

## **Seleção de variáveis *inputs* e *outputs* na análise envoltória de dados aplicada a hospitais**

*Selection of variables inputs and outputs in data wrapping analysis applied to hospitals*

**Paulo Cesar Souza<sup>1</sup>, João Henrique Scatena<sup>2</sup>, Ruth Terezinha Kehrig<sup>3</sup>,  
Bruna Silva Souza<sup>4</sup>**

1. Bacharel em ciências contábeis, doutor em saúde pública. Professor da UNEMAT e contador da SES/MT
2. Médico, doutor em saúde pública. Professor do ISC/UFMT
3. Administradora, doutora em saúde pública. Professora do ISC/UFMT
4. Bacharelanda em enfermagem pela UNEMAT

---

### **RESUMO**

Diante da limitação de recursos destinados à assistência hospitalar do SUS, torna-se importante realizar avaliações a fim de produzir informação que auxilie na melhoria da eficiência destes hospitais. Este trabalho é um estudo descritivo e exploratório realizado com base em dados de 10 hospitais do SUS localizado o estado de Mato Grosso. Objetivou demonstrar o processo de seleção de variáveis *inputs* e *outputs* para a aplicação da análise envoltória de dados à hospitais. Foram propostos dois modelos empíricos de hospital, com diferentes combinações das variáveis. No trabalho realizado, somente o primeiro modelo pode ser testado na prática, trazendo consigo inovações e demonstrando-se uma boa opção para a aplicação da análise envoltória de dados em hospitais. Quanto ao segundo modelo, fica a sugestão para novas pesquisas e sua possível operacionalização a fim de comparar os dois modelos propostos.

**Palavras-chave:** eficiência organizacional, administração hospitalar, gestão em saúde

## **ABSTRACT**

*Faced with the limitation of resources destined to SUS hospital care, it is important to carry out evaluations in order to produce information that helps improve the efficiency of these hospitals. This work is a descriptive and exploratory study based on data from 10 SUS hospitals located in the state of Mato Grosso. The objective was to demonstrate the process of selection of input and output variables for the application of Data Envelopment Analysis to hospitals. Two empirical hospital models were proposed, with different combinations of variables. In the work performed, only the first model can be tested in practice, bringing with it innovations and demonstrating a good option for the application of data envelopment analysis in hospitals. As for the second model, it is the suggestion for new research and its possible operationalization in order to compare the two proposed models.*

**Keywords:** organizational efficiency, hospital administration, health management

---

## **INTRODUÇÃO**

O sistema de serviços de saúde pode ser considerado, dentre os sistemas sociais, o de maior complexidade relativa. Um dos motivos dessa complexidade refere-se aos diversos objetivos estabelecidos para esse sistema: equidade, eficácia, eficiência, qualidade e satisfação dos usuários<sup>1</sup>.

No âmbito do sistema de serviços de saúde encontram-se os serviços hospitalares, os quais também pressupõem a eficiência como um dos seus objetivos.

O termo eficiência, nesse contexto é usado “para indicar que a organização utiliza produtivamente, ou de maneira econômica, seus recursos. Quanto mais alto o grau de produtividade ou economia na utilização de recursos, mais eficiente a organização é”<sup>2</sup>.

A eficiência pode ser definida como “a relação existente entre o resultado obtido e os recursos consumidos para conseguir esse resultado”. Assim, a eficiência também pode ser evidenciada pela seguinte operação matemática:  $(\text{entradas} \div \text{saídas} = \text{eficiência})^3$ .

Desse modo, uma organização eficiente é aquela capaz de maximizar os resultados mantendo o mesmo nível de consumo de recursos, minimizar o consumo de recursos mantendo o mesmo nível de produção, ou ainda, se

possível, maximizar resultados e concomitantemente minimizar o consumo de recursos.

A avaliação da eficiência hospitalar se justifica por pelo menos quatro motivos. O primeiro se refere ao elevado custo da assistência hospitalar no âmbito da assistência à saúde em geral. O segundo relaciona-se com o primeiro e versa sobre o custo de oportunidade. A ideia é que a redução dos custos com a assistência hospitalar faz com que sejam reduzidos os custos com a assistência à saúde, sendo possível alocar estes recursos em outros segmentos do setor, dentre eles a promoção da saúde e a prevenção de doenças. O terceiro é a possibilidade dos gestores se utilizarem dos resultados de tais avaliações a fim de avaliar o impacto das políticas de saúde nos serviços hospitalares, planejar novas ações e estabelecer prioridades. O quarto motivo é que, de posse do resultado da avaliação da eficiência os gestores hospitalares podem monitorar suas ações, bem como comparar o desempenho do hospital com os demais hospitais integrantes do sistema de saúde<sup>4</sup>.

Diante da importância da avaliação da eficiência para melhor utilização dos recursos destinados à assistência hospitalar, a análise envoltória de dados (DEA) é uma técnica bastante útil para essa finalidade.

No entanto, a operacionalização desta técnica segue alguns passos, os quais são: a) definição e seleção das DMU que serão objeto da análise; b) seleção das variáveis (*inputs* e *outputs*) que são relevantes e apropriadas para estabelecer a eficiência relativa das DMU selecionadas; c) aplicação do(s) modelo(s) DEA, com maior ou menor nível de sofisticação<sup>5</sup>.

Dentre estas etapas, este trabalho destaca a seleção das variáveis *inputs* e *outputs*, visto que a literatura sugere que o problema crucial na aplicação da DEA refere-se às variáveis a serem utilizadas, demonstrando a importância dessa etapa da aplicação do método<sup>6</sup>.

Assim, a grande questão é: quais as melhores variáveis *inputs* e *outputs* a serem utilizadas na análise envoltória de dados aplicada à hospitais?

Diante disso, este trabalho objetiva apresentar, com base em uma pesquisa realizada no estado de Mato Grosso, uma proposta de variáveis *inputs* e *outputs* a serem utilizadas na aplicação da análise envoltória de dados a hospitais.

