

ARTIGO ORIGINAL
ORIGINAL ARTICLE

Utilização de fronteiras não-paramétricas para avaliação da eficiência técnica: o caso dos hospitais públicos portugueses

Using nonparametric frontiers for technical efficiency evaluation: the case of Portuguese public hospitals

Diogo Cunha Ferreira¹, Alexandre Morais Nunes²

DOI: 10.21115/JBES.v9.n3.p316-23

Palavras-chave:

eficiência técnica, hospitais públicos portugueses, fatores exógenos, ordem- α

Keywords:

technical efficiency, Portuguese public hospitals, environment, order- α

RESUMO

Objetivo: Os hospitais públicos em Portugal apresentaram nos últimos anos uma melhoria dos seus resultados em termos de assistência. Porém, poucas têm sido as avaliações realizadas no âmbito do seu desempenho. Este estudo procura determinar a eficiência dos hospitais públicos em Portugal. **Métodos:** Este estudo considerou duas alternativas de modelos não paramétricos bidirecionais, baseados em Análise Envoltória de Dados e em Ordem- α . A utilização de ambos os modelos visa a validação da robustez dos resultados. Usaram-se quatro tipos de variáveis: custos totais, número de doentes atendidos ajustados ao risco, qualidade do serviço prestado, e o ambiente externo (demografia e epidemiologia). Com referência ao ano 2016, consideraram-se 27 hospitais e centros hospitalares públicos portugueses. **Resultados:** O nível de ineficiência médio, apenas para hospitais ineficientes, é aproximadamente 10%, correspondendo a cerca de €617 milhões desperdiçados. **Conclusões:** Os níveis de ineficiência variam conforme os modelos apresentados. A avaliação do desempenho deve considerar fatores como a presença de *outliers*, o número de variáveis, as condições externas desfavoráveis, bem como as características das fronteiras de eficiência. Um aspeto importante corresponde à convexidade da fronteira. Conclui-se que a melhor solução para avaliar o desempenho hospitalar é a abordagem por Ordem- α .

ABSTRACT

Objective: Portuguese public hospitals have exhibited an improvement of resources management in the past few years. However, only few analyses over their performance have been done. This study aims at find technical efficiency levels of Portuguese public hospitals using robust methods. **Methods:** This study has considered two different nonparametric alternatives for efficiency assessment. These methods are based on the Data Envelopment Analysis and on the Order- α frameworks. Four main variable categories were used: total expenses, risk-adjusted treated patients, delivered healthcare services' quality, and the epidemiologic and demographic conditions in which hospitals operate. A sample of 27 Portuguese public hospitals and hospital centres was used. Data regards the year of 2016. **Results:** Inefficient hospitals exhibit average technical inefficiency levels of about 10%, which corresponds to the waste of nearly €617 million. **Conclusions:** Inefficiency levels have a strong dependence on model features. Hence, performance evaluation should account for the existence of potential outliers, the number of variables, the existence of external factor affecting the hospitals' production process, as well as the characteristics of the achieved frontiers. An important aspect is the assumption of convexity of the frontier. A better solution for hospital performance assessment is, then, the Order- α method.

Recebido em: 01/11/2017. Aprovado para publicação em: 23/02/2017.

1. Mestre e licenciado em Engenharia Biomédica pelo Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa. Investigador no CESUR, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa. Bolsheiro de doutoramento em Engenharia e Gestão, com financiamento pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, referência SFRH/BD/113038/2015.

2. Doutor em Administração da Saúde. Professor Auxiliar Convidado do Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas da Universidade de Lisboa. Investigador do Centro de Administração e Políticas Públicas (CAPP), ISCSP, ULisboa, Portugal.

Financiamento: Não houve recebimentos de financiamento ou equipamento.

Autor correspondente: E-mail: diogo.cunha.ferreira@tecnico.ulisboa.pt / E-mail: alexandre.nunes@iscsp.ulisboa.pt/alexandre.nunes@ms.gov.pt

Introdução

A atual crise econômico-financeira nos países do sul da Europa coloca em causa a sustentabilidade financeira dos seus serviços públicos de saúde, deixando em risco a garantia da manutenção da qualidade de vida da grande maioria das suas populações, pelo que assegurar a sua preservação pode ser visto como um investimento a médio-longo prazo já que populações mais saudáveis são *a priori* mais produtivas (Nunes, 2016).

Portugal foi um dos países do sul da Europa mais afetados pela crise internacional e que solicitou apoio financeiro externo, por via do Fundo Monetário Internacional, do Banco Central Europeu e da Comissão Europeia com um resgate aproximado de 81 mil milhões de euros.

Em Portugal, a saúde é um dos setores com maiores despesas cerca de 9 mil milhões de euros anuais, mas também é um dos mais solidários e sociais pois o acesso à saúde é universal (para todos os cidadãos) e geral (para todas as necessidades em saúde). Entre as várias unidades de assistência em saúde, desde a existência do Serviço Nacional de Saúde, os hospitais públicos são os principais consumidores de recursos, muitas das vezes sem controlo e de forma pouco eficiente (Nunes, 2016).

Por esse motivo, os hospitais públicos portugueses foram alvo de intensas reformas nos últimos anos, desde logo por um rompimento com o modelo burocrático weberiano que gerou elevada despesa pública e fraca produção (Campos & Simões, 2011; Simões, 2004a) e, com a adoção da *New Public Management* que promoveu a adoção de novas regras que caracterizam o sector privado e permitiu a concessão dos hospitais públicas a grupos privados com recurso a parcerias (Nunes & Harfouche, 2015).

