	0	-30	492	66	-12	-15	-4	23,54
Unifesp	0	0	3.788	-58	-66	-17	-96	-1.323.034,99
Total	0	-261	28.216	488	-1.417	-186	-1.777	-4.509.012,35

FMTM: Faculdade de Medicina do Triângulo Mineiro; FUAM: Fundação Universitária do Amazonas; FUFMS: Fundação Universitária de Mato Grosso do Sul; FUFS: Fundação Universitária de Sergipe; FURG: Fundação Universitária de Rio Grande; HCPA: Hospital das Clínicas de Porto Alegre; UFAL: Universidade Federal de Alagoas; UFBA: Universidade Federal da Bahia; UFCE: Universidade Federal do Ceará; UFCEG: Universidade Federal de Campina Grande; UFES: Universidade Federal do Espírito Santo; UFF: Universidade Federal Fluminense; UFGO: Universidade Federal de Goiás; UFJF: Universidade Federal de Juiz de Fora; UFMA: Universidade Federal do Maranhão; UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais; UFMT: Universidade Federal de Mato Grosso; UFPA: Universidade Federal do Pará; UFPB: Universidade Federal da Paraíba; UFPE: Universidade Federal de Pernambuco; UFPEL: Universidade Federal de Pelotas; UFPR: Universidade Federal do Paraná; UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro; UFRN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina; UFSM: Universidade Federal de Santa Maria; UFU: Universidade Federal de Uberlândia; UnB: Universidade de Brasília; Uni-Rio: Universidade do Rio de Janeiro; Unifesp: Universidade Federal de São Paulo.

considerando a produção e a satisfação dos usuários como processos complementares dentro de cada unidade. Mais recentemente, Tone & Tsutsui<sup>23</sup> propuseram o uso de medidas não radiais (*slack-based measure*), quando não se pretende como solução ótima a alteração equiproporcional de *inputs* e/ou de *outputs*. Kao<sup>10</sup> formalizou o modelo a partir dos multiplicadores e inferiu algumas das propriedades dos sistemas ao considerar as relações em série e em paralelo entre as diferentes atividades do sistema.

O uso de modelos *network* DEA é particularmente útil nos estudos de desempenho aplicados à área da saúde, em que cada unidade de análise pode ser vista como um sistema aberto, composto por muitas partes que se inter-relacionam, além de sofrer a influência dinâmica de variáveis conjunturais e externas. No tocante aos HU, assistência, ensino e pesquisa se constituem em dimensões presentes e interatuantes na missão de cada um, mas cada grupo de atividades é regulado por órgãos governamentais distintos. Frequentemente fica sob a responsabilidade do gestor da unidade a tarefa de articulação entre as dimensões que, por vezes, é conflituosa. Nesse contexto, a articulação docente-assistencial é algumas vezes apontada como um nó crítico para a sustentabilidade organizacional da instituição.<sup>16</sup> Dentro da lógica de financiamento a partir do Fundo Nacional de Saúde, se a gestão assistencial dos hospitais universitários costuma estar voltada para atender à demanda do sistema de saúde hierarquizado em que o hospital oferta os cuidados de maior complexidade, a gestão de ensino ainda privilegia o ensino predominantemente intra-hospitalar, e não necessariamente voltado para as doenças prevalentes do entorno.<sup>1</sup>

O modelo quantitativo de *network* DEA permitiu abordar esse processo de ligação, trazendo algumas conclusões e recomendações interessantes, de impacto positivo na eficiência hospitalar. Na literatura internacional, residentes são inseridos ora como *inputs*, ora como *outputs*, sem distinção, justamente por representarem uma ligação entre as dimensões de ensino e de assistência. Se colocados como *inputs*, a fronteira dos hospitais de ensino tende a se distanciar daquela que considera hospitais sem atividades acadêmicas.<sup>8</sup>

De acordo com os escores dimensionais encontrados, os HU apostaram na garantia de eficiência da assistência, pois é a dimensão que origina e garante os recursos para custeio dos hospitais, mediante a receita mensal proveniente do MS. A ênfase na assistência foi mantida mesmo quando o peso dessa dimensão caiu para 30% (*versus* ensino, 70%). Esse aspecto não poderia ter sido observado pelo modelo em separado das dimensões.