### **Análise envoltória de dados**

A análise envoltória de dados (DEA) é uma técnica não paramétrica de avaliação da eficiência relativa de um conjunto de unidades tomadoras de decisão (DMU - *decision making units*) homogêneas. Utilizando-se das quantidades de *inputs* consumidos e *outputs* produzidos por cada unidade, e, mediante técnica de programação linear, a DEA constrói, a partir da melhor prática observada, a fronteira eficiente de produção, a qual será a base para a avaliação da eficiência das demais unidades tomadoras de decisão<sup>7</sup>.

A medida de eficiência obtida pelo método DEA é gerada por programação linear através da comparação de unidades tomadoras de decisão similares que apresentam múltiplos *inputs* e diversos *outputs*, diferenciando-se unicamente nas quantidades consumidas e produzidas. Assim, uma DMU será eficiente se comparativamente às demais, tiver maior produção para quantidade fixa de recursos ou utilizar menos recursos para gerar uma quantidade fixa de produtos<sup>8</sup>.

A análise envoltória de dados destacou-se no meio acadêmico a partir da tese de doutorado de Edward Rhodes, o qual teve como orientador W. W. Cooper e foi publicada em 1978. O foco do trabalho era a estimativa da eficiência de escolas públicas, sem realizar o arbítrio de pesos para cada variável de entrada ou saída<sup>9</sup>.

Uma definição importante a ser destacada quando se aplica a análise envoltória de dados se refere ao termo unidade tomadora de decisão (DMU). As DMU “são organizações produtivas que visam lucro ou beneméritos, como empresas, hospitais, bibliotecas, departamentos de empresas, instituições de ensino etc.”<sup>10</sup>. Uma DMU pode ser definida como toda organização que realiza a transformação de um conjunto de entradas (*inputs*) em um conjunto de saídas (*outputs*). Segundo essa ótica, uma DMU pode ser um grupo empresarial, uma empresa individual ou uma unidade administrativa. Tal organização pode pertencer ao setor produtivo, de serviço ou até mesmo ao setor público, podendo ou não visar lucro<sup>11</sup>.

Diante das múltiplas possibilidades de aplicação, a DEA tem sido aplicada com sucesso na análise da eficiência de organizações públicas e sem fins lucrativos, dentre as quais é possível destacar: escolas, faculdades, universidades, institutos de pesquisas, hospitais, clínicas, prisões, aeroportos, instituições culturais, entre outros<sup>12</sup>.

É importante destacar que análise envoltória de dados é uma metodologia não paramétrica para a mensuração comparativa da eficiência de unidades tomadoras de decisão<sup>13</sup>. Isto significa afirmar que essa metodologia não utiliza inferências estatísticas nem se apega a medidas de tendência central, testes de coeficientes ou formalizações de análise de regressão. O método também não exige a existência de relações funcionais entre insumos e produtos<sup>10</sup>. Em virtude de ser determinística, essa metodologia está susceptível aos valores extremos e aos erros de medidas<sup>12</sup>. Esses valores, no método paramétrico, são considerados *outliers*, podendo ser excluídos da análise, o que não ocorre no método não paramétrico, já que o valor extremo, caso não represente erro de medida, é a unidade que apresenta a melhor prática e que serve de comparação para as demais. Ressalta-se que os resultados obtidos com a aplicação desse método não podem ser extrapolados para outras unidades já que a eficiência é calculada em relação à unidade mais eficiente dentre as analisadas, ou seja, se a análise for realizada com outra amostra, a mesma DMU pode apresentar posição diferente.

Existem dois fatores que influenciam significativamente os resultados obtidos quando da aplicação da análise envoltória de dados: modelo e orientação.

Quanto aos modelos, existem dois que são mais amplamente utilizados: CCR e BCC. O primeiro tem sua sigla oriunda do nome dos autores Charnes, Cooper e Rhodes<sup>14</sup> que publicaram o primeiro artigo sobre a análise envoltória de dados. Para La Forgia e Couttollenc<sup>15</sup>, o modelo CCR pressupõe retornos constantes de escala (*constant returns to scale* – CRS) e mostra como as organizações procuram maximizar a quantidade combinada de produtos sujeitos à combinação viável de recursos utilizados. Em virtude do retorno constante de escala, espera-se que ocorra uma variação proporcional de produtos a partir da alteração de recursos em todos os níveis de escala. Isso significa dizer que qualquer acréscimo ou redução nos *inputs* provocará um acréscimo ou redução na mesma proporção nos *outputs*. Assim, um acréscimo ou redução de 10% nos *inputs* causará, em contrapartida, a mesma variação nos *outputs*<sup>16</sup>.

O segundo modelo (BCC - *variable returns to scale* [VRS]) compara apenas as DMU que operam em escala semelhante. Assim, a eficiência de uma DMU é obtida dividindo-se sua produtividade pela maior produtividade dentre as DMU que apresentam o mesmo tipo de retorno à escala<sup>17</sup>. Desse modo, a fronteira BCC apresenta retas de ângulos variados, o que caracteriza uma fronteira linear por partes.

Ressalta-se que a diferença entre os dois modelos é que no CCR é considerado como *best practice*, para o estabelecimento da fronteira, apenas uma DMU, ou seja, aquela que, dentre todas, apresentar melhores resultados com os insumos disponíveis, por isso é a representação por uma reta de 45°. Já no BCC a comparação ocorre entre cada DMU e aquela que apresenta o mesmo tipo de retorno à escala, sendo possível a existência de várias *best practices* e, conseqüentemente, várias fronteiras.

O segundo fator que influencia significativamente os resultados obtidos quando da utilização da análise envoltória de dados é a orientação aplicada ao modelo. Desse modo, o modelo pode ter as seguintes orientações:

- **Orientado a *input***. Quando se deseja estimar qual é o mínimo nível possível de emprego de recursos, mantendo os resultados;
- **Orientado a *output***. Quando se deseja estimar qual o máximo nível possível de *output* mantendo fixos os *inputs*<sup>18</sup>.

