

RSP<http://www.rsp.fsp.usp.br/>**Revista de
Saúde Pública**

Análise envoltória de dados dinâmica em redes na avaliação de hospitais universitários

Maria Stella de Castro Lobo^I, Henrique de Castro Rodrigues^I, Edgar Caires Gazzola André^{II},
Jônatas Almeida de Azeredo^I, Marcos Pereira Estellita Lins^{III}

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

^{II} Programa de Residência em Saúde Coletiva. Instituto de Estudos em Saúde Coletiva. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil

^{III} Departamento de Engenharia de Produção. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil

RESUMO

OBJETIVO: Desenvolver ferramenta de avaliação de eficiência de hospitais universitários federais de perfil geral.

MÉTODOS: A análise envoltória de dados, técnica de programação linear, constrói uma fronteira de melhores práticas pela comparação da produção observada dadas as quantidades de recursos despendidas. O modelo é orientado a produto, e considera retornos variáveis de escala. A análise envoltória de dados em redes considera variáveis de ligação que pertencem a mais de uma dimensão (no modelo, médicos residentes, internações ajustadas e projetos de pesquisa). A análise envoltória de dados dinâmica usa variáveis de transporte (no modelo, receita) para analisar o deslocamento da fronteira em anos subsequentes. Os dados foram coletados do sistema de informações do MEC, 2010 a 2013.

RESULTADOS: Os escores médios de assistência, ensino e pesquisa no período foram: 58,0%, 86,0% e 61,0%, respectivamente. Em 2012, ano de melhor desempenho, para que todas as unidades atingissem a fronteira, seria necessário aumento médio de consultas de 65,0%; de internações, de 34,0%; de alunado de graduação, de 12,0%, de residência multiprofissional, de 13,0%, de pós-graduação, de 48,0%; de projetos de pesquisa, de 7,0%; além de queda de 9,0% de residentes médicos. No mesmo ano, para melhora da fronteira de produção assistencial, seria necessária a injeção de um aporte adicional de receita de 0,9%. Observou-se progressão da eficiência no ensino; oscilação na assistência e estagnação na pesquisa na avaliação dinâmica.

CONCLUSÕES: O modelo proposto gera parâmetros de planejamento e programação em saúde pública por meio do cálculo dos escores de eficiência e das projeções necessárias para alcance das fronteiras de melhores práticas.

DESCRITORES: Hospitais Universitários, organização & administração. Eficiência Organizacional, economia. Programação Linear, utilização. Avaliação de Serviços de Saúde.

Correspondência:

Maria Stella de Castro Lobo
Hospital Universitário Clementino
Fraga Filho – UFRJ/SEAV
R. Professor Rodolfo Rocco, 255 5º
andar Sala 5 a 26
Cidade Universitária – Ilha do Fundão
21941-913 Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail: cloblo@hucff.ufrj.br

Recebido: 30 nov 2014

Aprovado: 30 abr 2015

Como citar: Lobo MSC, Rodrigues HC, André ECG, Azeredo JA, Lins MPE. Análise envoltória de dados dinâmica em redes na avaliação de hospitais universitários. Rev Saude Publica. 2016;50:22.

Copyright: Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte originais sejam creditados.



INTRODUÇÃO

Os hospitais são instituições complexas, com densidade tecnológica específica, de caráter multiprofissional e interdisciplinar, segundo a Política Nacional de Atenção Hospitalar integrada às Redes de Atenção em Saúde. São responsáveis pela prestação de assistência aos usuários em regime de internação e por meio de ações que abrangem a promoção da saúde, a prevenção de agravos, o diagnóstico, o tratamento e a reabilitação^a.

Barata et al.¹ consideram a saúde como um direito social. Destacam a contribuição complementar dos hospitais de ensino ao promoverem a formação de profissionais da área de saúde para serem capazes de enfrentar problemas prioritários da população brasileira e desenvolverem pesquisa para auxiliar o enfrentamento destes problemas. Hospitais de ensino são todas as unidades hospitalares, gerais ou especializadas, públicas ou privadas, próprias ou conveniadas com Instituição de Ensino Superior, que servirem de campo para prática de atividades curriculares na área da saúde^b. Hospitais universitários (HU) são aqueles de propriedade de instituição de ensino superior, federal ou estadual, com atividades articuladas de assistência, ensino e pesquisa.

Desde a década de 1990, foi colocada em pauta a crise de financiamento e de gestão dos hospitais no Brasil e, em particular, a dos HU, com importante repercussão nas atividades de assistência, ensino e pesquisa. Para seu enfrentamento, iniciativas do Governo Federal basearam-se em aporte financeiro, material e de recursos humanos e na indução de melhorias gerenciais, entre elas, a Política Nacional de Certificação de Hospitais de Ensino, o Programa Nacional de Reestruturação dos Hospitais Universitários Federais e a criação da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares^{b,c,d}. Essas iniciativas buscaram excelência dos hospitais de ensino na assistência, ensino e pesquisa mediante o estabelecimento de metas gerenciais que garantissem a melhor utilização dos recursos para execução das suas missões.

O desenvolvimento de estudos de desempenho que utilizam fronteiras de eficiência é pertinente para analisar o aproveitamento de recursos na consecução de objetivos. Entre os estudos de eficiência aplicados na área de saúde, a análise envoltória de dados (DEA) é a técnica mais frequentemente utilizada (48,0% das publicações)⁵.

O presente estudo teve por objetivo desenvolver ferramenta de avaliação de eficiência de hospitais universitários federais de perfil geral. Esta ferramenta considera a articulação entre as dimensões de ensino, assistência e pesquisa e o acompanhamento das mudanças ao longo do tempo.

MÉTODOS

O modelo baseia-se em DEA dinâmica em redes para auxiliar o processo de tomada de decisão dos gestores. Realiza-se análise longitudinal das inter-relações entre as dimensões de assistência, ensino, pesquisa sob a perspectiva de eficiência.

DEA é uma técnica de programação linear, inicialmente descrita por Charnes et al.² (1978). Mede a eficiência pela comparação de unidades semelhantes (DMU ou *Decision Making Units*), que consomem os mesmos recursos (*inputs*) e geram os mesmos produtos (*outputs*). Uma DMU é eficiente quando, comparada às demais, produz mais *outputs* dada uma quantidade fixa de *inputs* (modelo orientado a *output*), ou consome menos recursos para gerar uma quantidade fixa de produtos (modelo orientado a *input*). As DMU eficientes recebem o escore máximo de 100% e dão forma à fronteira de melhores práticas, que envolve o conjunto de unidades comparadas. Uma DMU só será eficiente se estiver na região da fronteira de otimalidade de Pareto-Koopmans, em que não se pode aumentar um *output* (ou reduzir um *input*) sem que se tenha que reduzir outro *output* (ou aumentar outro *input*), simultaneamente.

