

Realocação de recursos em um sistema de bibliotecas universitárias: um estudo de caso na Universidade Federal de Ouro Preto

Resource reallocation in a university library system: a case study in the Federal University of Ouro Preto

Marcella Bernardo Papini¹ Matheus Alves Madeira de Souza² Lásara Fabrícia Rodrigues³ 

Resumo: O crescimento das universidades e aumento da quantidade de bibliotecas universitárias além da diminuição dos recursos disponíveis faz com que sejam necessários sistemas de medição de desempenho que permitam aos gestores avaliar a qualidade dos serviços prestados aos usuários e a utilização dos recursos. Uma ferramenta de medição de desempenho utilizada na avaliação de desempenho de bibliotecas (universitárias e públicas) é a Análise Envoltória de Dados (DEA). O presente estudo tem como objetivo desenvolver uma abordagem de apoio a tomada de decisão que permita a realocação de recursos entre as bibliotecas componentes do Sistema Integrado de Bibliotecas (SISBI) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) utilizando critérios embasados cientificamente. Para isso, empregou-se os modelos DEA BCC clássico e DEA BCC com ganhos de soma zero (DEA-GSZ BCC) orientados a *input*. No modelo DEA-GSZ BCC, optou-se pela redistribuição somente do *input* HOR (que representa a quantidade de horas trabalhada em cada biblioteca por dia), uma vez que não é justificável a redistribuição dos demais *inputs* relacionados com as coleções e edificações das bibliotecas. Os resultados obtidos indicam melhora no desempenho de bibliotecas ineficientes, além de aumento na eficiência global do sistema de bibliotecas em função do uso mais eficiente dos recursos.

Palavras-chave: Bibliotecas universitárias. Alocação de recursos. Análise Envoltória de Dados.

Abstract: The university growth and the increase in university libraries, in addition to the reduction of available resources, make necessary performance evaluation systems, that allow managers to assess the quality of services provided to users and the use of resources. A performance measurement tool used in the performance evaluation of libraries (university and public) is Data Envelopment Analysis (DEA). The present study aims to develop a decision support approach that allows the resource reallocation between the libraries of the Integrated System of Libraries (SISBI) of Federal University of Ouro Preto (UFOP) using scientifically based criteria. For this, BCC classic and BCC with input zero-sum gains (DEA-GSZ BCC) models were used. In the DEA-GSZ BCC model, we chose to redistribute only the HOR input (which represents the number of hours worked in each library per day), since the redistribution of the other inputs related to the collections and buildings of the libraries is not justifiable. The results suggest an improvement in the performance of inefficient libraries, as well as an increase in the overall efficiency of the library system due to the more efficient use of resources.

Keywords: University libraries. Resource allocation. Data Envelopment Analysis.

¹ Doutora, Universidade Federal de Ouro Preto, marcellabernardo.eng@gmail.com

² Graduado, Universidade Federal de Ouro Preto, maiije20@hotmail.com

³ Doutora, Universidade Federal de Ouro Preto, lasara@ufop.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Muitos esforços para aumentar o nível de educação da população brasileira têm sido realizados. Esses visam, principalmente, aumentar a qualidade da educação e o acesso a ela. Nesse sentido, pode-se citar a criação e ampliação de escolas e universidades públicas, melhoria em suas infraestruturas, aumento do número de professores e qualificação dos mesmos e investimentos em bibliotecas. Essas medidas representam investimentos elevados e são responsáveis por grande parte do orçamento do governo direcionado à educação. Entretanto, conforme mostrado na Pesquisa Sobre Educação realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), mesmo o Brasil tendo avançado em relação a educação nas últimas décadas, a situação deste campo ainda não é satisfatória.

Nesse contexto, as bibliotecas universitárias têm a função de atender os cursos e necessidades da Instituição Federal de Ensino Superior (IFES), sendo importantes não apenas no que tange a disseminação de conhecimento, mas, também, a sua respectiva produção. No entanto, por outro lado, elas apresentam um nível de sensibilidade elevado em relação a modificações efetuadas dentro da IFES da qual fazem parte como, por exemplo, no que diz respeito a criação ou fechamento de cursos, mudanças nas matrizes curriculares e na quantidade de usuários. Neste caso, uma gestão de recursos integrada e baseada em critérios técnicos pode atenuar os impactos causados dentro dos sistemas de bibliotecas. Porém, na maioria dos casos brasileiros, esse tipo de gerenciamento ocorre de maneira isolada e descoordenada.

De acordo com Carvalho et al. (2011), o exame sistemático do desempenho das bibliotecas é essencial. Sendo assim, avaliar esses sistemas contribui para melhorar o desempenho das bibliotecas, uma vez que possibilitam a disponibilização de informações necessárias para o gerenciamento desses sistemas. Além disso, para melhorar o gerenciamento e alocação de recursos, é necessário utilizar sistemas de medição de eficiência que possam analisar de maneira conjunta recursos e produtos, pois analisar apenas os primeiros ou os segundos não proporciona uma visão completa em relação ao desempenho do sistema.

De acordo com Chen (1997, p. 71), a “biblioteca universitária pode ser vista como uma empresa na qual os funcionários fornecem as condições de operação para converter vários recursos (*inputs*) para o aprendizado dos alunos e pesquisa dos professores (*outputs*)”. No entanto, conforme Ferreira e Gomes (2009), ao passo que a quantidade de insumos e produtos aumenta, torna-se cada vez mais difícil a avaliação do posicionamento competitivo/desempenho relativo de uma organização no que tange seu ambiente produtivo.