Dessa transformação resultou também um marco inovador que foi a introdução de um processo de empresarialização das unidades hospitalares, no qual as unidades hospitalares adotaram regras de gestão empresarial e focaram a procura de uma maior eficiência na utilização dos recursos com vista à salvaguarda da qualidade (Nunes, 2017).

Pelo exposto, importa cada vez mais avaliar o desempenho das entidades de saúde por forma a detectar possíveis desvios aos valores de consumos e de produção considerados ótimos para as mesmas. Esses desvios, ditos ineficiências técnicas, são fontes de desperdícios de recursos que se observam cada vez mais raros em economias fragilizadas pela crise (Ferreira & Marques 2015). Ou seja, é necessário saber onde estes recursos estão a ser gastos indevidamente (de forma ineficiente e ineficaz) para que se possa actuar em conformidade e aplicar medidas para uma melhor gestão dos recursos, evitando o desperdício.

Vários têm sido os estudos aplicados à avaliação do desempenho do sistema público de saúde português.

A grande maioria destes estudos centra-se na aplicação de metodologias de fronteira não-paramétricas para aquele fim. Quer isso dizer que não é definida nenhuma forma funcional da fronteira na qual são projectados os hospitais em análise para efeitos do cálculo da eficiência técnica. Destas metodologias a mais conhecida e utilizada é, sem dúvida, a metodologia de *Data Envelopment Analysis* (DEA) (Charnes et al. 1978; Hollingsworth 2003). Embora a mesma apresente claras vantagens sobre as metodologias paramétricas, esta não é totalmente livre de problemas.

A DEA é sensível a efeitos de pontos extremos, outliers, ao número de variáveis em análise, e não permite a inclusão directa e correcta de variáveis externas. Por estas razões é possível afirmar que existe um certo enviesamento (biasing) nos resultados obtidos pelos estudos já publicados. Assim sendo, propõe-se a utilização da metodologia não-paramétrica bidireccional ordem- α , a qual é capaz de ultrapassar os problemas da DEA anteriormente mencionados (Aragon et al. 2005; Daraio & Simar 2007a; Bădin et al. 2012). Para efeitos de comparação, utiliza-se também a *directional distance function radial* que deriva do modelo envoltório da DEA, sendo mais geral do que esta (Ferreira & Marques 2016b). Estas metodologias serão descritas na secção 2 (Métodos) e aplicadas ao caso português na secção 3 (Caso de Estudo: os hospitais públicos portugueses). A secção 4 conclui este documento, apresentando algumas considerações e recomendações de considerável impacto no sector público da saúde em Portugal.

O presente estudo tem por objetivo avaliar os resultados de eficiência dos hospitais públicos portugueses fazendo assim uma avaliação das reformas implementadas, para tal se recorreu a uma metodologia não-paramétrica bidireccional.

Estado da arte

Em Portugal destacam-se vários estudos com recurso à metodologia DEA, onde se destacam os trabalhos do Tribunal de Contas (2006), Harfouche (2008, 2012), Giraldes e Amado (2009), Simões e Marques (2011), Rego (2011), Ferreira e Marques (2015), e Nunes (2016).

O Tribunal de Contas em 2006 realizou um estudo de avaliação da eficiência nos hospitais com o objetivo de comparar os resultados de desempenho entre os hospitais Sociedade Anónima (S.A.) e os hospitais do Setor Público Administrativo. O período de tempo foi definido entre 2002 e 2004 e recorreu-se à metodologia *Data Envelopment Analysis*. As variáveis selecionadas foram: o custo total com o internamento, o número de episódios de urgências, número de consultas, o número de sessões em hospital de dia (prestação em regime de ambulatório). Nas conclusões do Tribunal de Contas constatou-se um agravamento dos resultados de eficiência nos hospitais que permaneceram no Sector Público Admi-

nistrativo e uma melhoria, ainda que pouco significativa, nos hospitais que adquiriram o estatuto de empresa pública.

Em 2008, Harfouche comparou os resultados de produção realizada (número de doentes saídos do internamento, número de cirurgias realizadas, número de episódios de urgência, número de sessões de hospital de dia, número de consultas externas), com os custos realizados por linha de atividade. Recorrendo ao modelo DEA comparou o desempenho dos hospitais do Setor Público Administrativo (S.P.A.) com os Hospitais Sociedade Anónima. Nas suas conclusões, a autora concluiu que a eficiência nos hospitais Sociedade Anónima vai aumentando ao longo dos anos, gerando um maior diferencial relativamente aos hospitais que permaneceram no Setor Público Administrativo. Quatro anos mais tarde, a mesma autora deu continuidade ao seu estudo integrando na comparação os hospitais empresa (hospitais E.P.E.). Também com recurso à DEA comparou as unidades hospitalares num médio prazo (2005-2009). Nas suas conclusões verificou que se registou um maior diferencial de eficiência entre os hospitais que adotaram práticas de gestão empresarial em relação aos que ficaram com o modelo do setor público, confirmando assim os efeitos positivos esperados pela opção política tomada em Portugal.

Em 2008 foi também realizado um estudo por Giraldes e Amado que recorrendo também à DEA relacionaram os custos dos hospitais com a produção efetivamente realizada e com indicadores de qualidade para o período temporal de 2005 e 2008. Os resultados comprovaram que a adoção da gestão empresarial teve significado na melhoria da eficiência (com aumento da atividade assistencial e uma diminuição de custos) e da qualidade (menor taxa de reclamações e menor número de complicações para os utentes).