Nos modelos clássicos, a fronteira pode considerar retornos constantes de escala (CRS), quando se espera aumento proporcional de *outputs* na medida em que se aumentam os

^aMinistério da Saúde. Portaria nº 3.390, de 30 de dezembro de 2013. Institui a Política Nacional de Atenção Hospitalar (PNHOSP) no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), estabelecendo-se as diretrizes para a organização do componente hospitalar da Rede de Atenção à Saúde (RAS). *Diário Oficial Uniao*. 31 dez 2013; Seção 1:54-6.

^bMinistério da Saúde. Portaria interministerial nº 2.400, de 2 de outubro de 2007. Estabelece os requisitos para certificação de unidades hospitalares como Hospitais de Ensino. *Diário Oficial Uniao*. 3 out 2007; Seção 1:102-3.

^cBrasil. Decreto nº 7.082, de 27 de janeiro de 2010. Institui o Programa Nacional de Reestruturação dos Hospitais Universitários Federais – REHUF, dispõe sobre o financiamento compartilhado dos hospitais universitários federais entre as áreas da educação e da saúde e disciplina o regime da pactuação global com esses hospitais. *Diário Oficial Uniao*. 27 jan 2010; Edição extra; Seção 1:1-2.

^dBrasil. Lei nº 12.550, de 15 de dezembro de 2011. Autoriza o Poder Executivo a criar a empresa pública denominada Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares – EBSERH; acrescenta dispositivos ao Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940 – Código Penal; e dá outras providências. *Diário Oficial Uniao*. 16 dez 2011; Seção 1:2-3.

inputs) ou retornos variáveis de escala (VRS, geralmente a preferência quando se comparam unidades de tamanhos e escalas de produção muito diversas), formato estabelecido *a priori* pelo pesquisador. Por ser uma técnica determinística, toda a distância aferida em relação à fronteira (pontuação inferior a 100%) resulta de ineficiência, isto é, da diferença entre os valores atuais (X%) e os projetados (100-X%). A projeção das DMU ineficientes considera a menor distância ou o ponto mais próximo da fronteira, onde estão situadas as unidades eficientes semelhantes para referência, ou *benchmarks*¹⁴.

Na evolução dos modelos clássicos, quando são produzidos *outputs* intermediários no processo produtivo que servem de *inputs* para novos processos, pode-se utilizar DEA em redes. DEA em redes (ou *network* DEA) é composta por uma família de modelos DEA que estabelece restrições lineares para cada uma das dimensões analisadas. Permite considerar algumas variáveis de ligação (*links*) que pertencem a mais de uma dimensão e gerar escores de eficiência para todas elas³.

Os modelos aplicados a estudos de caso na literatura não costumam atentar para as projeções em regiões Pareto-ineficientes da fronteira e as projeções com folgas em relação ao alvo Pareto-eficiente resulta em erros no cálculo das eficiências⁸. Dentre os modelos não radiais que determinam as eficiências com base em alvos Pareto-eficientes, destacam-se os modelos SBM (*Slacks-based Model*) e de Russel. Neste trabalho, optou-se por utilizar o modelo DEA em redes SBM para as avaliações de eficiência, conforme proposto por Tone e Tsutsui^{15,16}.

Para acompanhamento longitudinal, DEA dinâmica permite gerar escores de eficiência para tempos distintos e sucedâneos ao considerar a eficiência pontual em cada momento e o deslocamento da fronteira ao longo do tempo. Em cada período estudado, as DMU consomem os mesmos *inputs* e geram os mesmos *outputs*. No entanto, alguns *outputs* de um período (capital e recursos humanos, por exemplo) podem funcionar como *inputs* do período seguinte. Essas variáveis de ligação entre períodos são chamadas de transporte (*carry-over*), que podem ser tratadas como fixas ou mutáveis de acordo com a projeção na fronteira.

Os modelos de DEA em redes e DEA dinâmica estão integrados (DNSBM – *Dynamic Network Slack-based Model*) neste estudo. Verticalmente, lida-se com múltiplas dimensões conectadas numa estrutura em redes dentro de cada período e, horizontalmente, combina-se cada estrutura em redes por meio de variáveis de transporte que fazem a ligação entre dois períodos distintos. O modelo permite avaliar: a) a eficiência total e de cada dimensão, em cada momento avaliado; b) a mudança de eficiência total e de cada dimensão, ao longo do período estudado. Desenvolveu-se um Índice de *Malmquist* modificado, que avalia as mudanças nos escores individuais (componente *Catch-up*) e o deslocamento da fronteira tecnológica, ou de todos os hospitais ao longo do tempo (*Frontier Shift*)¹⁶. Valores acima de 1,0 significam progressão do desempenho na interpretação do índice e de seus componentes; abaixo, regressão da fronteira.

O modelo DNSBM usado está orientado a *output* (visando ao aumento da produção) e considera retornos variáveis de escala (dada a diferença dos portes dos hospitais analisados). A estrutura da rede considera a relação entre as dimensões de assistência, de ensino e de pesquisa e a avaliação dinâmica analisa o período de 2010 a 2013. AS DMU são os 31 hospitais universitários federais gerais, gerenciados pelo Ministério da Educação (MEC), aqui identificados pelas suas respectivas universidades. As variáveis foram extraídas do Sistema de Informação do Ministério da Educação (Sisrehuf).

A Figura 1 representa esquematicamente o modelo estudado e a Tabela 1 descreve em detalhe as variáveis nas diversas dimensões: *inputs*, *outputs*, de ligação e de transporte. Nenhuma variável – exceto as de ligação – foi repetida em dimensões distintas.