Sendo assim, surge a Análise Envoltória de Dados (DEA), uma ferramenta de estimação não paramétrica de eficiência, que pode ser aplicada a qualquer tipo de organização, sejam seus fins lucrativos ou não (STANCHEVA; ANGELOVA, 2004). A ideia principal desse método é a construção de uma fronteira formada por cada Unidade Tomadora de Decisão (*Decision Making Unit – DMU*) que se mostre eficiente ao ser comparada com as demais. Desse modo, as DMUs com níveis máximos de desempenho formarão um Conjunto Eficiente de Referência (*Efficiency Reference Set – ERS*), que será utilizado para a determinação da Fronteira de Eficiência. Portanto, são denominadas eficientes aquelas bibliotecas capazes de mostrar que determinadas atividades que desempenham tem um maior potencial de retorno do que aquelas realizadas pelas demais bibliotecas.

Ademais, de acordo com Sharma, Leung e Zane (1999), a DEA pode ser um importante artifício para uma boa gestão das bibliotecas, pois não apenas estima o desempenho de cada biblioteca em relação àquelas consideradas eficientes, como também calcula melhorias nos níveis de entradas e saídas em termos de uma combinação linear das bibliotecas eficientes. Dessa forma, os valores obtidos podem ser empregados para que se melhore o desempenho daquelas ineficientes. Isso significa que a DEA possibilita que se observe a relação (recursos e produtos) em uma biblioteca, levando-se em consideração o conjunto de bibliotecas amostradas.

Estudos que utilizam a Análise Envoltória de Dados para avaliar bibliotecas universitárias (CHEN, 1997; SHIM, 2003; REICHMANN, 2004; STANCHEVA; ANGELOVA, 2004; KAO; LIN, 2004; REICHMANN; SOMMERSGUTER-REICHMANN, 2006; REICHMANN; SOMMERSGUTER-

RECHMANN, 2010; SIMON; SIMON; ARIAS, 2011; NOH, 2011; CARVALHO et al., 2011; CARVALHO et al., 2012; SHAHWAN; KABA, 2013; CLARK, 2015) e bibliotecas públicas (VITALIANO, 1998; SHARMA; LEUNG; ZANE, 1999; HAMMOND, 2002; AKDEDE; KAZANCOGLU, 2006; HAMMOND, 2009; MIIDLA; KIKAS, 2009; DE WITTE; GREIS, 2011; LI; YANG, 2014; STROOBANTS; BOUCKAERT, 2015) podem ser encontrados na literatura. Em geral, esses estudos utilizam modelos DEA clássicos para avaliar a eficiência de bibliotecas. Já Reichmann e Sommersguter-Reichmann (2010) e Simon, Simon e Arias (2011) investigaram mudança na produtividade de bibliotecas utilizando o Índice de Malmquist. Não se tem conhecimento de estudos envolvendo modelos DEA-GSZ (com ganhos de soma zero) no contexto de sistemas de bibliotecas. Além disso, no caso brasileiro, foram encontrados poucos estudos (CARVALHO et al., 2011; CARVALHO et al., 2012) aplicando a Análise Envoltória de Dados para medir eficiência de bibliotecas.

Assim, o objetivo desse trabalho é desenvolver uma abordagem baseada no modelo DEA-GSZ BCC orientado a *inputs* (com ganhos de soma zero) para realocação de recursos em bibliotecas componentes do Sistema Integrado de Bibliotecas (SISBI) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Para isso, foi utilizada uma extensão do trabalho de Pinto e Rodrigues (2012) que estuda esse sistema de bibliotecas utilizando o modelo BCC clássico.

O trabalho, incluindo a introdução, está organizado em seis seções. A segunda e a terceira seções apresentam o referencial teórico em que se apoia esse trabalho. O estudo de caso do sistema de bibliotecas da UFOP e os resultados da aplicação do modelo DEA-GSZ BCC são apresentados na quarta seção. Por fim, na quinta seção estão reunidas as considerações finais do trabalho, seguido das referências que foram utilizadas nesse estudo.

2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A Análise Envoltória de Dados, apresentada inicialmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), é um método de estimação de fronteira Pareto-Koopman utilizado para mensurar a eficiência das chamadas DMUs. De acordo com Ferreira e Gomes (2009), a DEA utiliza modelos matemáticos não

paramétricos, ao invés de inferência estatística, medidas de tendência central, teste de coeficiente ou análise de regressão. Dentre outras vantagens desta técnica estão: não é necessário estabelecer relação funcional entre *inputs* e *outputs*; entradas e saídas podem ser utilizadas com unidades de medição diferentes, sem alteração nos resultados; o desempenho de cada DMU é obtido de forma individual; diferenças relacionadas a porte ou tamanho de DMUs podem ser tratadas por modelos que incorporem retornos variáveis de escala; mais de uma DMU pode atingir o nível máximo de eficiência e, para aquelas consideradas ineficientes, são apresentadas as DMUs referência (*benchmarks*); aplicabilidade a períodos distintos, sendo possível analisar a evolução de eficiência de cada organização ao longo do tempo. Desse modo, dado um conjunto de DMUs, a DEA é responsável por selecionar aquelas que desempenham seus respectivos papéis ou ações de maneira mais eficiente, agrupando-as em um ERS. Sendo assim, as unidades pertencentes ao ERS são aquelas que realizam o melhor gerenciamento de seus recursos, o que permite a utilização deste conjunto para que falhas e/ou disfunções sejam identificadas nas demais DMUs, o que pode acarretar a melhoria de atividades, processos e serviços.