Conforme já destacado, para a operacionalização da análise envoltória de dados existem alguns passos que devem ser seguidos: a) definição e seleção das DMU que serão objeto da análise; b) seleção das variáveis (*inputs* e *outputs*) que são relevantes e apropriadas para estabelecer a eficiência relativa das DMU selecionadas; c) aplicação do(s) modelo(s) DEA, com maior ou menor nível de sofisticação<sup>5</sup>.

Para a finalidade deste trabalho é interessante destacar a seleção das variáveis *inputs* e *outputs*.

Segundo Panepucci<sup>19</sup>, uma alternativa que pode ser utilizada para a definição das variáveis consideradas como *input* e *output* é a correlação estatística, não se descartando outras técnicas.

Quanto ao número de variáveis, é importante destacar que um modelo operacionalizado com muitas variáveis tende a ser benevolente, fazendo com que muitas DMU alcancem o *score* 1 de eficiência<sup>20</sup>.

O número mínimo de variáveis (*inputs* + *outputs*) a ser utilizado na análise é calculado por Fitzsimmons e Fitzsimmons<sup>21</sup> usando a seguinte fórmula:

$$k \geq 2 (N+M)$$

onde *k* é o número de DMU a ser utilizado na análise, *N* o número de *inputs* e *M* o número de *outputs*. Assim, segundo essa fórmula, o número de DMU deve ser pelo menos o dobro da soma dos *inputs* e *outputs*.

Quanto aos tipos possíveis de *inputs* e *outputs*, Marinho e Façanha<sup>6</sup> apresentam uma lista dos mesmos, classificados em grupos.

*Inputs* de trabalho: diversos tipos de mão-de-obra existentes no âmbito dos hospitais, como médicos, enfermeiros, auxiliares, etc. O ideal seria considerar homens-hora trabalhados, no entanto, na falta dessa informação pode ser utilizado o quantitativo de pessoas.

*Inputs* de capital: relacionados à capacidade física e operacional dos hospitais, como número de leitos, salas cirúrgicas, valor dos equipamentos, etc.

*Inputs* financeiros: são gastos não relacionados aos insumos de capital, como por exemplo, consumo de medicamentos, materiais diversos, etc., ou seja, são todos os gastos para custeio e manutenção.

*Inputs* de serviços gerais: serviços utilizados como lavanderia, limpeza etc.

*Inputs* de serviços específicos: serviços de apoio diagnóstico e terapêuticos como laboratório, fisioterapia etc.

*Inputs* relacionados aos pacientes: descrevem as características gerais dos pacientes no momento de sua internação.

*Inputs* ambientais: ambiente de natureza macro que geralmente estão fora do controle da direção dos hospitais. Por exemplo, região geográfica, tipo de propriedade, características da população atendida etc.

Na classificação, os autores mantêm o mesmo formato para os *outputs*, sendo organizados também em grupos.

*Outputs* relacionados ao tratamento: expressam o processo pelo qual o paciente passou durante o atendimento. Como exemplo pode-se

considerar o grau de complexidade, dias de internação, exames realizados etc.

*Outputs* de qualidade dos serviços: são relacionados à qualidade do serviço prestado ao paciente e envolvem a morbidade, mortalidade, infecções, readmissões, frequência e gravidade dos acidentes de trabalho, reclamações, satisfação do usuário etc.

*Outputs* sociais: dizem respeito ao alcance social das ações realizadas pelos hospitais, como o atendimento prestado a pessoas de baixa renda ou o atendimento a pessoas em áreas carentes ou remotas.

A fim de se obter sucesso na aplicação da análise envoltória de dados (DEA), a seleção das variáveis é uma etapa de grande importância, podendo ser decisiva na relevância dos resultados obtidos.

## **METODOLOGIA**

Este trabalho é oriundo de uma pesquisa que objetivou avaliar a qualidade e a eficiência dos hospitais que compõem o *mix* público-privado do SUS no estado de Mato Grosso e caracteriza-se como um estudo descritivo e exploratório. Segundo Tobar<sup>22</sup>, esse tipo de estudo é realizado nos casos em que a situação pesquisada conta com escasso conhecimento acumulado e sistematizado.

Quanto à abordagem, o trabalho é de natureza qualitativa e quantitativa, visto que envolveu a utilização de ambas as abordagens no processo de seleção das variáveis *inputs* e *outputs* a serem utilizadas na aplicação da análise envoltória de dados às unidades estudadas.

O estudo foi realizado com dados de 10 hospitais distribuídos entre públicos, privados e filantrópicos vinculados ao SUS e distribuídos em três regiões de saúde do estado de Mato Grosso, as quais concentram 32% das unidades hospitalares do SUS e 44% dos leitos SUS disponíveis.

Os dados foram coletados de duas fontes: dados secundários obtidos junto aos sistemas de informação em saúde do SUS (CNES, SIH) e também dados primários coletados mediante visita aos hospitais e aplicação de um instrumento de avaliação de hospitais do Programa Nacional de Avaliação de Serviços de Saúde – PNASS<sup>23</sup>. Os dados foram processados utilizando os softwares EpiData 3.1 e Microsoft Excel.

Os dados foram analisados com a finalidade de selecionar para as unidades em estudo as mais adequadas variáveis *inputs* e *outputs*, possibilitando a aplicação da análise envoltória de dados (DEA) para a avaliação da eficiência relativa com sucesso.

Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa – CEP através da Plataforma Brasil do Ministério da Saúde, recebendo parecer favorável de número 45667 de 27/06/2012.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A definição da quantidade e dos itens a serem considerados como *inputs* e *outputs* é uma das tarefas mais importantes da análise envoltória de dados.