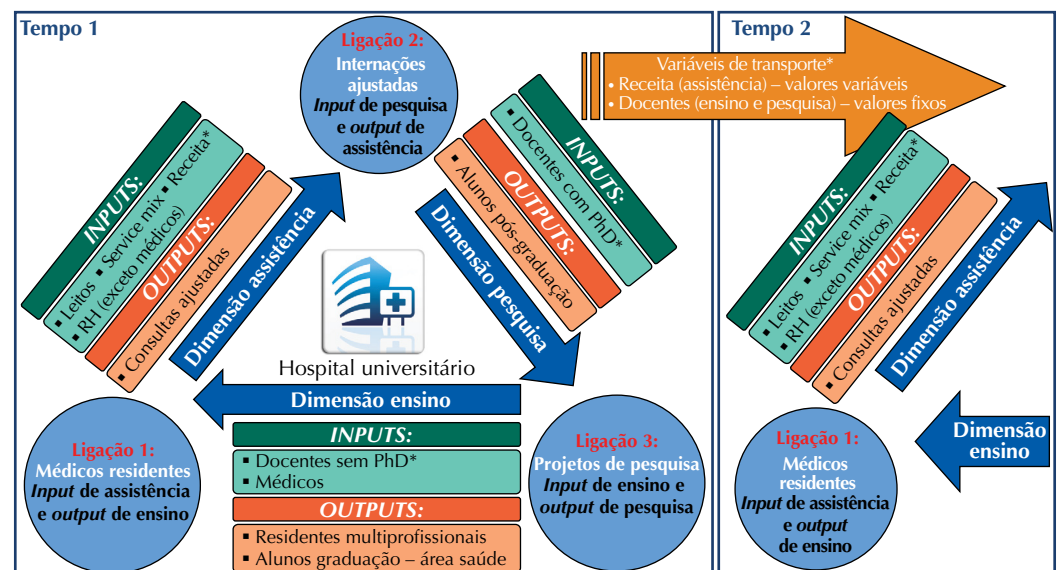
No tratamento das variáveis faltantes no Sisrehuf, usou-se o maior valor (variável de *input*); o menor valor (*output*); e o valor médio (variáveis de ligação e de transporte).

RESULTADOS

Observou-se heterogeneidade no porte e demais características associadas desses hospitais na assistência. A produção assistencial média (8,2% para consultas ajustadas e 8,0% para internações ajustadas) e a estrutura tecnológica (16,1%) aumentaram no período, a despeito da queda no número de leitos ativos (3,7%) e do número de funcionários não médicos (1,8%). Houve incremento do número de residentes da categoria multiprofissional (193,0%), dos residentes médicos (21,8%) e dos alunos de graduação nas áreas da saúde (13,9%) na dimensão de ensino. Os projetos de pesquisa informados reduziram em 64,7%, sem a queda proporcional nos alunos de pós-graduação (1,5% de aumento) na dimensão pesquisa. Não houve alteração numérica importante no número de docentes com ou sem doutorado ou de médicos na maioria das instituições (o alto percentual médio para docentes decorreu de dois hospitais com valores informados extremos) (Tabela 2).

O escore médio geral de eficiência dos hospitais universitários em 2010, 2011, 2012, 2013 foi, respectivamente, 43,3%, 55,8%, 63,6%, 55,3%. A média de eficiência em todas as dimensões aumentou até 2012, seguida de ligeira queda em 2013 (componente *catch-up*). Entretanto, o deslocamento da fronteira tecnológica variou entre as dimensões (*frontier shift*). O deslocamento da dimensão assistência oscilou entre a regressão nos biênios 2010-2011 e 2012-2013 e a melhora evolutiva no biênio 2011-2012 (escore médio de 58,0%); o ensino progrediu em todos os biênios, principalmente de 2010 a 2011, com o maior escore médio (86,0%); a fronteira da pesquisa se manteve inalterada (escore médio de 61,0%) (Figura 2).

Coexistiram hospitais de diferentes portes como referência de melhores práticas (escore 100%). Isso denotou a existência de pelo menos duas regiões na fronteira diferentes em escala. A primeira, com hospitais de grande porte, acima de 200 leitos, eficientes devido à alta produção e complexidade; a segunda, com hospitais de menor porte, com eficiência máxima aferida pelo baixo consumo de recursos. Essas diferenças são importantes para a definição dos pares e escolha dos *benchmarks* das unidades ineficientes. Cinco hospitais estiveram presentes nas fronteiras de melhores práticas (Universidade Federal do Maranhão [UFMA], Universidade Federal de Uberlândia [UFU], Universidade Federal de São Paulo [Unifesp], de grande porte; Universidade Federal de Sergipe [UFS], Universidade Federal da Grande Dourados [UFGD], de pequeno porte) e seis foram eficientes em pelo menos dois anos no período (Hospital de Clínicas de Porto Alegre [HCPA], Universidade Federal do Rio de Janeiro [UFRJ], de grande porte; Fundação Universidade do Rio Grande [FURG],



DEA: análise envoltória de dados; PhD: doutorado

* Variáveis de transporte.

Figura 1. Desenho de estudo de eficiência e variáveis do modelo de DEA dinâmica em redes. Brasil, 2010-2013.

Tabela 1. Variáveis e dimensões do estudo. Brasil, 2010-2013.

Dimensão	Variável	Observação	Tipo
Assistência	Número de leitos	Número total de leitos ativos no ano.	Input
	Índice somatório de tecnologias, ou <i>Service mix</i>	Somatório de equipamentos e tecnologias informados no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde. As duas primeiras variáveis em conjunto, leitos e <i>mix</i> de serviços, podem ser tratadas como variáveis <i>proxy</i> de capital ¹² .	Input
	Recursos Humanos (totais, exceto médicos)	Número de colaboradores, exceto médicos. Considera a força total de trabalho, excluindo os médicos. Esta variável tem alta correlação com o número de médicos, que estarão contemplados em outra dimensão do modelo.	Input
	Consultas ambulatoriais ajustadas por complexidade	Número de consultas anuais ajustadas. Para ajuste, foi criado Índice de Complexidade, baseado na proporção de procedimentos de alta complexidade realizados em nível ambulatorial, então multiplicado ao volume de consultas.	Output
	Receita advinda da produção (contrato de metas com gestor)	Receita anual (em milhões) advinda da produção é <i>input</i> de custeio para um ano e medida <i>proxy</i> da produção (<i>output</i>) do ano anterior. Como a negociação de valores orçamentários baseia-se na série histórica da produção dos anos anteriores, é útil para programar um modelo de financiamento mais eficiente.	Transporte
Ensino	Médicos	Número de profissionais médicos que estão envolvidos com atividades de treinamento em serviço nas enfermarias e ambulatório.	Input
	Número de residentes multiprofissionais	Número total de residentes somente da modalidade multiprofissional.	Output
	Somatório de alunos de graduação de todas as áreas da saúde	Somatório do número de todos os graduandos de profissões da saúde em atividade no hospital. Este <i>output</i> procura enfatizar a visão de atividades multidisciplinares.	Output
	Docentes sem doutorado	Número de docentes com mestrado, especialização ou graduação, mais voltados para ensino. Variável fixa, dada a pouca variabilidade ano a ano e baixa governabilidade do gestor do hospital sobre o número de vagas.	Transporte
Pesquisa	Número de alunos de pós-graduação <i>stricto sensu</i>	Número total de alunos de pós-graduação inscritos.	Output
	Docentes com doutorado	Número de docentes com doutorado. Variável fixa, dada a pouca variabilidade ano a ano e baixa governabilidade do gestor do hospital para o número de vagas. Seguindo a lógica de não se repetir uma variável em mais de uma dimensão, considera-se que docentes com PhD estão mais voltados para pesquisa.	Transporte
Assistência - Ensino	Número de médicos residentes	<i>Input</i> da assistência e <i>output</i> de Ensino. Estes médicos têm importante papel na força de trabalho da assistência e, ao mesmo tempo, são recém-formados em fase de treinamento em serviço.	Ligação
Assistência - Pesquisa	Internações ajustadas por complexidade	<i>Output</i> da Assistência e <i>input</i> da pesquisa. Os casos internados anualmente são o principal produto da assistência e, ao mesmo tempo, a base para o desenvolvimento de pesquisas clínicas e de tecnologias de cuidado no hospital. O ajuste por complexidade considera a proporção de procedimentos de alta complexidade realizados na unidade de internação.	Ligação
Pesquisa - Ensino	Projetos de pesquisa	<i>Input</i> do ensino e <i>output</i> da pesquisa. Número anual de projetos aprovados pela CEP (Comissão de Ética em Pesquisa). Os resultados são o principal produto da pesquisa e, ao mesmo tempo, gera conhecimento a ser transmitido nas salas de aula.	Ligação