Conforme Cooper, Seiford e Tone (2007), as técnicas de programação matemática empregadas na DEA permitem a manipulação de um grande número de variáveis e restrições. Isso faz com que essa ferramenta possa ser utilizada em diferentes setores como, por exemplo, educação (COOK et al., 2017), militar (BOWLIN, 1987), energia (XAVIER et al., 2015; AZADEH et al., 2015), agricultura (ANDRÉ; HERRERO; RIESGO, 2010) e cadeia de suprimentos (NIK FARJAM; ROSTAMY-MALKHALIFEH; MAMIZADEH-CHATGHAYEH, 2015).

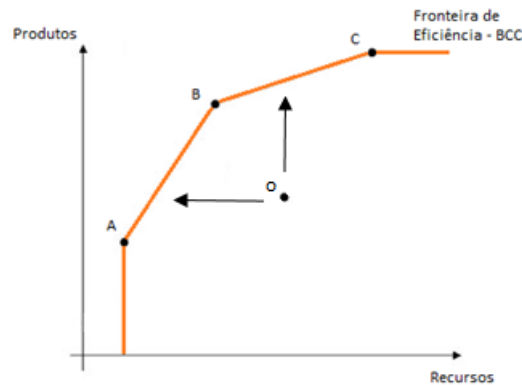
O modelo apresentado por Charnes, Cooper e Rhode (1978) foi o primeiro modelo DEA proposto e ficou conhecido como CRS (*Constant Returns to Scale*) ou CCR, em homenagem aos seus autores. Neste caso, considera-se que variações nas quantidades dos *inputs* são refletidas, de maneira proporcional, nos níveis dos *outputs*. No entanto, aspectos como competições imperfeitas, regulamentações governamentais, restrições financeiras, tamanho das organizações, etc., podem comprometer a aplicabilidade deste modelo.

Essas questões foram abordadas na modelagem proposta por Banker, Charnes e Cooper (1984), que adaptaram as formulações de Charnes, Cooper e Rhodes (1978) para tratar retornos variáveis de escala (*Variable Returns to Scale* – VRS). Tal formulação também ficou conhecida na literatura como BCC, em homenagem aos três autores que a propuseram.

Coelli et al. (2005) ressaltam que no caso da formulação BCC, cada DMU toma como *benchmark* apenas aquelas que apresentam tamanhos similares ao seu. Dessa forma, a projeção dessa DMU na fronteira de eficiência será obtida através de uma combinação convexa daquelas outras que integram seu ERS. Assim, conforme Mello et al. (2005), a fronteira deste modelo é linear por partes, como retratado na Figura 1, onde as DMUs eficientes A, B e C fazem parte do ERS e, conseqüentemente, da fronteira de eficiência ao se levar em consideração a DMUo ineficiente. Em se tratando desta última, ela pode atingir a fronteira de eficiência através da redução de seus recursos (deslocamento horizontal) ou a partir do aumento dos níveis de seus produtos (deslocamento vertical). Sendo assim, de acordo com Sherman e Zhu (2006), a relação entre *inputs (outputs)* e *outputs (inputs)* passa a definir o conceito de “eficiência”.

Nos casos onde busca-se um deslocamento horizontal (orientação a *inputs*), dois tipos de modelos para formulações BCC são comumente utilizados: o primal (envelope) e o dual (multiplicador). Esses modelos orientados a *input*, primal e dual, respectivamente, são retratados nos Modelos 1 e 2.

Figura 1 – Fronteira de Eficiência Modelo BCC



Modelo 1 (envelope)

$$\min h_o$$

Sujeito a

$$h_o x_{io} - \sum_{j=1}^s x_{ij} \lambda_j \geq 0 \quad i = 1, \dots, n$$

$$-y_{io} + \sum_{j=1}^s y_{rj} \lambda_j \geq 0 \quad r = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^s \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, s$$

Modelo 2 (multiplicador)

$$\max h_o = \sum_{r=1}^n u_r y_{ro} + u_s$$

Sujeito a

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{r=1}^n u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + u_s \leq 0 \quad j = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$$u_s \in R$$

Nesses modelos, h_o é a função objetivo, x_{ij} e y_{rj} (todos positivos) são os *inputs* i e *outputs* r de cada DMU $_j$, s é a quantidade de DMUs na amostra, v_i e u_r são os pesos dos *inputs* i e *outputs* r , λ_j são os alvos que permitem a análise da contribuição de cada DMU $_j$ (*benchmark*) para projeção da DMU analisada na fronteira eficiente, u^* é o fator de escala do modelo dual. Mello et al. (2005, p. 2528) afirmam que “um λ igual a zero significa que a DMU correspondente não é *benchmark* para a DMU em análise. Quanto maior for λ , maior a importância da DMU correspondente como referência para a DMU ineficiente”. Já o fator de escala u^* pode ser constante, crescente e decrescente. Os retornos crescentes ($u^* < 0$) ocorrem quando a empresa opera abaixo de sua capacidade ótima, assim aumento em recursos acarreta um aumento desproporcionalmente maior nos produtos. O retorno decrescente ($u^* > 0$) ocorre quando uma DMU está operando acima de sua capacidade ótima, então o aumento de recursos

ocasiona um aumento desproporcionalmente menor de produtos. Já o retorno constante ($u^* = 0$) ocorre quando a DMU está operando na sua capacidade ótima, logo o aumento de recursos causa um aumento proporcional nos produtos.