Em relação à quantidade, a literatura indica que o total de unidades tomadoras de decisão (DMU) deve ser igual a, no mínimo, 2 vezes o total de *inputs* e *outputs* para garantir a aplicabilidade da análise de eficiência<sup>21</sup>. Assim, sendo dez a quantidade de hospitais objetos da pesquisa, a soma dos *inputs* e *outputs* selecionados respeitou o limite máximo 5 (cinco).

Quanto aos itens a serem utilizados como *inputs* e *outputs*, realizou-se uma pesquisa na base de dados da Bireme, Scielo e Google acadêmico a fim de identificar os estudos que aplicaram a análise envoltória de dados – DEA a hospitais e verificar quais seriam os *inputs* e *outputs* mais utilizados.

Nessa busca foram encontrados 50 artigos utilizando a DEA na área da saúde e destes, 13 aplicados a hospitais (Quadro 1). Ao analisar os artigos, verificou-se que os *inputs* mais utilizados foram: número de internações (6,3%), número de profissionais (6,3%), número de leitos (8,3%) e quantidade de médicos (12,5%). Percebe-se que dois dos quatro mais comuns são relacionados à pessoal, uns relacionados à estrutura (leitos) e um relacionado à produção do hospital.

Os *outputs* mais utilizados foram: quantidade total de internações (8,9%), quantidade de consultas (8,9%), quantidade de altas hospitalares (13,3%) e quantidade de pacientes atendidos (15,6%). Percebe-se que o número de internações pode ser tratado de duas maneiras, ou seja, como *input* ou como *output*.

**Quadro 1.** Utilização de *inputs* e *outputs* na DEA aplicada a hospitais

Input	Quantidade	%	Output	Quantidade	%
Área construída	1	2,1	Utilização de recursos financeiros	1	2,2
Número de discentes	1	2,1	Quantidade de consultas médicas	1	2,2
Número de docente com doutorado	1	2,1	Quantidade de exames	1	2,2
Número de docentes pagos pelo MEC	1	2,1	Fator de incentivo ao desenvolvimento do ensino e da pesquisa em saúde	1	2,2
Número de enfermeiros	1	2,1	Número de pacientes ambulatoriais	1	2,2

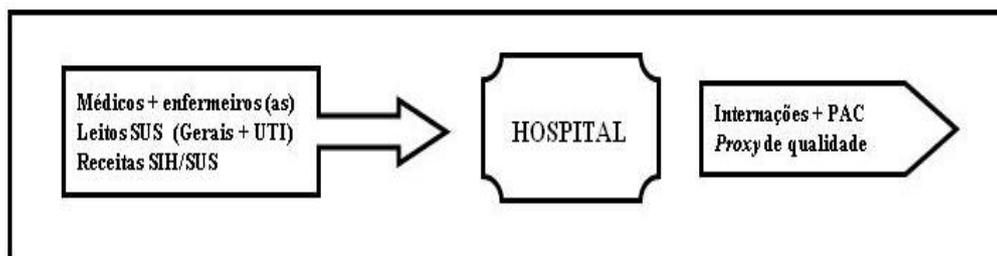
Número de leitos para cada especialidade	1	2,1	Percentual de internação relativos aos capítulos do CID	1	2,2
Número de médicos e profissionais de enfermagem	1	2,1	Doenças do aparelho circulatório	1	2,2
Número de médicos internos	1	2,1	Valor médio pago pela AIH	1	2,2
Número de médicos residentes	1	2,1	Produção assistencial	1	2,2
Número de óbitos	1	2,1	Relação internações/leitos	1	2,2
Número de salas de ambulatório	1	2,1	Relação cirurgias/sala	1	2,2
Número de salas de cirurgia e ambulatório	1	2,1	Relação consultas ambulatoriais/sala	1	2,2
Número de técnicos/auxiliares de enfermagem	1	2,1	Número de mestrandos/doutorandos	1	2,2
Quantidade de consultórios	1	2,1	Número de programas de pós-graduação/medicina	1	2,2
Taxa de mortalidade	1	2,1	Internações e procedimentos de alta complexidade realizados	1	2,2
Tempo médio de permanência hospitalar	1	2,1	Proxy (indicador aproximado) de qualidade	1	2,2
Número de docentes	2	4,2	Quantidade de cirurgias	2	4,4
Número de funcionários exclusive médicos	2	4,2	Número de alunos de medicina	2	4,4
Número de leitos SUS	2	4,2	Número de médicos residentes	2	4,4
Número de profissionais auxiliar de enfermagem	2	4,2	Número de pacientes	2	4,4
Quantidade de salas de cirurgia	2	4,2	Quantidade total de internações	4	8,9
Receita média mensal proveniente do SUS	2	4,2	Quantidade de consultas	4	8,9

Recursos financeiros totais	2	4,2	Quantidade de altas hospitalares	6	13,3
Valor total de AIH	2	4,2	Quantidade de pacientes atendidos	7	15,6
Número de internações	3	6,3			
Número de profissionais	3	6,3			
Número total de leitos	4	8,3			
Quantidade de médicos	6	12,5			
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>100</b>		<b>45</b>	<b>100</b>

Tendo em conta as variáveis comumente utilizadas e procurando inserir alguma inovação, este estudo propôs dois modelos empíricos de hospital. O primeiro modelo empírico de hospital proposto para a aplicação da análise envoltória de dados aos hospitais, pode ser visualizado na figura 1.

Cada modelo adotado, adota uma combinação de *inputs* e *outputs*. A razão da escolha de cada variável será justificada abaixo ao comentar a respeito de cada uma. Para os *inputs* foi utilizada a classificação proposta por Marinho e Façanha<sup>6</sup>, já consagrada em vários estudos, que agrupa as variáveis de acordo com o tipo.

**Figura 1.** Primeiro modelo empírico de hospital



O primeiro modelo utiliza as seguintes variáveis *inputs*.