Universidade Federal de Alagoas [UFAL], Universidade Federal do Amazonas [UFAM], Universidade Federal de Pelotas [UFPe], de pequeno porte) (Figura 2).

A projeção na fronteira sinalizou possíveis prioridades e metas a serem pactuadas entre gestores e HU. Em 2010, início do Programa de Reestruturação dos Hospitais Universitários Federais, era grande a necessidade por aumento da produção, principalmente de consultas (131,0%) e de internações (88,0%) ajustadas, além de alunado de pós-graduação (83,0%). Em 2013, sobressaiu-se a necessidade de incremento das atividades de pesquisa, que ainda requerem aumento substancial de alunado de pós-graduação (80,0%) e das atividades de assistência voltadas para pacientes externos (69,0%) (Figura 3).

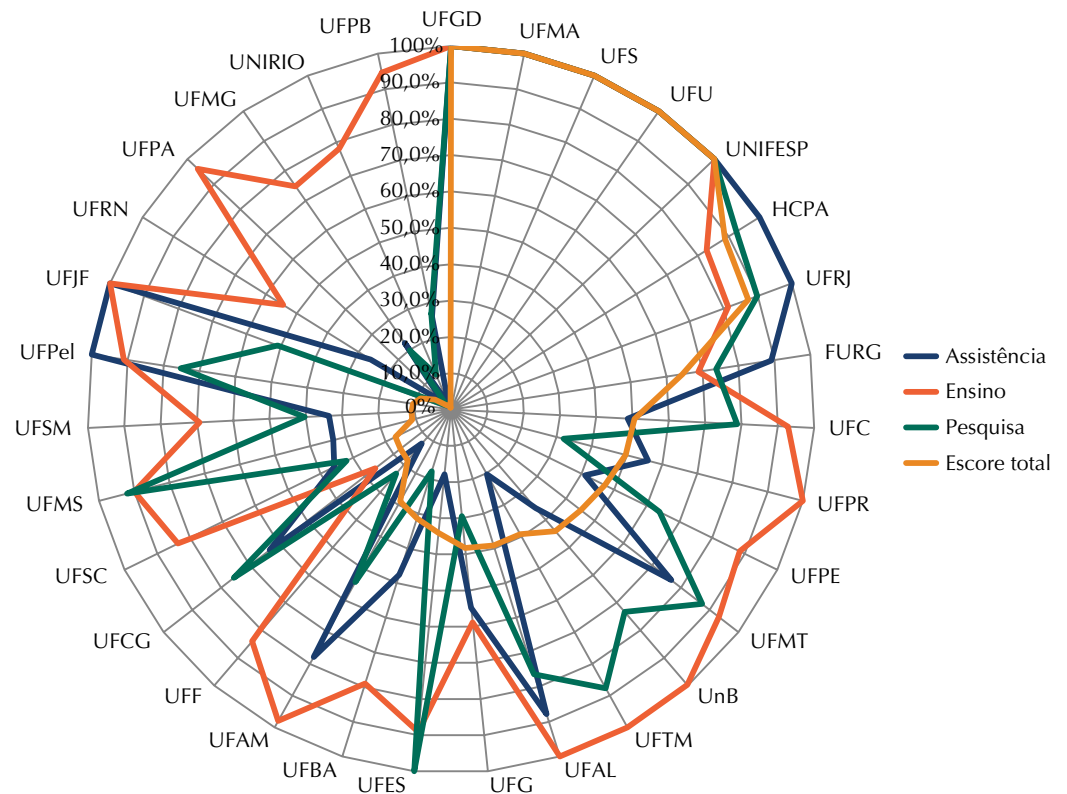
Com base no ano de melhor desempenho (2012), seria necessário o aumento em 65,0% de consultas ajustadas na assistência; 13,0% de alunos da residência multiprofissional e de 12,0% de alunos de graduação da saúde no ensino; de 48,0% de alunos de pós-graduação na pesquisa para que todos os

Tabela 2. Descrição das variáveis do modelo de DEA dinâmica em redes aplicado aos hospitais universitários. Brasil, 2010-2013.