No Modelo 1, a função objetivo h_0 representa a eficiência e é o valor pelo qual os *inputs* da DMU_o devem ser multiplicados para que esta atinja a fronteira de eficiência. Em função disso, na orientação a *input*, este valor deve ser minimizado. Segundo Ferreira e Gomes (2009), a primeira restrição possibilita que a diminuição no valor dos *inputs* aconteça sem que a fronteira definida pelas DMUs eficientes seja ultrapassada. A segunda restrição assegura que a diminuição nos *inputs* aconteça mantendo os *outputs* constantes. A terceira restrição está associada ao modelo BCC admitir rendimentos de escala variáveis. E por fim, a quarta restrição garante a não negatividade dos alvos.

No Modelo 2, a primeira restrição está associada à linearização da modelagem fracionária e garante que o denominador da modelagem fracionária seja igual à unidade. A segunda restrição assegura que a diferença entre o numerador e o denominador (na modelagem fracionária) deva ser menor ou igual à zero, para que a eficiência varie entre zero e um. A terceira restrição está associada a não negatividade dos pesos e, por fim, a quarta restrição estabelece que o fator de escala pode assumir qualquer valor real.

3 Modelo BCC com ganhos de soma zero (DEA-GSZ BCC)

Os modelos DEA clássicos (CCR e BCC) assumem independência entre as DMUs de forma que a produção ou uso de recursos de uma DMU não interfira nas demais. Por outro lado, Gomes (2003) defende que situações como jogos olímpicos e servidores públicos não apresentam total liberdade de produção, por isso não podem ser tratados com os modelos clássicos. Assim, os modelos DEA com Ganhos de Soma Zero (DEA-GSZ) foram propostos para tratar estas situações.

Gomes, Mello e Lins (2004b) argumentam que nos modelos DEA-GSZ uma DMU ao buscar a fronteira de eficiência pela diminuição dos seus *inputs*

implicará às demais o aumento de suas respectivas entradas, de maneira que os recursos disponíveis sejam realocados. Segundo Gomes (2003), estes problemas de alocação de recursos surgem quando os níveis de *inputs* ou *outputs* são limitados para um determinado conjunto de organizações. Sendo assim, estas quantidades devem ser estabelecidas de maneira simultânea, buscando-se o aumento de desempenho com base nas limitações estabelecidas.

Além disso, “a medida de eficiência pode ser considerada como um índice de aproveitamento de insumos, e, sendo assim, pode ser usada para a alocação e re-alocação de recursos” (MELLO et al., 2006, p. 226). Logo, “devem-se alocar mais recursos para as unidades que melhor fazem uso deles. Esse tipo de procedimento é de interesse especial quando há um controle central que deve alocar/realocar recursos escassos (ou restritos) às unidades constituintes” (GOMES e SOUZA, 2007, p. 2). Beasley (2003) argumenta que o objetivo ao alocar recursos às DMUs é maximizar a produção global, nesse sentido, a realocação de recursos está diretamente relacionada à determinação de alvos para produção.

De acordo com Gomes, Mello e Lins (2004a, p. 272), “no modelo DEA-GSZ, ao contrário do que acontece nos modelos DEA clássicos, o modo como uma DMU atinge seu alvo na fronteira provoca alteração na forma da fronteira eficiente. Essa alteração é função da estratégia adotada na determinação do alvo.” Assim, nesses modelos é necessário informar também como a DMU aumentará suas saídas ou diminuirá suas entradas. Isso implica na retirada de *outputs* ou acréscimo de *inputs* às DMUs concorrentes, o que é, segundo Gomes, Mello e Lins (2003) e Gomes (2003), a estratégia utilizada pela DMU para alcançar a fronteira de eficiência.

Gomes (2003) considera mais adequada a utilização da estratégia de ganho proporcional ao nível do *input* de cada DMU. De acordo com Gomes e Souza (2007), neste tipo de abordagem, quem tem maior quantidade de um determinado insumo, ganha mais e, quem tem menor, ganha menos, considerando-se que a quantidade total desse recurso deve ser preservada, ou seja, sua soma deve ser constante.

O Modelo 3 apresenta a formulação DEA-GSZ BCC considerando a estratégia de aumento proporcional do nível de *input* único. Nesse modelo, o ganho de *input* para uma DMU j , $j \neq o$, é dado por $\frac{x_j x_o (1-h_{Ro})}{\sum_{j \neq o} x_j}$, em que x_o é o valor inicial de *input* para a DMU o . Esse modelo é uma formulação de programação não linear e sua solução analítica pode ser encontrada por meio de técnicas de Cálculo Diferencial. No entanto, à medida que o número de DMUs aumenta, os cálculos tornam-se cada vez mais difíceis e complexos. Sendo assim, Gomes (2003) propôs o Teorema da Igualdade das Contribuições das DMUs de referência. Desse modo, para os modelos DEA-GSZ, em que sejam adotadas estratégias que não alterem a composição da fronteira de eficiência (salvo a DMU analisada que busca atingir essa fronteira), o valor da contribuição de cada DMU j (λ_j), $j \neq o$, permanece inalterado, sendo igual ao seu valor no modelo DEA clássico. Através da Figura 2 e tomando-se como referência um caso bidimensional, a demonstração desse teorema pode ser estendida para o caso de orientação a *inputs*.