Em 2011, Simões e Marques compararam os resultados de eficiência dos hospitais que integraram práticas de gestão empresarial com os hospitais que permaneceram no modelo de gestão público e ainda avaliaram as vantagens da constituição de centros hospitalares. A análise levou em conta os custos operacionais e o número de atividades profissionais realizadas (consultas externas, número de empregados, o número de pacientes, e o número de urgências). Nas conclusões, os autores constataram que os resultados de eficiência em curto prazo, em ambos os casos em estudo, não foram superiores, não ocorrendo melhorias significativas na aplicação de práticas empresariais mas sim ainda muitas ineficiências.

Mais recentemente, Ferreira e Marques (2015) publicaram no conceituado *European Journal of Health Economics* os resultados referentes à avaliação do desempenho dos hospitais portugueses, dividindo-os por três *clusters*, cada um referente aos diferentes sectores em que estavam inseridos (S.P.A., S.A. e E.P.E.). Para efeitos de comparação dos *clusters* foi usado o método ordem- m que origina uma fronteira

não paramétrica parcial e que, por isso, é mais robusta que a fronteira originada pela DEA. Foram utilizados cinco modelos distintos: três para as diferentes valências hospitalares (internamentos, consultas externas e urgências) e dois para modelarem o hospital como um todo. Para esse efeito foram considerados os custos desagregados como inputs e a produção respetiva de cada serviço como outputs. Para garantir uma correta e equitativa comparação entre os hospitais, foram ainda usadas algumas variáveis externas (ambientais), como sendo a densidade populacional, o poder de compra, o índice de longevidade e a taxa de morbilidade. Os autores concluíram assim que os hospitais que transitaram para o regime empresarial apresentaram maior consistência a nível da eficiência mas menores níveis de produtividade. Aliás, os hospitais S.A. eram sempre dominados pelas demais entidades. Ainda assim, é sempre possível encontrar boas práticas em cada um dos grupos analisados. Em geral, quanto maior a autonomia face ao Ministério da Saúde, menores são os índices de produtividade.

Em 2016 e com uma visão de médio longo prazo da reforma, Nunes (2016) realizou um estudo com recurso à metodologia DEA, no qual avaliou os resultados de eficiência com as reformas na gestão hospitalar implementadas em Portugal. Como indicadores foram usados todos os custos das unidades hospitalares (custos com pessoal, custo com consumos, custos com infraestruturas, custos de investimentos, entre outros) e toda a produção realizada (número de pacientes internados, número de cirurgias, número de situações de emergência, número de sessões em hospital de dia e número de consultas realizadas). Nas suas conclusões, o autor observou que a eficiência nas unidades empresariais aumentou gradualmente ao longo do tempo.

Métodos

O presente trabalho utiliza a metodologia não-paramétrica *conditional and bidirectional order- α* (CBO- α) para avaliação da eficiência dos hospitais públicos portugueses, doravante designados por DMUs (*Decision Making Units*).

A CBO- α determina uma fronteira empiricamente. Esta fronteira segue os pressupostos de (a) não-convexidade¹ e (b) rendimentos variáveis de escala². Sejam $X \in \mathbb{R}_{n \times m}^+$ e $Y \in \mathbb{R}_{n \times s}^+$ os conjuntos de m recursos (financeiros ou não) e de s produtos observados pelas n DMUs da amostra. Designe-se por $(x_0, y_0) \in \{X, Y\}$ a DMU sobre a qual se pretende determinar a eficiência técnica. A CBO- α determina uma fronteira de modo empírico, fixando (1) a probabilidade $1 - \alpha$

1 Uma fronteira não-convexa é consistente mesmo que a tecnologia apresente evidências de convexidade.

2 O pressuposto de rendimentos variáveis de escala garante que cada DMU₀ só é comparada a DMUs que operem em escalas de operações semelhantes à da DMU₀.

de se observarem DMUs acima da fronteira e, por isso, super-eficientes e eventualmente *outliers*, bem como (2) o vector director $\vec{d} = (-d_x, d_y) \in \mathbb{R}_{1 \times (m+s)}^+$ que impõe a direcção da projecção de cada DMU na fronteira. Por norma, impõe-se $\vec{d} = (-x_0, y_0)$ ou $\vec{d} = (-\vec{1}, \vec{1})$ (Ferreira & Marques, 2016b).

A escolha do parâmetro α depende dos objectivos de investigação (Daraio & Simar, 2007b; Daraio & Simar, 2007a; Bădin et al. 2012; Daraio & Simar, 2014): se se pretender o cálculo de eficiência técnica e, simultaneamente, admitir a existência de potenciais *outliers*, selecciona-se α próximo de 1; se, por outro lado, se pretender investigar o efeito de variáveis externas no desempenho, selecciona-se a fronteira mediana, i.e. $\alpha = 0.50$. Para este estudo, seleccionou-se $\alpha = 0.99$.