Ano	Medida	Ligação P/A				Dimensão assistência (A)				Ligação E/A				Dimensão ensino (E)				Ligação E/P				Dimensão pesquisa (P)			
		Internações ajustadas (por 100)	Estrutura tecnológica	(I) Leitos	(I) Recursos humanos	(O) Consultas ajustadas (por 1.000)	Residentes médicos	(I) Médicos	(T) Docentes sem PhD	(O) Residentes multi-profissionais	(O) Alunos de graduação	Projetos de pesquisa	(T) Docentes com PhD	(O) Alunos de pós-graduação	Projetos de pesquisa	(T) Docentes com PhD	(O) Alunos de pós-graduação								
2010	Média	132	822	295	1.708	308	159	292	83	21	1.127	184	112	256											
	Máximo	597	2.355	745	4.217	2.373	792	1.084	151	68	2.327	1.868	1.002	3.362											
	Mínimo	3,5	31	119	501	3	8	71	18	7	197	5	5	4											
	DP	157	712	162	1.051	499	151	225	38	15	484	328	175	610											
2011	Média	137	838	299	1.724	295	167	299	102	38	1.230	179	111	300											
	Máximo	585	2.395	737	4.291	1.973	816	1.159	635	90	2.781	1.722	568	3.413											
	Mínimo	1	21	93	484	2	16	82	26	17	408	13	10	3											
	DP	145	666	163	1.083	405	155	235	105	19	652	312	111	626											
2012	Média	131	916	2.856	1.662	310	177,6	287	92	50	1.213	188	111	206											
	Máximo	498	2.478	734	4.557	1.842	867	1.230	487	123	3.063	1.609	575	2.246											
	Mínimo	0	35	96	303	0	19	19	21	7	235	6	17	1											
	DP	133	748	155	1.072	442	162	243	81	31	644	298	111	405											
2013	Média	143	954	284	1.677	333	194	299	98	61	1.283	65	130	260											
	Máximo	537	2.483	732	4.750	1.740	1.058	1.202	740	284	3.198	588	553	2.416											
	Mínimo	1	41	97	598	1	27	69	11	12	57	2	7	3											
	DP	161	759	151	1.073	463	191	241	126	61	704	103	121	484											

Fonte: Sistema de Informação do Ministério da Educação (Sisrehu).

DEA: análise envoltória de dados; DP: desvio padrão; I: variável de *input*; O: variável de *output*; T: variável de transporte
LINK (variáveis de ligação, ou seja, aquelas que são *inputs* para uma determinada dimensão e *outputs* para outra dimensão); Internações ajustadas (P/A *input* de pesquisa e *output* de assistência); Residência Médica (E/A *input* de assistência e *output* de ensino); Projetos de Pesquisa (E/P *input* de ensino e *output* de pesquisa).



DEA: análise envoltória de dados; UFGD: Universidade Federal da Grande Dourados; UFMA: Universidade Federal do Maranhão; UFS: Universidade Federal de Sergipe; UFU: Universidade Federal de Uberlândia; UNIFESP: Universidade Federal de São Paulo; HCPA: Hospital de Clínicas de Porto Alegre; UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro; FURG: Universidade Federal do Rio Grande; UFC: Universidade Federal do Ceará; UFPR: Universidade Federal do Paraná; UFPE: Universidade Federal de Pernambuco; UFMT: Universidade Federal de Mato Grosso; UnB: Universidade de Brasília; UFTM: Universidade Federal do Triângulo Mineiro; UFAL: Universidade Federal de Alagoas; UFG: Universidade Federal de Goiás; UFES: Universidade Federal do Espírito Santo; UFBA: Universidade Federal da Bahia; UFAM: Universidade Federal do Amazonas; UFF: Universidade Federal Fluminense; UFCCG: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul; UFSM: Universidade Federal de Santa Maria; UFPel: Universidade Federal de Pelotas; UFJF: Universidade Federal de Juiz de Fora; UFRN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; UFPA: Universidade Federal do Pará; UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais; UNIRIO: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro; UFPB: Universidade Federal da Paraíba

Figura 2. Escores de eficiência dos hospitais universitários segundo modelo de DEA dinâmica em redes Brasil, 2010-2013.

hospitais atingissem a fronteira. Os hospitais que necessitariam aumentar a produção de consultas ou agregar complexidade em maior proporção na assistência seriam Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Federal Fluminense (UFF) e Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). O aumento de residentes na categoria multiprofissional seria numericamente mais necessário na Universidade Federal de Campina Grande (UFCCG), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), UFRJ, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); o incremento de alunos de graduação, no HCPA, UFCCG, UFG e UFSM na dimensão de ensino. UFAM, Universidade Federal da Bahia (UFBA), UFPA, UFPB, UFRN e UNIRIO deveriam ter aumento significativo de alunos de pós-graduação na pesquisa.

Considerando o número de residentes médicos uma variável de ligação (*input* de assistência e *output* de ensino), os valores necessários podem ser negativos. Para que todos os hospitais atingissem a fronteira em 2012, a redução média deveria ser de 9,0% no número de residentes. Hospitais como UFSC e UFCCG necessitariam aumentar, mas hospitais como UFBA, UFF, Universidade Federal de Goiás (UFG), UFMG, UFRN, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), UNIRIO e Universidade de Brasília (UnB) poderiam reduzir o número deles, sem

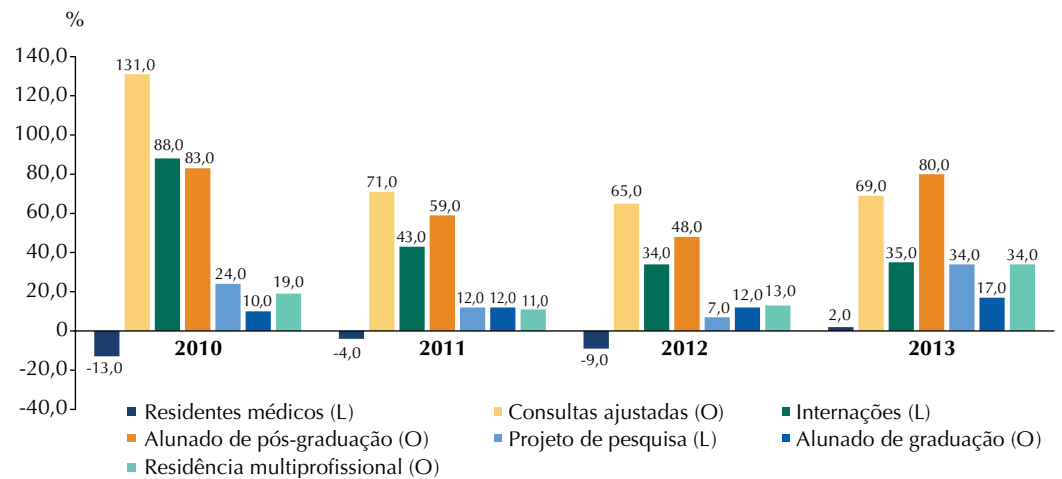


Figura 3. Necessidade de variação das variáveis de *output* (O) e de ligação (L) para alcance da fronteira de melhores práticas. Brasil, 2010-2013.

prejuízo da eficiência. Quanto às demais variáveis de ligação, as interações ajustadas deveriam aumentar em 34,0% e os projetos de pesquisa, em 7,0%, em média.