Modelo 3

$$\min h_{Ro}$$

Sujeito a

$$h_{Ro} x_o - \sum_j x_j \left[1 + \frac{x_o (1 - h_{Ro})}{\sum_{j \neq o} x_j} \right] \lambda_j \geq 0$$

$$-y_o + \sum_j y_i \lambda_j \geq 0$$

$$\sum_j \lambda_j = 1$$

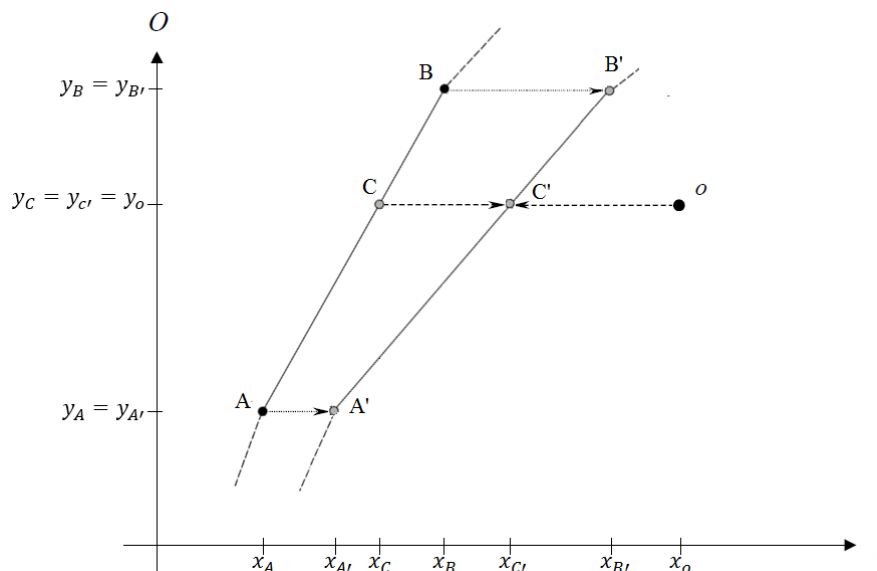
$$\lambda_j \geq 0, \quad \forall j$$

Neste caso, a DMU o apresenta como referência as DMUs A e B e como alvo o *input* virtual da DMU C, ao se considerar o modelo DEA clássico. Em relação ao modelo DEA-GSZ, o alvo passa a ser o *input* da DMU virtual C'. A partir da Figura 2 e com base em Gomes (2003), tem-se que $x_C = \frac{x_B - x_A}{y_B - y_A} (y_C - y_A) + x_A$ e $x_{C'} = \frac{x_{B'} - x_{A'}}{y_{B'} - y_{A'}} (y_{C'} - y_{A'}) + x_{A'}$. Além disso, considerar que a soma das contribuições deve ser igual à unidade implica em

$\lambda_A = 1 - \lambda_B$ e $\lambda_{A'} = 1 - \lambda_{B'}$. Utilizando estas duas últimas relações para cálculo do *input* virtual, tem-se que $x_C = \lambda_B(x_B - x_A) + x_A$ e $x_{C'} = \lambda_{B'}(x_{B'} - x_{A'}) + x_{A'}$. Ao se comparar as equações dessa entrada virtual, observa-se que $\lambda_B = \frac{y_C - y_A}{y_B - y_A}$ e $\lambda_{B'} = \frac{y_{C'} - y_{A'}}{y_{B'} - y_{A'}}$. Como $y_C = y_{C'}$, $y_B = y_{B'}$ e $y_A = y_{A'}$, conclui-se que $\lambda_B = \lambda_{B'}$ e, conseqüentemente, $\lambda_A = \lambda_{A'}$.

Gomes (2003) também propôs o Teorema da Determinação do Alvo considerando uma abordagem DEA-GSZ com estratégia proporcional, o alvo da DMU sendo analisada é igual ao alvo do modelo clássico, multiplicado pelo Coeficiente de Ganho (CG). Neste caso, tomando-se como referência o exemplo da Figura 2, observa-se que $x_{C'} = x_{B'}\lambda_{B'} + x_{A'}\lambda_{A'}$ e, com estratégia proporcional, $x_{B'} = x_B(\text{CG})$ e $x_{A'} = x_A(\text{CG})$. Assim, ao considerar o valor de CG, tem-se a equação $h_{R0}x_0 = \sum_j x_j\lambda_j \left[1 + \frac{x_0(1-h_{R0})}{\sum_{j \neq 0} x_j} \right] = h_0x_0 \left[1 + \frac{x_0(1-h_{R0})}{\sum_{j \neq 0} x_j} \right]$, onde h_0 é a eficiência do modelo BCC clássico.

Figura 2 – Teorema da Igualdade



Fonte: Adaptado de Gomes (2003)

4 Estudo de caso

Neste trabalho foi desenvolvida uma abordagem para avaliação do desempenho das bibliotecas que fazem parte do SISBI (Sistema Integrado de Bibliotecas) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), utilizando a Análise Envoltória de Dados. Esse estudo estende o trabalho de Pinto e Rodrigues (2012) que utiliza o modelo BCC clássico para avaliar esse sistema. Para isso, esse estudo de caso foi desenvolvido nos seguintes passos: seleção das DMUs, escolha das variáveis, seleção do modelo DEA, coleta de dados, resolução do modelo DEA e interpretação dos resultados.

Na seleção das DMUs, consideraram-se inicialmente as 13 bibliotecas da instituição. Entretanto, o fato de uma dessas bibliotecas funcionar como um museu, não sendo realizados empréstimos e as visitas sendo agendadas, justifica sua exclusão do conjunto de DMUs. Logo, nesse trabalho foram utilizadas as 12 DMUs que funcionam como bibliotecas.