Admitindo que existe impacto de q variáveis externas, $Z \in \mathbb{R}_{n \times q}^+$ no desempenho dos hospitais, é ainda necessário definir *a priori* uma função *kernel*, K , que funcione como uma função densidade de probabilidade, e uma largura de banda, h , que sirva de *triggering parameter*. Se z_0 designar os valores das variáveis externas à DMU (x_0, y_0) , então K determina as DMUs que operem nas mesmas condições ambientais que (x_0, y_0) , de tal modo que $|Z - z_0| \leq h$. Geralmente K é uma *compact support-based function*, i.e. $K > 0$ se $|Z - z_0| \leq h$ e $K = 0$ caso contrário. Partindo então destes pressupostos e da transformação $(\tilde{X}, \tilde{Y}) = (X/d_x, Y/d_y)$, o valor da eficiência calculado pela metodologia CBO- α é dado pela equação (1), (Daraio & Simar, 2014).

$$\beta_{\alpha,z,h} = \log \left\{ \begin{array}{ll} \mathcal{W}_{(k)}^{xy} & \text{if } \ell_k > 1 - \alpha \geq \ell_{k+1} \\ \mathcal{W}_{(n)}^{xy} & \text{if } \ell_n > 1 - \alpha \geq 0 \end{array} \right\}$$

$$(1) \quad \text{Onde: } \ell_{k+1} = \frac{\sum_{j=k+1}^n K((Z_{[j]}^{xy} - z_0)/h)}{\sum_{i=1}^n K((Z_i - z_0)/h)}$$

$\mathcal{W}_{(k)}^{xy}$ é a estatística de ordem k de \mathcal{W}^{xy} , $Z_{[j]}^{xy}$ é a observação Z correspondente à estatística de ordem j de \mathcal{W}^{xy} tal que $\mathcal{W}_{(1)}^{xy} \leq \mathcal{W}_{(2)}^{xy} \leq \dots \leq \mathcal{W}_{(n)}^{xy}$ e:

$$\mathcal{W}^{xy}(\tilde{X}, \tilde{Y}) = \min \left\{ \min_{i=1, \dots, m} \left\{ \frac{\tilde{x}_{0i}}{\tilde{X}_i} \right\}, \min_{r=1, \dots, s} \left\{ \frac{\tilde{Y}_r}{\tilde{Y}_{r0}} \right\} \right\}$$

(2)

A DMU (x_0, y_0) é tecnicamente eficiente relativamente à fronteira de ordem α se $\beta_{\alpha,z,h} = 0$, ineficiente se $\beta_{\alpha,z,h} > 0$ e super-eficiente se $\beta_{\alpha,z,h} < 0$. É necessário ter em conta que os valores de $\beta_{\alpha,z,h}$ não correspondem a um valor de eficiência radial, como a literatura da especialidade costuma usar, mas corresponde antes a uma distância. Nesse sentido e para ultrapassar esse inconveniente, é possível calcular os valores *target* para cada variável X e Y , como se segue:

$$\begin{cases} x_0^* = x_0 - \beta_{\alpha,z,h} d_x \\ y_0^* = y_0 + \beta_{\alpha,z,h} d_y \end{cases}$$

(3)

Note-se que: (1) se a DMU (x_0, y_0) for tecnicamente eficiente, então $\beta_{\alpha,z,h} = 0$, resultando da equação (3) que $x_0^* = x_0$ e $y_0^* = y_0$, ou seja, a DMU é o seu próprio *target*; e (2) se (x_0, y_0) for tecnicamente ineficiente, $\beta_{\alpha,z,h} > 0$ pelo que $x_0^* < x_0$ e $y_0^* > y_0$, dado que existe uma outra DMU que produz mais *outputs* consumindo menos *inputs*. Posteriormente usa-se uma função de agregação, f . Assim sendo, a eficiência técnica radial vem dada pela equação (4) (Ferreira & Marques, 2016a).

$$\varepsilon_{\alpha,z,h}(x_0, y_0) = f\left(\frac{x_0^*}{x_0}\right) / f\left(\frac{y_0^*}{y_0}\right)$$

(4)

Se $\vec{d} = (-x_0, y_0)$, a equação (4) reduz-se a $\varepsilon_{\alpha,z,h}(x_0, y_0) = (1 - \beta_{\alpha,z,h}) / (1 + \beta_{\alpha,z,h})$.

Por outro lado, se $\vec{d} = (-\vec{1}, \vec{1})$, então:

$$\varepsilon_{\alpha,z,h}(x_0, y_0) = f\left(1 - \frac{\beta_{\alpha,z,h}}{x_0}\right) / f\left(1 + \frac{\beta_{\alpha,z,h}}{y_0}\right)$$

Os resultados podem ser sensíveis à escolha do vector director, \vec{d} , bem como da função de agregação, f . Para este estudo, considera-se $\vec{d} = (-\vec{1}, \vec{1})$ para permitir que a contracção dos *inputs* ocorra à mesma taxa de expansão dos *outputs* e dos *outcomes*. A média truncada a 10% é considerada para o lugar de f .

Pela equação (4), se a DMU (x_0, y_0) for tecnicamente eficiente, $x_0^* = x_0$ e $y_0^* = y_0$, pelo que $\beta_{\alpha,z,h} = 0 \Rightarrow \varepsilon_{\alpha,z,h}(x_0, y_0) = 1$. De igual modo, se (x_0, y_0) for tecnicamente ineficiente, $x_0^* < x_0$ e $y_0^* > y_0$, levando a $\beta_{\alpha,z,h} > 0 \Rightarrow \varepsilon_{\alpha,z,h}(x_0, y_0) < 1$.

Para o presente caso de estudo não há interesse em avaliar o efeito individual de cada uma das variáveis exógenas (ambientais), mas é possível determinar *a priori* se há a esperar algum efeito dessas variáveis. Isso é conseguido comparando os valores de $\varepsilon_{\alpha,z,h}$ e $\varepsilon_{\alpha,z,+\infty}$. No último caso admite-se que $h \rightarrow +\infty$ e que, por isso, a eficiência passa a ser não condicional, ou seja, sem dependência nas variáveis externas e admitindo que todas as DMUs da amostra operam nas mesmas condições. Por outras palavras, a eficiência não condicional é um caso particular do modelo CBO- α , em que se escolhe um valor de h tão elevado quanto possível.