**Inputs de trabalho:** número de médicos e profissionais de enfermagem (superior, auxiliar e técnico). Diferentemente do que apareceu nos estudos encontrados, decidiu-se por utilizar o quantitativo de médicos e de profissionais da enfermagem, tendo em conta que são aqueles que lidam diretamente com os pacientes. A fim de melhorar essa variável, utilizou-se a ponderação do

número de profissionais equivalente a tempo completo (FTE – *full time equivalent*) proposta por Ozcan<sup>24</sup>. Assim, foi estimado quantos profissionais seriam se todos trabalhassem 40 horas semanais, ajustando as diferenças existentes de carga horária. Os dados referentes ao número de profissionais e carga horária semanal foram obtidos de duas fontes: em relação aos profissionais da enfermagem foram obtidos junto aos hospitais durante a coleta de dados. Em relação aos médicos, em virtude da indisponibilidade dos dados por parte dos hospitais, esses foram obtidos junto ao CNES. Foram considerados os profissionais existentes tendo em conta os diversos tipos de vínculo, sejam contratados, concursados, terceirizados, autônomos, etc.

**Inputs de capital:** número de leitos SUS. Os leitos de UTI e de isolamento são classificados como complementares pelo CNES, no entanto, também fazem parte dos itens de capital. Desse modo, quando existentes, foram somados ao total de leitos gerais, visto que a utilização principalmente dos leitos de UTI, implica em altos custos para o funcionamento do hospital. Houve um caso à parte em que o hospital possuía leitos de UTI não disponíveis para o SUS, segundo constava no CNES, mas prestando serviços para a Secretaria Estadual de Saúde mediante convênio. De posse dessa informação os leitos foram inclusos no estudo como leitos SUS. Assim, a soma dos leitos de UTI aos leitos gerais é um ajuste a fim de diferenciar os hospitais quanto ao *mix* de serviços, uma adaptação do que é proposto por Ozcan<sup>24</sup>.

**Inputs financeiros:** valor médio mensal recebido do SUS referente às internações cobradas no ano de 2011 e primeiro semestre de 2012. Essa variável tem sido comumente utilizada na aplicação da DEA, tendo como exemplo a pesquisa realizada por Calvo<sup>25</sup> no estado de Mato Grosso a fim de comparar a assistência hospitalar pública e privada.

Os *outputs* utilizados no primeiro modelo foram os seguintes.

**Internações e procedimentos de alta complexidade (PAC) realizados no período:** foi considerado o número médio mensal de internações SUS, somados ao número médio mensal de procedimentos de alta complexidade realizados para os pacientes internados durante o ano de 2011 e primeiro semestre de 2012. Estes dados foram obtidos junto ao SIH/SUS. Estes variáveis *outputs* são as mesmas utilizadas por Lobo *et al.*<sup>26</sup> ao analisar a eficiência dos hospitais de ensino no Brasil, diferenciado-se no fato de que nesta pesquisa as duas variáveis serão somadas e representarão um único *output* diferente do estudo de Lobo *et al.* que as utilizou separadamente. Essa variável “número de procedimentos de alta complexidade” está sendo utilizada como *proxy* de *case mix*, visto que segundo La Forgia e Couttolenc<sup>15</sup> esse ajuste é fundamental para a validade do modelo DEA e representa de forma aproximada a severidade ou complexidade dos casos, assim como indica utilização de um volume maior dos recursos. Essa é uma das formas possíveis de se realizar esse ajuste, sendo considerada a mais viável para esta pesquisa.

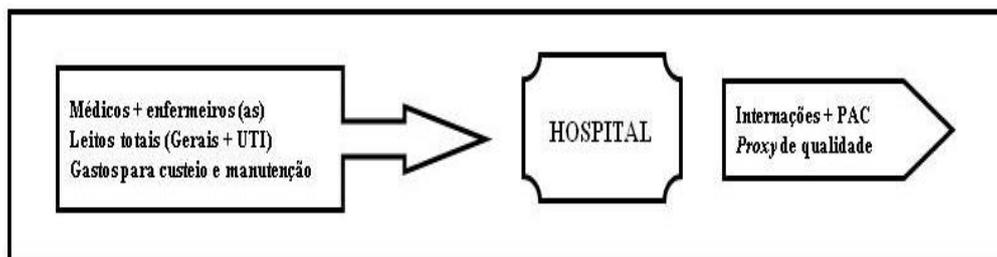
**Proxy de qualidade:** esse indicador é composto da nota em percentual obtida na verificação dos padrões de conformidade, satisfação dos usuários, pesquisa de condições de trabalho, itens oriundos da aplicação do instrumento do PNASS, e pelo inverso da taxa de mortalidade hospitalar SUS no ano de 2011

e primeiro semestre de 2012. A média desses indicadores forma o *proxy* (representante) aproximado da qualidade hospitalar. Lobo *et al.*<sup>8</sup> sugerem na avaliação de Hospitais Universitários a inserção dessa variável nos *outputs*, sendo formado pelo *score* de satisfação dos usuários. Assim, decidiu-se pela criação de um indicador de qualidade mais completo, visto que os dados obtidos com a aplicação do instrumento do PNASS focam a qualidade em estrutura e processo, já a satisfação dos usuários e o inverso da taxa de mortalidade expressam a qualidade com foco nos resultados. Ressalta-se que em virtude de ser adotada a orientação a *output* e não se desejar maximizar a taxa de mortalidade foi utilizado o inverso da taxa de mortalidade, ou seja, maximizando-se o inverso, minimiza-se a taxa de mortalidade, aspecto importante para a qualidade. O inverso da taxa de mortalidade foi aplicado por Marinho<sup>27</sup> ao avaliar hospitais do município do Rio de Janeiro. Desse modo, ressalta-se que neste trabalho no *proxy* de qualidade não se limita a utilizar o *score* da satisfação dos usuários, mas um indicador mais completo, resultante da avaliação das diversas dimensões propostas pelo PNASS, expressando a qualidade sob a ótica de estrutura, processo e resultado.