Em se tratando da etapa subsequente de escolha de variáveis, baseando-se no *Standard for University Libraries* (ACRL, 1979), foram escolhidos três tipos de categorias de *inputs* a serem utilizadas: pessoal, coleções e edificações. Em relação à primeira, foi utilizado o *input* HOR que representa a quantidade de horas trabalhadas em cada biblioteca por dia. Esse valor é obtido pelo produto da quantidade de funcionários pelas horas trabalhadas por cada um deles por dia. Em se tratando da segunda categoria, foi escolhido o *input* COL para representar o acervo disponível, excluindo-se os periódicos, uma vez que estes não são emprestados. Na última categoria de *input*, o *input* EDI foi utilizado para expressar a área total (em m²) de cada biblioteca. Como saídas do modelo, foram escolhidas as variáveis EMP e USU. A primeira quantifica o número total de empréstimos realizados durante um ano. Em relação à segunda, baseando-se nos estudos de Reichmann (2004), esta representa a quantidade de usuários de cada biblioteca (alunos e funcionários).

Para definição da quantidade de DMUs e variáveis foram utilizadas duas regras. Segundo Bowlin (1987, p. 128), “uma regra prática para manter um número adequado de graus de liberdade ao usar o DEA é obter pelo menos duas unidades de tomada de decisão (DMU) (= organizações) para cada medida de entrada ou saída”. Outra regra defendida por Boussofiane, Dyson e Thanassoulis (1991) é que o número de DMUs deve ser maior ou igual ao

produto das quantidades de *inputs* e *outputs*. Dessa forma, levando-se em consideração a quantidade de entradas e saídas, seriam necessárias dez DMUs para ambas as regras apresentadas, sendo, portanto, as duas satisfeitas.

Após definição do número de DMUs e das entradas e saídas a serem utilizadas, foi possível a aplicação da modelagem DEA-GSZ BCC. Considerando que este tipo de abordagem apresenta como característica principal a soma de certo recurso ser constante, permite-se, assim, alcançar o objetivo principal do presente estudo: criar uma abordagem com critérios embasados teoricamente para realocação de recursos, possibilitando a uniformização da fronteira de eficiência, ou seja, que todas as bibliotecas avaliadas se aproximem dela. Além disso, a orientação a *input* foi escolhida em função desse objetivo, uma vez que essa trabalha com realocação de recursos mantendo a produção constante nos modelos DEA-GSZ.

A coleta de dados foi realizada através de visitas aos locais componentes do SISBI, ou seja, às doze bibliotecas e ao setor responsável pela gestão de todas elas. Primeiramente, foi realizada uma entrevista com o chefe do setor explicando a pesquisa. Logo após, este responsável apresentou os outros dois funcionários que ajudariam no que tange a coleta de dados. Assim foram entrevistados, no total, três funcionários detentores das principais informações necessárias ao estudo. A partir daí, houve várias outras entrevistas e busca de informações no *software* utilizado para gerenciamento do sistema de bibliotecas. Outras informações também foram obtidos por meio de entrevistas em outros setores da UFOP que controlam a quantidade de alunos (graduação e pós-graduação) e funcionários (professores e servidores). Os dados utilizados nesse estudo são apresentados na Tabela 1 e são referentes ao ano de 2010. Vale destacar que não foram utilizados dados mais recentes em função da ocorrência de greves e período de reposição de greves.

Tabela 1 – Inputs e outputs utilizados

Biblioteca	Inputs			Outputs	
	HOR	EDI	COL	EMP	USU
BIB1	116,00	1050,00	24627,00	112684,00	1923,00
BIB2	14,00	209,08	6830,00	4638,00	789,00

BIB3	36,00	150,00	6413,00	9867,00	499,00
BIB4	70,00	462,05	45918,00	23202,00	1287,00
BIB5	44,00	1177,70	29035,00	25520,00	4175,00
BIB6	44,00	493,24	24845,00	11962,00	550,00
BIB7	16,00	103,68	4854,00	9741,00	838,00
BIB8	8,00	51,81	3105,00	3530,00	125,00
BIB9	36,00	229,43	5225,00	24667,00	523,00
BIB10	6,00	31,32	4854,00	962,00	38,00
BIB11	40,00	430,78	4787,00	16666,00	976,00
BIB12	46,00	45,89	16627,00	12818,00	631,00

5 Resultados do modelo DEA-GSZ BCC

O modelo DEA-GSZ BCC com orientação a *input* foi utilizado uma vez que o principal objetivo desse estudo é desenvolver uma abordagem para alocação de recursos no SISBI. Esse modelo foi escolhido por permitir a redistribuição de recursos mantendo os *outputs* constantes. Entretanto, dois dos *inputs*, COL e EDI, não podem ser redistribuídos ou realocados, já que medem o tamanho da coleção e a área de cada biblioteca, respectivamente. E, além disso, sua realocação seria impossível, no caso do *input* EDI, ou injustificável no caso do *input* COL. As bibliotecas atendem em sua maioria cursos diferentes com necessidades bibliográficas distintas, por exemplo, não faria sentido transferir coleção bibliográfica de um curso de engenharia para a biblioteca de um curso de medicina.

Em função disso, a restrição de ganhos de soma zero foi imposta somente ao *input* HOR. A redistribuição da variável HOR implica que funcionários sejam realocados a outras bibliotecas ou, em alguns casos, trabalhem parte do seu turno de trabalho em mais de uma unidade. Em relação aos modelos DEA-GSZ orientados a *inputs*, “um exemplo é aquele em que o *input* é a quantidade de servidores públicos (médicos, professores, policiais etc.) alocados a uma determinada atividade. Se para atingir eficiência uma DMU tiver que reduzir a quantidade de pessoal, esses servidores deverão ser realocados a outras unidades, já que possuem estabilidade no emprego (GOMES, MELLO e LINS, 2005, p. 262). E, além disso, um grupo de cooperação será formado por aquelas bibliotecas consideradas ineficientes.