A Tabela 3 apresenta, além do escore geral e o específico da assistência, o aporte de recursos financeiros, em milhões, repassado para cada HU, por ano, e a projeção esperada no ano seguinte, para alcance da fronteira de eficiência. A abordagem da projeção na fronteira de melhores práticas gerou diretrizes de planejamento financeiro baseadas na eficiência da produção assistencial observada em cada hospital.

A receita média dos hospitais passou de R\$42,1 para R\$58,0 milhões no período (aumento médio de 37,8%). O maior aumento bruto foi da UFMA (R\$75,5 milhões) e o maior aumento proporcional foi da UFGD (1.943,0%). Seis unidades tiveram receita informada em 2013 menor que em 2010: UFAL (-24,2%), UFES (-22,2%), UFPB (-64,4%), UFRN (-33,3%), UnB (-8,5%) e UNIRIO (-92,2%). Dada a oscilação dos valores informados por estas unidades, pode haver erro de registro.

Em 2013, as projeções para o próximo período indicaram que sete DMU necessitariam aumentar a receita (somando R\$97,2 milhões), 11 precisariam diminuí-la (somando R\$175,6 milhões) e o restante poderia mantê-la no mesmo patamar. Se mantidos todos os demais parâmetros, haveria espaço para redução em 4,6% do total do aporte de recursos aos hospitais em 2014, sem impacto na eficiência do sistema. Essas diretrizes permitiriam negociar metas para incremento da produção ou redistribuição dos recursos entre as unidades. O ano de melhor desempenho (2012) foi o único cuja projeção para financiamento superava o valor repassado; isto é, a produção fez jus ao valor repassado num ano de maior eficiência.

DISCUSSÃO

O modelo proposto permite o monitoramento de eficiência, planejamento de metas e estabelecimento de diretrizes orçamentárias ao longo do tempo, constituindo-se em ferramenta de auxílio às políticas públicas de saúde.

Como ilustração, na Figura 3, as projeções de cada ano geraram parâmetros e metas a serem alcançadas no período seguinte. Por exemplo, quando comparadas as metas de 2012 com os dados reais de 2013, o aumento foi de 20,0% dos médicos residentes (contra a diretriz de redução em 9,0%). Para as demais variáveis de ligação, as interações ajustadas foram 19,0% inferiores à meta e os projetos de pesquisa, 67,0% menores. Para os demais produtos, as consultas ajustadas foram 35,0% inferiores ao esperado; alunos de graduação, 5,0% menores; os de pós-graduação, 15,0%. Já os residentes multiprofissionais tiveram valores 7,0% superiores à meta. Estes achados explicam, em parte, a queda dos escores médios de eficiência das três dimensões em 2013.

Tabela 3. Escore e projeção da receita dos hospitais universitários na dimensão assistência. Brasil, 2010-2013.

DMU	Escore geral	Escore assistência	2010			2011			2012			2013		
			Valor*	Projeção	Dif. %	Valor*	Projeção	Dif. %	Valor*	Projeção	Dif. %	Valor*	Projeção	Dif. %
UFGD	100	100	0,6	0,6	0	2,6	2,6	0	21,2	21,2	0	12,3	12,3	0
UFMA	100	100	64,8	64,8	0	80,5	80,5	0	181,9	181,9	0	140,3	140,3	0
UFS	100	100	8,8	8,8	0	13,8	13,8	0	18,1	18,1	0	21,2	21,2	0
UFU	100	100	85,0	85,0	0	88,3	88,3	0	103,4	103,4	0	98,4	98,4	0
UNIFESP	100	100	135,9	135,9	0	119,5	119,5	0	176,2	176,2	0	181,9	181,9	0
HCPA	88,8	100	123,6	123,6	0	167,5	167,5	0	186,8	186,8	0	155,0	155,0	0
UFRJ	87,2	100	60	60	0	63,9	63,9	0	57,2	57,2	0	85,5	85,5	0
FURG	64,4	89,1	15,4	16,7	8,3	18,7	18,7	0	29,0	29,0	0	30,2	30,2	0
UFC	50,5	48,7	43,4	38,4	-11,5	55,6	48,0	-13,5	45,2	38,0	-15,8	62,1	52,9	-14,8
UFPR	49,6	56,0	81,9	74,3	-9,3	149,2	78,8	-47,2	104,7	104,5	-0,1	106,4	106,9	0,5
UFPE	47,2	41,1	68,6	44,7	-34,9	56,2	51,0	-9,3	48,6	61,6	26,8	96,9	66,4	-31,5
UFMT	45,2	76,6	11,7	11,7	0	18,8	18,8	0	16,8	16,8	0	13,5	13,5	0
UnB	44,0	35,8	49,4	29,2	-40,9	76,7	35,6	-53,6	58,6	42,8	-27,0	45,2	54,0	19,5
UFTM	39,2	20,4	46,3	42,0	-9,3	58,2	53,5	-8,2	16,2	55,9	245,8	63,5	53,1	-16,4
UFAL	39,2	87,8	21,2	21,2	0	21,2	21,2	0	22,6	22,6	0	16,1	16,1	0
UFG	38,2	54,8	38,5	44,7	16,0	63,1	44,3	-29,8	56,4	46,0	-18,3	58,8	46,0	-21,6
UFES	34,1	17,9	42,8	31,5	-26,4	48,9	40,4	-17,5	46,4	46,1	-0,6	33,3	31,3	-6,1
UFBA	31,3	47,6	40,5	38,9	-3,9	69,3	49,6	-28,5	62,7	52,1	-16,8	70,2	40,9	-41,8
UFAM	28,8	77,8	14,1	14,1	0	33,4	33,4	0	23,2	23,2	0	19,6	19,6	0
UFF	18,3	12,3	27,7	37,9	37,0	47,3	38,1	-19,6	39,6	44,2	11,7	31,1	55,0	76,6
UFMG	17,6	63,1	10,4	15,0	44,0	16,8	20,9	24,1	11,6	27,2	133,6	24,7	28,0	13,4
UFSC	17,0	35,8	30,8	40,1	30,4	59,3	45,9	-22,7	45,3	36,8	-18,9	49,4	39,0	-20,9
UFMS	11,0	33,5	28,2	30,3	7,4	52,7	31,1	-41,0	22,1	25,8	16,6	52,7	10,2	-80,7
UFSM	10,9	33,6	36,8	42,3	15,0	61,1	51,1	-16,5	74,5	66,9	-10,2	73,2	53,8	-26,5
UFPEl	10,6	100	25,2	25,2	0	26,9	26,9	0	32,1	32,1	0	46,8	46,8	0
UFJF	8,9	100	11,9	11,9	0	23,2	23,2	0	27,4	27,4	0	28,2	28,2	0
UFRN	5,2	26,1	13,9	24,6	77,0	13,9	26,3	89,2	19,6	31,8	62,1	9,3	32,1	246,8
UFPA	1,8	3,2	26,6	29,0	9,0	41,4	32,5	-21,5	38,6	37,6	-2,6	30	31,0	3,4
UFMG	1,3	22,4	79,3	77,4	-2,4	99,7	81,1	-18,7	135,8	111,8	-17,7	128,6	120,2	-6,5
UNIRIO	1,0	1,7	32,0	28,8	-10,2	2,5	27,0	989,4	32,0	30,7	-4,3	2,5	39,3	1.478,9
UFPB	0,5	26,1	29,0	31,7	9,3	27,2	36,6	34,5	17,7	32,4	82,9	10,3	9,7	-5,7
Total	-	-	1.304,2	1.280,1	-1,9	1.677,4	1.469,6	-14,1	1771,5	1.788,1	0,9	1.797,1	1.718,8	-4,6