No tocante à dimensão de ensino, a possibilidade de dobrar o atual número de alunos parece ser o grande nó detectado para justificar as baixas eficiências encontradas. Essa medida deve ser analisada com cautela, de acordo com a demanda pela introdução de novos

médicos no mercado de trabalho, mas assinalando-se que ainda há espaço para receber esses alunos nos HU antes de se criarem novos cursos de medicina.

Ainda para o ensino, o modelo tendeu a privilegiar, com maiores escores, aquelas unidades tidas como mais “enxutas”, que trabalham com baixos recursos. Elas podem ser consideradas uma limitação do modelo, que precisa ser tratada. Hospitais de maior porte e complexidade desenvolvem outras atividades, de pesquisa e de avaliação tecnológica, que precisam ser exploradas. Mesmo na ausência de informações sobre pesquisa, a modelagem poderia incluir algumas restrições aos pesos que reduzem esse viés potencial. Da mesma forma, como assinalado em Métodos, a escolha do volume de trabalho despendido nas dimensões por docentes e médicos foi arbitrária, e alguma análise de sensibilidade poderia ser introduzida para sugerir uma distribuição ideal de cargas horárias. No presente trabalho, observamos que a distribuição proposta não mostrou alteração quando comparada ao modelo em que 100% dos docentes trabalhavam apenas com ensino e àquele em que 100% dos médicos trabalhavam somente com assistência (nesse caso, o número de variáveis do modelo foi reduzido, sem que houvesse mudança significativa de seu poder discriminatório).

O modelo também sinalizou quais as mudanças necessárias para otimizar o número de residentes, como uma variável estratégica da relação docente-assistencial dentro de cada unidade. Se, para o ensino, quanto maior o número de residentes, maior a produção do hospital de ensino, para a assistência, o acréscimo desse *input*, a partir de um determinado valor, pode gerar queda da eficiência da unidade, fenômeno conhecido como congestão.<sup>7</sup> O modelo permitiu equacionar a questão do número de residentes, constituindo-se em mais uma ferramenta para o gestor da unidade. Essa informação também é particularmente útil para o órgão regulador dos programas de residência médica, no caso, o MEC, que calcula a necessidade de vagas e libera as bolsas de residência médica para os hospitais universitários. O mesmo modelo pode também considerar as diferentes especialidades médicas para auxiliar a tomada de decisões.

Pode-se criar a dimensão de qualidade de atendimento nos HU, tendo como *output* o escore de satisfação do usuário, além de aperfeiçoar a análise da qualidade de ensino, por meio da ponderação das unidades segundo a nota da avaliação da instituição de ensino ou os escores de nível de conhecimento dos formandos.

Como desdobramento futuro, pretende-se desenvolver a metodologia considerando as medidas de projeção não radiais, para garantir que todas as unidades eficientes estejam projetadas em regiões Pareto-eficientes da fronteira, introduzir a restrição aos pesos a partir da opinião de especialistas e aplicar a metodologia *network* para avaliação dinâmica das eficiências ao longo do tempo.