Inicialmente, empregou-se o Modelo 1 (envelope). A partir de seus resultados, torna-se possível a realização de cálculos posteriores para

utilização do modelo DEA-GSZ, além de futuras comparações de melhorias a serem realizadas. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2. Tomando-se h_o como o resultado de eficiência, percebe-se a partir dos resultados que as bibliotecas BIB3, BIB4 e BIB6 foram as únicas que não alcançaram a eficiência máxima. Além disso, os valores de λ_j representam a contribuição da DMU $_j$ em relação à biblioteca sendo analisada. Por exemplo, a contribuição da BIB7 para a BIB3 foi de 0,418, ou 41,8%, uma vez que o somatório das contribuições deve ser igual à unidade. Além disso, através da aplicação do Modelo 2 (multiplicador), notou-se que a BIB4 foi a única que apresentou rendimentos decrescentes de escala, enquanto que as demais obtiveram rendimentos constantes (BIB1, BIB5, BIB7, BIB9, BIB11, BIB12) ou crescentes (BIB2, BIB3, BIB6, BIB8, BIB10).

Tabela 2 – Eficiências na modelagem BCC

Biblioteca	Referências	h_o
BIB1	-	1,000
BIB2	-	1,000
BIB3	$\lambda_7=0,418; \lambda_8=0,396; \lambda_9=0,160; \lambda_{12}=0,017$	0,690
BIB4	$\lambda_1=0,091; \lambda_5=0,141; \lambda_7=0,182; \lambda_{12}=0,586$	0,666
BIB5	-	1,000
BIB6	$\lambda_1=0,050; \lambda_7=0,469; \lambda_8=0,481$	0,391
BIB7	-	1,000
BIB8	-	1,000
BIB9	-	1,000
BIB10	-	1,000
BIB11	-	1,000
BIB12	-	1,000

Em seguida, essas eficiências foram utilizadas para calcular o valor da variável h_{R0} do Modelo 3 para cada biblioteca. Para tanto, foi utilizada a equação $h_{R0}x_0 = h_0x_0 \left[1 + \frac{x_0(1-h_{R0})}{\sum_{j=0} x_j} \right]$, isolando-se a variável h_{R0} . O *input* virtual da variável HOR foi calculado, para as DMUs ineficientes (BIB3, BIB4 e BIB6), utilizando a equação $x_{i0} = x_{iM}\lambda_M + x_{iQ}\lambda_Q$, $i = 1, \dots, m$ proposta por El-Mahgary e Lahdelma (1995), em que M e Q são as DMUs *benchmark* para a DMU $_0$, λ_M e λ_Q são os alvos e x_{iM} e x_{iQ} representam os inputs das DMUS M e Q . Os valores

de h_{Ro} e do *input* virtual HOR referentes a cada biblioteca analisada estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Input virtual e variável h_{Ro} do BCC-GSZ

Biblioteca	h_{Ro}	HOR (virtual)
BIB1	1,000	116,000
BIB2	1,000	14,000
BIB3	0,706	16,736
BIB4	0,701	46,674
BIB5	1,000	44,000
BIB6	0,414	17,211
BIB7	1,000	16,000
BIB8	1,000	8,000
BIB9	1,000	36,000
BIB10	1,000	6,000
BIB11	1,000	40,000
BIB12	1,000	46,000
Soma		406,621

Como descrito anteriormente, se o ganho de *input* de uma DMU j em relação a uma determinada DMU o é $\frac{x_j x_o (1 - h_{Ro})}{\sum_{j \neq o} x_j}$, isso significa que o mesmo valor, em termos absolutos, representa as perdas de DMU o para DMU j . Sendo assim, na Tabela 4 apresentam-se as perdas/ganhos de cada DMU em relação às demais. A soma de cada linha representa todas as perdas sofridas pela DMU o correspondente, ao passo que a soma dos valores de cada coluna demonstra os ganhos de cada DMU j . Portanto, o valor do *input* HOR-GSZ para cada DMU é definido pelo valor correspondente apresentado na Tabela 1, acrescentando e retirando seus ganhos e perdas, respectivamente. Neste caso, é válido ressaltar que as DMUs eficientes não apresentam perdas em relação ao *input* HOR analisada, tendo somente ganhos.

Tabela 4 – Perdas e ganhos DEA-GSZ BCC

	BIB1	BIB2	BIB3	BIB4	BIB5	BIB6	BIB7	BIB8	BIB9	BIB10	BIB11	BIB12	Perdas	Input HOR-GSZ
BIB1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	134,45
BIB2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,73
BIB3	3,40	0,32	0,00	1,82	1,08	1,08	0,37	0,18	0,86	0,13	0,97	1,13	11,34	28,48

BIB4	6,74	0,63	1,71	0,00	2,13	2,13	0,73	0,36	1,71	0,27	1,92	2,24	20,57	55,69
BIB5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,83
BIB6	8,30	0,78	2,11	4,44	2,62	0,00	0,90	0,44	2,11	0,33	2,36	2,76	27,15	20,06
BIB7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,99
BIB8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,98
BIB9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,68
BIB10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,73
BIB11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,25
BIB12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,12
Ganhos	18,45	1,73	3,82	6,26	5,83	3,21	1,99	0,98	4,68	0,73	5,25	6,12	59,06	476,00

Desse modo, nota-se que o objetivo da utilização do método DEA-GSZ é reduzir o *input* HOR das DMUs ineficientes o máximo possível, de maneira que o valor reduzido se aproxime ao máximo do *input* virtual HOR apresentado na Tabela 3, sem que o desempenho da DMUs eficientes seja afetado. Percebe-se, ainda, que o valor de HOR-GSZ foi maior que o valor de *input virtual* HOR ao considerar cada DMU ineficiente. Isso significa que os novos valores de eficiência para BIB3, BIB4 e BIB6 não atingirão valores ótimos, porém serão iguais ou melhores àqueles apresentados na Tabela 2.