Fonte: Sistema de Informação do Ministério da Educação (Sisrehuf).

DMU: *Decision Making Units*; UFGD: Universidade Federal da Grande Dourados; UFMA: Universidade Federal do Maranhão; UFS: Universidade Federal de Sergipe; UFU: Universidade Federal de Uberlândia; UNIFESP: Universidade Federal de São Paulo; HCPA: Hospital de Clínicas de Porto Alegre; UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro; FURG: Universidade Federal do Rio Grande; UFC: Universidade Federal do Ceará; UFPR: Universidade Federal do Paraná; UFPE: Universidade Federal de Pernambuco; UFMT: Universidade Federal de Mato Grosso; UnB: Universidade de Brasília; UFTM: Universidade Federal do Triângulo Mineiro; UFAL: Universidade Federal de Alagoas; UFG: Universidade Federal de Goiás; UFES: Universidade Federal do Espírito Santo; UFBA: Universidade Federal da Bahia; UFAM: Universidade Federal do Amazonas; UFF: Universidade Federal Fluminense; UFCG: Universidade Federal de Campina Grande; UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina; UFMS: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul; UFSM: Universidade Federal de Santa Maria; UFPel: Universidade Federal de Pelotas; UFJF: Universidade Federal de Juiz de Fora; UFRN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; UFPA: Universidade Federal do Pará; UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais; UNIRIO: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro; UFPB: Universidade Federal da Paraíba

* Em milhões.

A comparação entre hospitais gerais, com e sem atividades de ensino e pesquisa, sem levar estas dimensões em consideração, minimiza os escores de eficiência dos últimos. Isso porque vários recursos do processo produtivo também estão, na prática, voltados para atividades de natureza não assistencial⁴. O modelo de DEA em redes, por outro lado, permite que seja comparada a porção de recursos usada em cada dimensão específica, reduzindo esse viés.

Hospitais universitários apresentam um esforço da produção acadêmica nacional a partir de 2000, inicialmente com modelos clássicos DEA para avaliação de eficiência das unidades do MEC¹². Novas abordagens de análise foram desenvolvidas para esse universo de hospitais, seja com as dimensões tratadas em separado, seja com as dimensões agregadas em modelo

hierárquico ou por meio de redes^{7,10,13}. Avaliação longitudinal foi usada para análise de impacto da reforma de financiamento criada a partir da política de certificação dos hospitais de ensino⁹.

O modelo em redes foi aprofundado no presente estudo ao abarcar a dimensão de pesquisa, considerar apenas as projeções em regiões Pareto-eficientes da fronteira e acompanhar o deslocamento da fronteira ao longo dos anos. O refinamento do modelo torna-o mais acurado para aplicação e instrumentalização dos gestores na análise de eficiência.

A ferramenta proposta para o acompanhamento dos hospitais de ensino permite: a) gerar escores de eficiência, geral e por dimensão; b) acompanhar anualmente as mudanças de desempenho, geral e por dimensão; c) definir e gerenciar metas para melhoria de desempenho com base na projeção na fronteira de melhores práticas; d) programar e avaliar dinamicamente o financiamento dos HU com base em eficiência. Os resultados apresentaram exemplos para cada uma dessas funcionalidades. Os dados e projeções podem ser analisados separadamente, para cada unidade, ou de forma agregada, para avaliação mais panorâmica das políticas públicas.

O atual universo dos hospitais universitários federais é heterogêneo em porte, capacidade de produção e tempo de funcionamento de cada unidade. Para lidar com essas diferenças, foi necessário o uso de ajuste por complexidade.

Houve aumento da produção assistencial ajustada em cerca de 8,0% nos últimos anos. A análise da eficiência mostra que o dispêndio de alguns recursos cresceu simultaneamente, e em maior proporção, como a estrutura tecnológica (16,1%) e o aporte financeiro (37,8%). Houve, por outro lado, redução do número de leitos, seguindo uma tendência mundial dos últimos anos, com aumento daqueles de maior complexidade, como os de terapia intensiva. A realização de procedimentos voltados para pacientes externos também reduz a necessidade de leitos, mas há espaço para incentivar essa atividade (meta de 69,0% em 2013).

O número triplicado de residentes multiprofissionais na produção de ensino coincide com a política de implantação dessa modalidade no período. Na pesquisa, houve redução de monta dos projetos de pesquisa informados, salvas as limitações de qualidade de registro.

A eficiência média dos HU aumentou em todas as dimensões de 2010 a 2012, com discreto declínio no ano seguinte. O deslocamento da fronteira de melhores práticas, por outro lado, teve comportamento heterogêneo, com melhor desempenho e tendência de progresso no ensino. Em virtude da implantação recente das iniciativas de saneamento dos HU, espera-se alguma oscilação da fronteira da assistência até a estabilização dos novos modelos gerenciais. Esse achado é consistente com o estudo do Sistema de Saúde Inglês (NHS) quando da sua abertura para o mercado privado que evidenciou contração nos primeiros anos, depois seguida de expansão da fronteira de eficiência¹¹.