## REFERÊNCIAS

1. Campos GWS. Educação médica, hospitais universitários e Sistema Único de Saúde. *Cad Saude Publica*. 2005;15(1):187-93. DOI:10.1590/S0102-311X1999000100019
2. Cooper WW, Seiford LM, Tone K. Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver Software. 2. ed. New York: Springer; 2007.
3. Chilingirian JA, Sherman HD. Health care applications from hospitals to physicians: from productive efficiency to quality frontiers. In: Cooper W, Seiford, LM, Zhu J, editors. Handbook on data envelopment analysis. Boston: Kluwer Academic Publishers; 2004.
4. Färe R, Grosskopf S. Intertemporal production frontiers: with dynamic DEA. Boston: Kluwer Academic Press Publishers; 1996.
5. Färe R, Grosskopf S. Network DEA. *Socioecon Plann Sci*. 2000;34(1):35-49. DOI:10.1016/S0038-0121(99)00012-9
6. Gonçalves AC, Noronha CP, Lins MPE, Almeida RMVR. Análise Envoltória de Dados na avaliação de hospitais públicos nas capitais brasileiras. *Rev Saude Publica*. 2007;41(3):427-35. DOI:10.1590/S0034-89102006005000023.
7. Grosskopf S, Margaritis D, Valdmanis V. The effects of teaching on hospital productivity. *Socioecon Plann Sci*. 2001;35(3):189-204. DOI:10.1016/S0038-0121(01)00006-4
8. Grosskopf S, Margaritis D, Valdmanis V. Comparing teaching and non-teaching hospitals: a frontier approach (teaching vs. non-teaching hospitals). *Health Care Manag Sci*. 2001;4(2):83-90. DOI:10.1023/A:1011449425940
9. Grosskopf S, Margaritis D, Valdmanis V. Competitive effects on teaching hospitals. *Eur J Oper Res*. 2004;154(11):515-25. DOI:10.1016/S0377-2217(03)00185-1
10. Kao C. Efficiency Decomposition in network data envelopment analysis: a relational model. *Eur J Oper Res*. 2009;192(3):949-62. DOI:10.1016/j.ejor.2007.10.008
11. La Forgia GM, Coutollenc BF. Hospital performance in Brazil: the search for excellence. Washington: The World Bank Publications; 2008.
12. Lewis HF, Sexton TR. Network DEA. Efficiency analysis of organizations with complex internal structure. *Comput Oper Res*. 2004;31(9):1365-10. DOI:10.1016/S0305-0548(03)00095-9
13. Lins MPE, Lobo MSC, Fiszman R, Silva ACM, Ribeiro VJP. O uso da análise envoltória de dados – DEA - para avaliação de hospitais universitários brasileiros. *Cienc Saude Coletiva*. 2007;12(4):985-98. DOI: 10.1590/S1413-8123200700040002010
14. Lobo MSC, Bloch KV, Fiszman R, Oliveira MR, Ribeiro VJP. Sistema de Informações dos Hospitais Universitários (SIHUF/MEC): um banco de dados administrativo. *Cad Saude Coletiva*. 2006;14(1):149-62.
15. Löthgern M, Tambour M. Productivity and customer satisfaction in Swedish pharmacies: a DEA Network model. *Eur J Oper Res*. 1999;115(3):449-58. DOI:10.1016/S0377-2217(98)00177-5
16. Machado SP, Kuchenbecker R. Desafios e perspectivas futuras dos hospitais universitários no Brasil. *Cienc Saude Coletiva*. 2007;12(4):871-7. DOI:10.1590/S1413-81232007000400009
17. Marinho A, Façanha LO. Hospitais universitários: avaliação comparativa da eficiência técnica. *Econ Apl*. 2000;4(2):315-49.
18. Médici AC. Hospitais Universitários: passado, presente e futuro. *Rev Assoc Med Bras*. 2001;47(2):149-56. DOI:10.1590/S0104-42302001000200034
19. Ozcan Y. Sensitivity analysis of hospital efficiency under alternative output/input combinations and peer groupings. *Knowl Policy*. 1993;5(4):1-31.
20. Ozcan Y. Health care benchmarking and performance evaluation: an assessment using Data Envelopment Analysis (DEA). Berlin: Springer; 2008. DOI:10.1007/978-0-387-75448-2
21. Ozcan Y, Lins MPE, Lobo MSC, Silva ACM, Fiszman R, Pereira BB. Evaluating the performance of Brazilian university hospitals. *Ann Oper Res*. In press 2010. DOI:10.1007/s10479-009-0528-1
22. Prieto AM, Zofio JL. Network DEA efficiency in input-output models: with an application to OECD countries. *Eur J Oper Res*. 2007;178(1):292-304. DOI:10.1016/j.ejor.2006.01.015
23. Tone K, Tsutsui M. Network DEA: a slacks-based measure approach. *Eur J Oper Res*. 2008;197(1):243-52. DOI:10.1016/j.ejor.2008.05.027