O segundo modelo empírico de hospital proposto considera nos hospitais públicos, privados e filantrópicos todas as internações e não apenas aquelas realizadas para o SUS. Conforme se visualiza no Quadro 1, está também é uma opção utilizada, ou seja, ao invés de analisar apenas os serviços voltados para o SUS, analisa-se toda a produção do hospital.

Desse modo, o segundo modelo de hospital proposto para a aplicação da análise envoltória de dados aos hospitais estudados, pode ser visualizado na Figura 2.

**Figura 2.** Segundo modelo empírico de hospital



Os *inputs* e *outputs* para esse modelo ficaram assim definidos.

**Inputs de trabalho:** número de médicos e profissionais de enfermagem (superior, auxiliar e técnico), igual ao modelo anterior, considerando para a carga horária semanal o equivalente a tempo completo. Os dados necessários relacionados aos profissionais da enfermagem administrativos foram obtidos junto ao hospital durante a visita e os dados referente aos médicos obtidos junto ao Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde – CNES.

**Inputs de capital:** número de leitos SUS e não SUS. Diferente do modelo anterior utiliza o número de leitos totais e não apenas aqueles vinculados ao SUS, sendo somados a estes os leitos de UTI e isolamento, quando existentes. Percebeu-se também que em alguns hospitais estudados o número de leitos cadastrados no CNES encontrava-se desatualizado, em virtude disso, esse número foi obtido mediante contagem física dos leitos junto aos hospitais visitados a fim de eliminar essa distorção.

**Inputs financeiros:** gasto médio mensal para custeio e manutenção do hospital. Diferente do modelo anterior que considerava apenas os recursos oriundos do SUS, este modelo coletou junto aos hospitais públicos, privados e filantrópicos quanto foi gasto durante os meses do ano de 2011 e primeiro semestre de 2012 para o custeio e manutenção dos serviços. A adoção desse *input* se assemelha ao procedimento de Ferreira<sup>28</sup> ao aplicar a DEA na análise da eficiência dos departamentos regionais de saúde de São Paulo.

Os *outputs* utilizados no segundo modelo são os seguintes.

**Internações e procedimentos de alta complexidade (PAC) realizados no período:** considerou-se o número médio mensal de internações ocorridas durante o ano de 2011 e primeiro semestre de 2012, somado ao número médio mensal de procedimentos de alta complexidade realizados para os pacientes internados. Diferentemente do modelo anterior, foi considerado o total de internações e procedimentos de alta complexidade prestados para pacientes internados cobertos pelo SUS ou não. Estes dados foram coletados junto aos hospitais no momento da visita.

**Proxy de qualidade:** esse indicador é composto da nota obtida na verificação dos padrões de conformidade, pesquisa de condições de trabalho e inverso da taxa de mortalidade geral no ano de 2011 e primeiro semestre de 2012 dos pacientes cobertos pelo SUS ou não. Ressalta-se que nesse modelo foi eliminado o item “satisfação dos usuários” do *Proxy* de qualidade. Essa eliminação se deve ao fato da coleta de dados para apuração da satisfação haver sido realizada apenas com pacientes SUS e nesse modelo a análise se concentra nas internações de todos os pacientes. Assim, esse resultado não representa adequadamente a satisfação dos usuários como um todo.

Outra coisa de grande importância quando se aplica a DEA, é a definição da orientação a ser utilizada.

A orientação aplicada ao modelo DEA operacionalizado foi a *output*, sendo esta escolha justificada pelos seguintes fatores.

1. Nos hospitais públicos, que têm uma participação significativa na pesquisa, os gestores têm baixa governabilidade sobre os recursos humanos, o que inviabiliza a utilização da orientação a *input*. Em geral os servidores são concursados, dificultando a redução desse *input* que geralmente representa por volta de 60% dos gastos para custeio e manutenção.

2- O sistema de saúde brasileiro, principalmente o público, vive uma constante busca pela garantia de mais recursos visto que a necessidade por serviços de

saúde é sempre crescente diante de recursos limitados. Assim, segundo Ferreira<sup>28</sup> “não se considera factível pressupor a diminuição de recursos na área da saúde”. Para Marinho e Façanha<sup>6</sup>, a adoção do mesmo se justifica pelo fato de no caso dos hospitais, principalmente os públicos, seus principais insumos não poderem ser reduzidos facilmente.

3- Os hospitais são organizações que possuem altos custos fixos e que muitas vezes trabalham com capacidade ociosa. Assim, esse modelo pressupõe a maximização da utilização dos recursos disponíveis, reduzindo a capacidade ociosa.

Ressalta-se que o primeiro modelo de hospital (figura 1) é o mais comumente utilizado na literatura. Foi inserida uma inovação nesse modelo, que se refere ao componente qualidade na análise DEA conforme sugerido por Lobo *et al.*<sup>8</sup> e Marinho e Façanha<sup>6</sup> que chamam essa variável de *output* de qualidade. Ressalta-se que esta abordagem não foi encontrada na literatura com o formato proposto neste trabalho, podendo representar um diferencial para esta pesquisa.

O segundo modelo (Figura 2) incorporando na comparação o total de leitos SUS e não-SUS e de internações de pacientes SUS e não-SUS e ainda a utilização dos gastos para custeio e manutenção como *input* justifica-se pelas seguintes razões.

1- A utilização do *input* leitos SUS e do *output* internações SUS torna injusta a comparação, em desfavor dos hospitais públicos e alguns filantrópicos. O principal motivo é que geralmente com a mesma quantidade de pessoal (médicos e enfermeiros) utilizados como *input*, os hospitais privados também atendem os planos de saúde e os usuários particulares. No cadastro do CNES apenas os médicos podem ser cadastrados como prestador de serviço para o SUS ou não, já o restante da equipe é a mesma para o SUS e para os demais pacientes. Assim, a produtividade utilizada para a comparação é enviesada, pois os serviços prestados para o SUS representam apenas parte da produtividade. Por outro lado, a produtividade dos hospitais públicos utilizada representa a produtividade total dos profissionais.