Uma alternativa à CBO- α não condicional (i.e. $h \rightarrow +\infty$) é a *directional distance function*, daqui em diante designada por BDEA, que por sua vez é um caso geral da DEA. Ambas devolvem uma fronteira total (i.e. não parcial) convexa. A diferença reside no facto de que na DEA a orientação do modelo é auto-imposta, enquanto na BDEA essa orientação é definida pelo utilizador que escolhe o vector \vec{d} , tal como na CBO- α . Portanto, se compararmos a BDEA com a CBO- α nos pressupostos $h \rightarrow +\infty$ e $\alpha \rightarrow 1$, as diferenças devem-se somente

ao pressuposto da convexidade. O termo de eficiência da BDEA é calculado como se segue:

$$\beta = \max_{\lambda_j, \beta} \left\{ \beta \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ji} + \beta d_x \leq x_{0i}, i = 1 \dots m \\ -\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{jr} + \beta d_y \leq -y_{0r}, r = 1 \dots s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1 \dots n \end{array} \right. \right\}$$

(5)

Onde a barra vertical designa “sujeito às restrições à direita”. Da equação (5) torna-se evidente que os targets para cada DMU ineficiente são calculados tal como na equação (3). Assim sendo, os resultados quanto à ineficiência das DMUs tanto se aplicam à BDEA como à CBO- α , já que ambas devolvem valores de distâncias radiais direccionais.

Para a determinação da eficiência técnica dos hospitais públicos portugueses, recorreu-se à base de dados referente ao ano de 2016, sendo seleccionados 27 hospitais e centros hospitalares.

As variáveis escolhidas podem ser classificadas em quatro grandes grupos:

- *Inputs*, que contemplam os recursos consumidos pelos hospitais – neste trabalho, como único input consideraram-se os custos operacionais totais (X_i), que incluem as despesas com staff, despesas com material clínico e medicamentos, custos com outsourcing, entre outras despesas operacionais;
- *Outputs*, que mais não são do que a produção física dos hospitais, tendo neste trabalho sido considerado o número de doentes-padrão (i.e. ajustados pelo respetivo *case-mix*) atendidos, como único output (Y_1);
- *Outcomes*, que representam uma das categorias de qualidade de Donabedian (1966) e que incluem a taxa de primeiras consultas no total de consultas dentro do tempo máximo de resposta garantida, a taxa de cirurgias dentro do tempo máximo de resposta garantida, a taxa de reinternamentos até 30 dias depois da alta médica, a taxa de cirurgias à anca em idosos nas primeiras 48h, a taxa de úlceras de pressão em acamados, a taxa de septicémia no pós-operatório, a taxa de embolias pulmonares ou de trombozes venosas profundas no pós-operatório e a taxa de mortalidade para os níveis de severidade mais baixos;
- *Variáveis externas*, que englobam os fatores exógenos específicos da população afeta a cada hospital, incluindo informação demográfica e epidemiológica – para este trabalho, foram consideradas as variáveis densidade populacional, taxa de idosos, taxa de mortalidade infantil, incluindo casos de nados-mortos, taxa de iliteracia e poder de compra *per capita*.

Resultados

A Tabela 1 apresenta os resultados de eficiência para os dois modelos, I e II, e para os dois métodos-fronteira utilizados, CBO- α e BDEA. A Figura 1 evidencia as fronteiras totais convexa (tracejada) e não convexa (contínua) de eficiência para o modelo II. A fronteira total não convexa foi obtida com recursos ao FDH. Nesta figura e, com referência à DMU “Centro Hospitalar do Porto, EPE”, a seta tracejada representa a orientação da projecção na fronteira.

Discussão

De acordo com a Tabela 1 e com a Figura 1, são vários os resultados a reter:

- Dependendo do modelo utilizado, os níveis de ineficiência médios variam entre 9.97% (modelo I, CBO- α = 99%) e 16.82% (modelo II, BDEA), ou seja, os hospitais devem reduzir a despesa consumida em cerca de 10-17% e aumentar a produção bem como os níveis de qualidade na mesma proporção.
- De facto, os resultados aparentam possuir uma forte dependência com o modelo que é escolhido. Aplicando o teste de Friedman, para o qual H_0 : os resultados não dependem do modelo vs. H_1 : os resultados possuem dependência no modelo, apresenta $p \sim 10^{-11}$, o qual rejeita liminarmente a hipótese nula.
- Os modelos onde é assumida a convexidade apresentam os maiores níveis de ineficiência, o que é esperado visto que os hospitais ficam localizados mais longe da fronteira. Para verificar se a convexidade, de facto, apresenta influência nos resultados consideram-se os seguintes rácios: $R^{(I)} = \varepsilon^{(I)}(x_0, y_0) / \varepsilon_{\alpha, z, h}^{(I)}(x_0, y_0)$ e $R^{(II)} = \varepsilon^{(II)}(x_0, y_0) / \varepsilon_{\alpha, z, h}^{(II)}(x_0, y_0)$. Em ambos os casos, $R^{(c)} \leq 1$, e $\varepsilon^{(c)}(x_0, y_0)$ é calculado tal como na eq. (5) mas usando β para determinar os targets dos inputs e dos outputs. Assuma-se a distribuição normal da amostra de $r^{(c)} = R^{(c)} - 1$ e coloque-se como hipótese de teste $H_0: r^{(c)} = 0$ vs. $H_1: r^{(c)} < 0$. De acordo com o teste t , $p^{(I)} \sim 5 \times 10^{-6}$ e $p^{(II)} \sim 2 \times 10^{-6}$, ou seja, H_0 é rejeitada em qualquer modelo ao nível de 5% de significância. Por outras palavras, a convexidade tem um impacto significativo na eficiência determinada.
- Quanto menos variáveis forem utilizadas, também maiores serão, em geral, os níveis de ineficiência. Tal como na alínea c), definem-se os seguintes rácios: $R^{(CBO-\alpha)} = \varepsilon_{\alpha, z, h}^{(II)}(x_0, y_0) / \varepsilon_{\alpha, z, h}^{(I)}(x_0, y_0)$ e