Para definição de metas propostas, diferentemente daquelas voltadas a resultado, são considerados os recursos gastos, os pares em tamanho de escala, a variação dinâmica das mesmas e a influência de todo o grupo sob comparação. Esses fatores possibilitam um planejamento mais adaptado à realidade de cada hospital, definição de prioridades e monitoramento de desempenho. Assim, serviriam como parâmetro adicional de negociação física e orçamentária entre gestor de unidade e gestor de saúde, ou órgão financiador. Este último pode acompanhar o comportamento do sistema como um todo e divulgar parâmetros de partilha e modelos de financiamento que consideram critérios de transparência, equidade e necessidade em suas concepções¹⁷.

A ferramenta de planejamento só terá validade se baseada num sistema de informações acurado e fidedigno⁶. Registros inadequados, baixa utilização e falta de crítica do sistema talvez sejam as principais limitações dos resultados apresentados. Os resultados e a fronteira empírica variam de acordo com o conjunto de variáveis utilizado. Por esse motivo, é importante que haja a participação de vários atores envolvidos na avaliação gerencial na construção do modelo, para que cada elemento do modelo seja consensualmente aprovado para os diversos perfis de hospitais a serem comparados.

REFERÊNCIAS

1. Barata LRB, Mendes JDV, Bittar OJNV. Hospitais de ensino e o Sistema Único de Saúde. *Rev Adm Saude*. 2010;12(46):7-14.
2. Charnes A, Cooper WW, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. *Eur J Oper Res*. 1978;12(6):429-44. DOI:10.1016/0377-2217(78)90138-8
3. Färe R, Grosskopf S. Network DEA. *Socioecon Plann Sci*. 2000;34(1):35-49. DOI:10.1016/S0038-0121(99)00012-9
4. 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
5. Hollingsworth B. The measurement of efficiency and productivity of health care delivery. *Health Econ*. 2008;17(10):1107-28. DOI:10.1002/hec.1391
6. La Forgia GM, Coutollenc BF. Hospital performance in Brazil: the search for excellence. Washington (DC): The World Bank Publications; 2008.
7. Lins ME, Lobo MSC, Silva ACM, Fiszman R, 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/S1413-81232007000400020
8. Lins MPE, Oliveira LB, Silva ACM, Rosa LP, Pereira AO. Performance assessment of alternative energy resources in Brazilian power sector using Data Envelopment Analysis. *Renew Sustain Energy Rev*. 2011;16(1):898-903. DOI:10.1016/j.rser.2011.09.010
9. Lobo MSC, Silva ACM, Lins MPE, Fiszman R. Impacto da reforma de financiamento de hospitais de ensino no Brasil. *Rev Saude Publica*. 2009;43(3):437-45. DOI:10.1590/S0034-89102009005000023
10. Lobo MSC, Lins MPE, Silva ACM, Fiszman R. Avaliação de desempenho e integração docente-assistencial nos hospitais universitários. *Rev Saude Publica*. 2010;44(4):581-90. DOI:10.1590/S0034-89102010000400001
11. Maniadakis N, Hollingsworth B, Thanassoulis E. The impact of the internal market on hospital efficiency, productivity and service quality. *Health Care Manag Sci*. 1999;2(2):75-85. DOI:10.1023/A:1019079526671
12. Marinho A, Façanha LO. Hospitais universitários: avaliação comparativa da eficiência técnica. *Econ Aplicada*. 2000;4(2):315-49.
13. Ozcan YA, Lins ME, Lobo MSC, Silva ACM, Fiszman R, Pereira BB. Evaluating the performance of Brazilian university hospitals. *Ann Oper Res*. 2010;178(1):247-61. DOI:10.1007/s10479-009-0528-1
14. Ozcan YA. Health care benchmarking and performance evaluation: an assessment using Data Envelopment Analysis (DEA). 2.ed. San Francisco: Springer; 2014.
15. Tone K, Tsutsui M. Network DEA: a slacks-based measure approach. *Eur J Oper Res*. 2010;197(1):243-52. DOI:10.1016/j.ejor.2008.05.027
16. Tone K, Tsutsui M. Dynamic DEA with network structure: a slacks-based measure approach. *Omega*. 2014;42(1):124-31. DOI:10.1016/j.omega.2013.04.002
17. Ugá MAD, Porto SM. Financiamento e alocação de recursos em saúde no Brasil. In: Giovanella L, Escorel S, Lobato LVC, Noronha JC, Carvalho AI, organizadores. Políticas e sistema de saúde no Brasil. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2008. p.473-506.

Financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ – Processo 472182/2013-7).

Contribuição dos Autores: Concepção e planejamento do estudo: MSCL, HCR, ECGA, JAA, MPEL. Coleta de dados: ECGA. Análise e interpretação de dados: MSCL, HCR, MPEL. Preparação ou redação do manuscrito: MSCL, HCR, ECGA, JAA. Revisão crítica do manuscrito: MSCL, MPEL. Aprovação final: MSCL, HCR, ECGA, JAA, MPEL.

Conflito de Interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses.

DESTAQUES

O estudo analisa a eficiência dos hospitais universitários nas dimensões da assistência em saúde, ensino e pesquisa, entre os anos de 2010 e 2013. Estudos de desempenho que utilizam fronteiras de eficiência analisam o aproveitamento de recursos (*inputs*) para o cumprimento de objetivos (produtos ou *outputs*). Esta pesquisa permite subsidiar a Política Nacional de Atenção Hospitalar (PNHOSP) no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS). Dessa forma, instrumentaliza os gestores (e demais atores) para o acompanhamento do desempenho dos hospitais ao longo dos anos e traz referências de objetivos para seus respectivos contratos de metas.

No período, os escores médios de assistência, ensino e pesquisa foram 58,0%, 86,0% e 61,0%, respectivamente. Em 2012, ano de melhor desempenho, para que todas as unidades atingissem a fronteira, seria necessário um aumento médio de consultas em 65,0%; de internações, em 34,0%; de alunado de graduação, em 12,0%; de residência multiprofissional, em 13,0%; de alunado de pós-graduação, em 48,0%; de projetos de pesquisa, em 7,0%; além da queda em 9,0% dos residentes médicos. No mesmo ano, para melhoria da fronteira de produção assistencial, seria necessária a injeção de um aporte adicional de receita em 0,9%. Projeções e medidas individuais para cada hospital geraram metas que, se cumpridas em 2013, garantiriam a eficiência do sistema. Na avaliação dinâmica entre 2010 e 2013, observou-se progressão da eficiência no ensino, oscilação na assistência e estagnação na pesquisa.

Rita de Cássia Barradas Barata
Editora Científica