2- A utilização dos gastos para custeio e manutenção em substituição às receitas oriundas do SIH/SUS é uma alteração realizada a fim de eliminar uma distorção que conspira em desfavor principalmente dos hospitais públicos na comparação com os privados e filantrópicos. Marinho e Façanha<sup>6</sup> classificam os *inputs* financeiros como os gastos gerais de custeio e manutenção. Está correto pelo fato de considerar todos os gastos, com exceção dos investimentos, no entanto, a experiência tem mostrado que ao considerar somente os recursos oriundos do SUS insere-se um viés, principalmente em hospitais públicos. Isso ocorre em virtude desses recursos não serem suficientes para o custeio e a manutenção, sendo necessário comprometer boa parte do orçamento com a saúde do município para o custeio e a manutenção dos hospitais. Num estudo realizado por Souza e Scatena<sup>29</sup>, verificou-se que num hospital público municipal de médio porte localizado no estado de Mato Grosso, as receitas oriundas do SUS representavam apenas 35% do custo mensal do hospital. Assim, a utilização do total dos gastos com custeio e

manutenção reduz essa distorção, embora o ideal fosse a utilização do custo contábil apurado para cada hospital. No entanto, essa informação é bastante difícil de ser obtida visto que é muito pequeno o número de hospitais no país que mantém sistemas de apuração de custos.

Ressalta-se que o segundo modelo é uma alternativa considerada hipoteticamente mais justa no que se refere à comparação do desempenho em função do tipo de prestador, tanto para os hospitais privados quanto para os públicos em virtude de eliminar distorções que podem comprometer a análise. Por isso seria de grande importância a comparação dos dois modelos, embora isso não tenha sido possível nesta pesquisa pela insuficiência nos dados disponíveis nos hospitais.

Desse modo, após definidas as variáveis *inputs* e *outputs* e coletados os dados, apenas o primeiro modelo empírico de hospital foi operacionalizado.

Após a alocação dos dados às variáveis, uma ferramenta de grande importância na análise prévia desses dados é a aplicada da correlação de Pearson.

Tal aplicação dá origem a uma matriz de correlação que possibilita verificar a relação existente entre as variáveis classificadas como *input* e *output*, de forma semelhante ao aplicado no estudo de Ferreira<sup>28</sup> (Tabela 1).

Ressalta-se que a matriz de correlação apresentada refere-se somente ao primeiro modelo, visto que na pesquisa mencionada, embora o segundo modelo tenha sido proposto não foi operacionalizado em virtude da insuficiência nos dados levantados.

**Tabela 1.** Matriz de correlação de Pearson entre inputs e outputs para o primeiro modelo empírico de hospital, Mato Grosso, 2011 e 2012

<i>Outputs</i>	<i>Inputs</i> – 2011			<i>Inputs</i> – 2012		
	Trabalh o	Capita l	Financeir o	Trabalh o	Capita l	Financeir o
Internações + PAC*	0,88	0,91	0,90	0,90	0,90	0,86
Proxy de qualidade	-0,77	-0,89	-0,57	-0,54	-0,81	-0,43

\*PAC – Procedimentos de alta

complexidade

Como evidenciado na Tabela 1, a matriz de correlação mostra correlação positiva forte entre os três *inputs* e o primeiro *output* (Internações + PAC) para

os dois períodos. Essa é uma conclusão bastante razoável, visto que os três *inputs* estão fortemente relacionados ao porte do hospital, ou seja, geralmente quanto maior o hospital, maior é o número de funcionários, leitos e o valor do faturamento SIH/SUS.

Quanto ao segundo *output* (*proxy* de qualidade), não é surpresa que apresente correlação negativa com os *inputs*, pois a análise dos dados referentes à qualidade dos hospitais evidenciou que existe uma relação inversa entre o porte dos hospitais e o *proxy* de qualidade. Assim, a matriz de correlação apenas quantifica o que fora anteriormente verificado.

Mesmo apresentando essa correlação negativa entre os *inputs* e o *proxy* de qualidade, a variável foi mantida no modelo porque embora seja negativa, a correlação existe e expressa a realidade dos hospitais selecionados, a qual não deve ser omitida.

Assim, a elaboração da matriz de correlação imprime uma análise quantitativa a fim de validar as variáveis *inputs* e *outputs* selecionadas.

Os *scores* de eficiência encontrados com a aplicação do modelo permitem comparar os hospitais quanto ao tipo de prestador (público, privado e filantrópico), verificando se existe diferença quanto à eficiência entre os tipos de prestador.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme já destacado no trabalho, a etapa da seleção das variáveis é uma fase de grande importância para a aplicabilidade e para a relevância dos resultados da análise envoltória de dados (DEA). Dentre os dois modelos empíricos de hospital apresentados, com diferentes combinações de *inputs* e *outputs*, o primeiro é o mais comumente encontrado na literatura, com a inovação da inclusão do *proxy* de qualidade, algo não encontrado em nenhuma outra pesquisa, embora algum autor tenha sugerido essa inclusão. Assim, esta proposta mostrou-se muito útil no processo de aplicação da análise envoltória de dados a hospitais, se destacando como uma inovação apresentada.

Com o segundo modelo, pretendia-se eliminar distorções verificadas no primeiro, no entanto, ao tentar obter os dados junto aos hospitais pesquisados, verificou-se que parte deles estavam indisponíveis, inviabilizando sua aplicação. No entanto, este trabalho ressalta a relevância do segundo modelo e recomenda futuras pesquisas com a finalidade de obter os dados e operacionalizá-lo, comparando os resultados com o segundo modelo. A limitação foi a impossibilidade de operacioná-lo, o que impediu de comprovar a viabilidade e a relevância do modelo e possivelmente sua superioridade em relação ao primeiro.