Tabela 1. Resultados de eficiência técnica

Hospital	Modelo I CBO- α $\alpha = 0.99$	Modelo I BDEA	Modelo II CBO- α $\alpha = 0.99$	Modelo II BDEA
Hospital Espírito Santo de Évora, EPE	0.8697	0.8332	0.8462	0.7449
Centro Hospitalar do Algarve, EPE	1	0.8849	0.9172	0.8267
Centro Hospitalar Cova da Beira, EPE	1	0.7803	0.9766	0.7915
Centro Hospitalar de Leiria, EPE	1	0.9332	0.9446	0.8355
Centro Hospitalar do Baixo Vouga, EPE	0.8970	0.8328	0.9372	0.7925
Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, EPE	1	1	0.9730	0.9730
Centro Hospitalar Tondela-Viseu, EPE	1	0.9936	0.9770	0.8740
Hospital Distrital da Figueira da Foz, EPE	1	1	1	0.9224
Centro Hospitalar de São João, EPE	1	1	1	1
Centro Hospitalar do Alto Ave, EPE	0.9250	0.8401	0.8927	0.7908
Centro Hospitalar do Médio Ave, EPE	1	0.8627	0.8546	0.6535
Centro Hospitalar Entre Douro e Vouga, EPE	1	0.9193	0.7972	0.7781
Centro Hospitalar do Porto, EPE	1	0.9756	1	0.9770
Centro Hospitalar Póvoa de Varzim/Vila do Conde, EPE	1	1	1	1
Centro Hospitalar Tâmega e Sousa, EPE	1	1	1	0.8800
Centro Hospitalar Trás-os-Montes e Alto Douro, EPE	0.9343	0.9118	0.9351	0.8371
Centro Hospitalar Vila Nova de Gaia/Espinho, EPE	1	0.9228	1	0.9025
Hospital Santa Maria Maior, EPE	1	1	1	1
Centro Hospitalar Barreiro/Montijo, EPE	1	0.8365	1	0.7580
Centro Hospitalar de Lisboa Central, EPE	1	0.9833	1	0.9813
Centro Hospitalar de Lisboa Ocidental, EPE	1	0.9323	0.9732	0.9234
Centro Hospitalar de Setúbal, EPE	0.9251	0.7571	0.8136	0.7887
Centro Hospitalar Lisboa Norte, EPE	0.9464	0.9075	0.9311	0.9138
Centro Hospitalar Médio Tejo, EPE	0.7941	0.7603	0.7858	0.6590
Hospital Distrital de Santarém, EPE	0.9112	0.7726	0.8269	0.6930
Hospital Fernando da Fonseca, EPE	1	0.9350	1	0.8399
Hospital Garcia de Orta, EPE	1	0.9174	1	0.8260
Média	0.9705	0.9071	0.9401	0.8505
Média (só ineficientes)	0.9003	0.8806	0.8989	0.8318
Desvio-padrão	0.0519	0.0801	0.0711	0.1009

$R^{(BDEA)} = \varepsilon^{(II)}(x_0, y_0) / \varepsilon^{(I)}(x_0, y_0)$. Mas neste caso não é claro se a introdução ou redução de variáveis se traduz na alteração significativa da eficiência, pelo que se considera o seguinte teste – $H_0: R^{(\cdot)} = 1$ vs. $H_1: R^{(\cdot)} \neq 1$. O teste t devolve $p^{(CBO-\alpha)} = 0.0059$ e $p^{(BDEA)} \sim 3 \times 10^{-5}$, ou seja, a hipótese nula é rejeitada ao nível de significância habitual de 5%, independentemente do modelo utilizado. Uma vez que há dependência dos resultados e um número maior de variáveis pode trazer efeitos indesejáveis sobre os mesmos (*curse of dimensionality*), doravante optar-se-á pela análise dos resultados do modelo II.