A realização desta pesquisa confirmou a importância e o desafio de selecionar as variáveis para aplicação da análise envoltória de dados em organizações hospitalares. Além da utilização da correlação de Pearson, o conhecimento da

realidade operacional dos hospitais é fator preponderante na avaliação das variáveis possíveis e de sua verdadeira relação com as entradas e saídas dos hospitais.

Ressalta-se que diante da grande limitação de recursos para o atendimento às necessidades de saúde da população, principalmente no que se refere à assistência hospitalar, a avaliação de eficiência pelo método DEA pode ser uma ferramenta de grande importância em iniciativas voltadas para a melhoria do desempenho dos hospitais do SUS.

## REFERÊNCIAS

1. Mendes EV. A organização da saúde no nível local. São Paulo: Hucitec, 1998.
2. Maximiano ACA. Teoria geral da administração. São Paulo: Atlas, 2006.
3. Padoveze CL. Sistemas de Informações Contábeis. São Paulo: Atlas, 2002.
4. Wolff LDG. Um modelo para avaliar o impacto do ambiente operacional na produtividade de hospitais brasileiros [Tese de Doutorado]. Florianópolis: Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.
5. Lins MPE, Meza LA. Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente do apoio à decisão. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2000.
6. Marinho A, Façanha LO. Hospitais universitários: avaliação comparativa de eficiência técnica. [texto para discussão nº. 805]. Rio de Janeiro, IPEA, 2001.
7. Ligarda J, Ñaccha M. La eficiencia de las organizaciones de salud a través Del análisis envoltente de datos. Microrredes de La Dirección de Salud IV Lima Este 2003. An Afc Med Lima, 64 (2), 2006.
8. Lobo MSC, Lins MPE, Silva ACM, Fiszman R. Avaliação de desempenho e integração docente-assistencial nos hospitais universitários. Revista de Saúde Pública 2010; 44(4):581-90.
9. Gonçalves AC. Definição das restrições aos pesos em análise envoltória de dados (AED) por correlação canônica e regressão linear [Tese de Doutorado]. Rio de Janeiro: Instituto Alberto Luiz Coimbra de pós-graduação e pesquisa em engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.
10. Ferreira CMCF, Gomes AP. Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações. Viçosa, 2009.

11. Casa Nova SPC. Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis. [Tese de doutorado] Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.
12. Pena CR. Um Modelo de Avaliação da Eficiência da Administração Pública através do Método análise envoltória de dados (DEA). Revista de Administração Contemporânea, Curitiba, v. 12, n. 1, 2008.
13. Lins MPE, Lobo MSC, Silva ACM, Fiszman R, Ribeiro VJP. Utilização da análise envoltória de dados (DEA) para a avaliação de hospitais universitários brasileiro. Ciência & Saúde Coletiva, 12(4):985-998, 2007.
14. Charnes A, Cooper WW, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.
15. La Forgia G, Couttolenc BF. Desempenho hospitalar no Brasil: em busca da excelência. São Paulo: Singular, 2009.
16. Lobo MSC, Lins MPE. Avaliação da eficiência dos serviços de saúde por meio da análise envoltória de dados. Cad. Saúde Coletiva, 19 (1): 93-102. Rio de Janeiro, 2011.
17. Mariano EB, Almeida MR, Rebelatto DAN. Princípios básicos para uma proposta de ensino sobre análise envoltória de dados. Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006.
18. Bandeira DL. Análise da eficiência relativa de departamentos acadêmicos – o caso da UFRGS. [Dissertação de mestrado]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.
19. Panepucci GTM. Avaliação de desempenho dos departamentos acadêmicos da UFSCAR utilizando análise envoltória de dados – AED. [Dissertação de mestrado]. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2003.
20. Encinas R. Oportunidades de aplicação da análise envoltória de dados em auditorias operacionais do Tribunal de Contas da União. [TCC de especialização em orçamento público]. Controladoria Geral da União. Brasília, 2010.
21. Fitzsimmons JA, Fitzsimmons M J. Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia da informação. 4. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
22. Tobar F. Como fazer teses em saúde pública: conselhos e ideias para formular projetos e redigir teses e informes de pesquisas. Rio de Janeiro. Editora Fiocruz, 2001.
23. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Regulação, Avaliação e Controle. Caderno do Programa Nacional de Avaliação dos Serviços de Saúde - PNASS. Brasília, DF, 2004.

24. Ozcan YA. Efficiency of hospital service production in local markets: the balance sheet of U.S. medical armament. *Socio-Economic Planning Sciences*. 1995;29(2):139-150.
25. Calvo MCM. Hospitais públicos e privados no Sistema Único de Saúde no Brasil: O mito da eficiência privada no estado de Mato Grosso em 1998. [Tese de doutorado] UFSC, Florianópolis, 2002.
26. Lobo MSC, Silva ACM, Lins MPE, Fizman R, Bloch KV. Influência de fatores ambientais na eficiência de hospitais de ensino. *Epidemiol. Serv. Saúde*, 20(1):37-45. Brasília, 2011.
27. Marinho A. – Avaliação da eficiência técnica nos Serviços de Saúde dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro. [texto para discussão nº. 842]. Brasília, IPEA, 2001.
28. Ferreira MP. Assistência à saúde nos Departamentos Regionais de Saúde: um exercício metodológico sobre eficiência e acesso aos serviços de saúde. [Tese de doutorado]. Faculdade de Medicina. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.
29. Souza PC, Scatena JHG. É economicamente viável regionalizar a atuação de um hospital público de médio porte? *Physis Revista de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, 20 [2]: 571-590, 2010.

---

**Recebido:** 29 setembro 2017. **Publicado:** 16 outubro 2017

**Correspondência:** Paulo Cesar Souza. **E-mail:** paulobbg@unemat.br

**Conflito de Interesses:** os autores declararam não haver conflito de interesses