- De acordo com os resultados da alínea d) e com o modelo BDEA, convexo, apenas três hospitais aparentam ser eficientes, os quais aparecem representados na Figura 1 sobre a fronteira: “Centro Hospitalar de São João, EPE”, “Centro Hospitalar Póvoa de Varzim/Vila do Conde, EPE” e “Hospital Santa Maria Maior, EPE”. Se a convexidade fosse ignorada, a fronteira passaria a ser tal como representado com as retas contínuas e o “Centro Hospitalar do Porto, EPE” passaria a ser tecnicamente eficiente porque está localizado sobre a fronteira não convexa. No entanto, considerando a fronteira parcial e admitindo a existência de 1% de possíveis

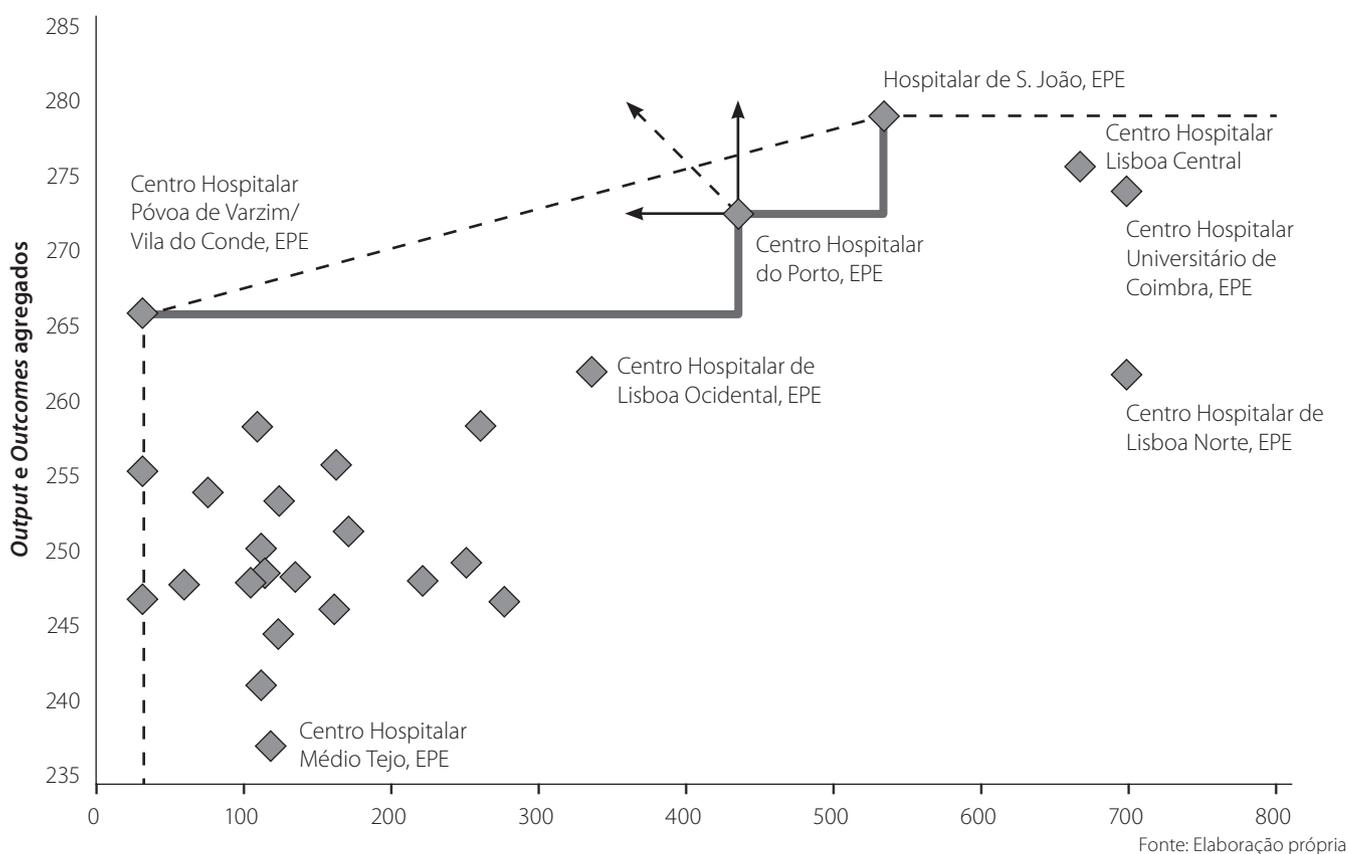


Figura 1. Representação das fronteiras de eficiência total e da posição relativa de cada hospital, modelo II.

outliers, chega-se à conclusão da existência de mais entidades eficientes, em particular o “Centro Hospitalar de Lisboa Central, EPE” que não se encontra sobre a fronteira. Tal como este, mais 10 hospitais são considerados tecnicamente eficientes dado possuírem um score de eficiência unitário. Nesse sentido, porque admitir convexidade pode trazer resultados sobrestimados e a não-convexidade é uma hipótese sempre consistente (Daraio & Simar 2007a), conclui-se que o melhor modelo é de facto o Modelo II – CBO- α com $\alpha = 99\%$. Assim sendo, o nível de ineficiência médio, apenas para hospitais ineficientes, é aproximadamente 10%, um valor próximo do encontrado na literatura. Observe-se que 10% dos recursos totais consumidos é cerca de 617 milhões de Euros desperdiçados devido à ineficiência.

- Note-se que é natural a existência de uma grande percentagem de entidades eficientes (11 em 27, ou ~41%) no Modelo II – CDO- α , já que os resultados são ajustados ao ambiente externo ao hospital. Na realidade, não é lícito calcular a eficiência de nenhum sistema sem ter em consideração estes aspetos, daí ser natural encontrar na literatura níveis de

ineficiência diferentes. Ignorar o ambiente exógeno sub/sobrestima os scores de eficiência, já que aquele pode afetar não só a distribuição de eficiência mas também a forma da fronteira (Bădin *et al.* 2012).

Conclusões e recomendações para pesquisas futuras

A grande parte dos estudos realizados sobre avaliação da eficiência nos hospitais em Portugal recorre à metodologia de DEA, pelo que não têm em conta a definição de uma forma funcional da fronteira de eficiência na qual são projetados os hospitais. Ainda assim, a DEA é sensível a efeitos de *outliers*, ao número de variáveis e não permite inclusão de variáveis externas. Por estes motivos, poderá existir um enviesamento nos resultados. De forma a ultrapassar alguns destes problemas, este artigo recorreu à aplicação de uma metodologia não-paramétrica bidirecional ordem α e da *directional distance function* radial.

Os níveis de ineficiência variam conforme os modelos apresentados, ou seja, há uma dependência direta entre o modelo selecionado e os resultados obtidos. Como exem-

plos, destaca-se o diferencial de eficiência verificado quando aplicados o modelo I, CBO e o Modelo II, BDEA, o qual permite identificar o impacto existente por parte da convexidade na determinação da eficiência, verificando-se mais uma vez a dependência direta entre o modelo e os resultados obtidos. O aumento do número de variáveis não reduz necessariamente os níveis de ineficiência, mas poderá trazer efeitos não desejáveis e por isso os resultados do modelo II (variáveis de *outputs* e *outcomes* são agregadas) têm maior significância.

No caso prático apresentado, o modelo BDEA convexo apenas considera 3 hospitais como eficientes. A inclusão da convexidade traz resultados subestimados, diminuindo significativamente o número de unidades aparentemente eficientes. Assim, mais um vez se verificam resultados mais fiáveis com o Modelo II, CBO que reconhece um desperdício (ineficiência de 10%) que atinge 617 milhões de Euros, valor este próximo do verificado na revisão da literatura.

Não há um modelo certo ou errado na avaliação da eficiência, como tal, o modelo CBO apresentado destaca-se pelo ajustamento ao ambiente externo do hospital que podem afetar sempre a distribuição de eficiência e no presente caso aumentou o número de unidades eficientes.

Este tipo de estudos e modelos de avaliação da eficiência é recomendado e necessário no futuro aos hospitais portugueses com dados sempre atualizados, validados e fidedignos à realidade, pois é através da boa avaliação da eficiência e consequentemente indo ao encontro da ineficiência que se consegue melhorar os resultados e gerar poupanças e uma adequada gestão de recursos subutilizados e desperdiçados que poderão ser alocados e dedicados ao aumento da produção.

Referências bibliográficas

- Aragon Y, Daouia A, Thomas-Agnan C. Nonparametric Frontier Estimation: A Conditional Quantile-Based Approach. *Econometric Theory*. 2005;21(2):358-89.
- Bădin L, Daraio C, Simar L. How to measure the impact of environmental factors in a nonparametric production model. *European Journal of Operational Research*. 2012;223(3):818-33.
- Charnes A, Cooper WW, Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*. 1978;2:429-44.
- Daraio C, Simar L. *Advanced Robust and Nonparametric Methods in Efficiency Analysis: Methodology and Applications*, NY, US: Springer US; 2007a.
- Daraio C, Simar L. Conditional nonparametric frontier models for convex and nonconvex technologies: a unifying approach. *Journal of Productivity Analysis*. 2007b;28(1):13-32.
- Daraio C, Simar L. Directional distances and their robust versions: Computational and testing issues. *European Journal of Operational Research*. 2014;237(1):358-69.
- Donabedian A. Evaluating the quality of medical care. *Milbank Quarterly*. 1966;83(4):166-206.
- Ferreira DC, Marques RC. Did the corporatization of Portuguese hospitals significantly change their productivity? *The European Journal of Health Economics*. 2015;16(3):289-303.
- Ferreira DC, Marques RC. Identifying congestion levels, sources and determinants on intensive care units: the Portuguese case. *Health Care Management Science*. 2016a; 1–28. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10729-016-9387-x>.
- Ferreira DC, Marques RC. Malmquist and Hicks–Moorsteen Productivity Indexes for Clusters Performance Evaluation. *International Journal of Information Technology and Decision Making*. 2016b;15(5):1015-53.
- Giraldes M, Amado C. A eficiência dos Hospitais em Portugal segundo a metodologia da DEA: Proposta de intervenção. 11ª Conferência Nacional de Economia na Saúde. Porto: Universidade Católica; 2009.
- Harfouche A. Hospitais transformados em empresas. Análise do impacto na eficiência: Um estudo comparativo. Lisboa: Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas (ISCSIP); 2008.
- Harfouche A. Opções políticas em saúde. Efeitos sobre a eficiência hospitalar. Coimbra: Edições Almedina; 2012.
- Hollingsworth B. Non-Parametric and Parametric Applications Measuring Efficiency in Health Care. *Health Care Management Science*. 2003;6(4):203-18.
- Nunes A, Harfouche A. A Reforma da Administração Pública Aplicada ao Setor da Saúde. *Revista de Gestão em Sistemas de Saúde*. 2015;4(2):1-8.
- Nunes A. Reformas na Gestão Hospitalar. Análise dos efeitos da empresarialização. Tese de Doutoramento. Lisboa: Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas da Universidade de Lisboa; 2016.
- Nunes A. Quatorze anos de empresarialização em Portugal. *Revista de Gestão em Sistemas de Saúde*. 2017;6(2):154-62.
- Rego G. Gestão empresarial dos serviços públicos. Uma aplicação ao sector da saúde. Porto: Vida Económica; 2011.
- Simões P, Marques RC. Performance and congestion analysis of the Portuguese hospital services. *Central European Journal of Operation Research*. 2011;19(1):39-63.
- Tribunal de Contas. Relatório global de avaliação do modelo de gestão dos hospitais do SEE. Período 2001-2004. Relatório n.º 20; 2006.