De maneira a averiguar tal afirmação, o Modelo 1 (envelope) foi novamente aplicado após a redistribuição do *input* HOR. Os resultados estão apresentados na Tabela 5. Percebe-se que as DMUs eficientes nas primeiras análises permanecem eficientes mesmo após a redistribuição do *input* HOR. Já em relação às DMUs ineficientes (BIB3, BIB4 e BIB6), poucas mudanças no que diz respeito à eficiência das duas primeiras foram obtidas. Porém, no que diz respeito à BIB6, esta teve seu desempenho aumentado significativamente, atingindo um valor próximo do ótimo. Por fim, aplicou-se também o Modelo 2 (multiplicador), obtendo-se os mesmos resultados apresentados anteriormente para o modelo BCC clássico no que diz respeito a retornos de escala. Desse modo, caso alguma expansão na BIB4 seja projetada, provavelmente serão necessárias modificações nas práticas de gerenciamento, de maneira que o nível de produtividade marginal não seja decrescido.

Tabela 5 – Comparação de inputs e eficiências

Biblioteca	Input original (HOR)	Eficiência BCC clássico	Input redistribuído (HOR)	Eficiência BCC-GSZ
-------------------	-----------------------------	--------------------------------	----------------------------------	---------------------------

BIB1	116,000	1,000	134,450	1,000
BIB2	14,000	1,000	15,730	1,000
BIB3	36,000	0.690	28,480	0.690
BIB4	70,000	0.666	55,690	0.683
BIB5	44,000	1,000	49,830	1,000
BIB6	44,000	0.391	20,060	0.975
BIB7	16,000	1,000	17,990	1,000
BIB8	8,000	1,000	8,980	1,000
BIB9	36,000	1,000	40,680	1,000
BIB10	6,000	1,000	6,730	1,000
BIB11	40,000	1,000	45,250	1,000
BIB12	46,000	1,000	52,120	1,000
SOMA	476,000		476,000	

6 Considerações finais

As bibliotecas universitárias vêm ganhando destaque, pois o seu desempenho influencia diretamente na qualidade dos cursos de uma universidade, uma vez que o acervo bibliográfico é direcionado para atender aos projetos pedagógicos desses cursos. Entretanto, se faz necessário avaliar constantemente o desempenho das mesmas, principalmente hoje, devido à escassez de recursos investidos na educação.

Os resultados indicam que bibliotecas universitárias gerenciadas pelo mesmo órgão gerenciador apresentam eficiências diferentes. Dentre os fatores que podem ser utilizados para explicar esses resultados, pode-se citar: (1) diferentes tipos de cursos atendidos por cada biblioteca, o que pode refletir na quantidade de empréstimos e títulos disponíveis; (2) algumas bibliotecas e cursos foram implantados recentemente e ainda se encontram em fase de aquisição de acervo bibliográfico, adaptação de estrutura física e aumentando o número de usuários.

Para a utilização da técnica DEA foram usados os modelos BCC clássicos e BCC com Ganhos de Soma Zero (DEA-GSZ BCC) com orientação a *inputs*. O *input* HOR foi redistribuído permitindo a melhora no desempenho de algumas bibliotecas ineficientes. Logo, o uso de modelos DEA-GSZ mostrou-se adequado à alocação de recursos no SISBI. O aumento de eficiência global alcançado pela redistribuição do *input* HOR é de especial interesse para a

administração central do sistema integrado, já que permite o uso mais eficiente dos recursos.

Dessa forma, os resultados deste estudo de caso, no que se refere à realocação de recursos das bibliotecas universitárias, podem representar um plano de gestão baseado em critérios técnicos e que reflitam uma justa alocação. São também de grande valia para o órgão gerenciador do SISBI visto que podem ser utilizados para um melhor gerenciamento das bibliotecas componentes desse sistema, já que permite o planejamento de novas bibliotecas, uma monitoração constante das bibliotecas existentes identificando quais devem ser as melhores práticas de acordo com as mais eficientes – se a avaliação for realizada periodicamente.

Como trabalho futuro, pretende-se desenvolver uma abordagem que incorpore as diferentes características inerentes às áreas sustentadas por cada biblioteca componente do SISBI, avaliar mudança de eficiência ao longo do tempo utilizando o Índice de Malmquist com o objetivo de entender os impactos da expansão da universidade no SISBI e implementar o estudo incorporando variáveis não discricionárias, aquelas variáveis que não são controláveis pelos gestores desses sistema, mas que, de certa forma, podem impactar no desempenho deste com relação aos seus serviços prestados.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a colaboração do Sistema Integrado de Bibliotecas (SISBI) neste trabalho e ao PIP-UFOP pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, Francisco J.; HERRERO, Inés; RIESGO, Laura. A modified DEA model to estimate the importance of objectives with an application to agricultural economics. *Omega*, vol. 38, nº 5, p. 371-382, 2010.

AKDEDE, Sacit; KAZANCOGLU, Yigit. Efficiency in Turkish state libraries a data envelopment analysis application. In: International Conference on Human and Economic Resources, 2006, Izmir. *Anais...* Disponível em: <

<http://eco.ieu.edu.tr/wp-content/proceedings/2006/0607.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

AZADEH, A.; MOTEVALI HAGHIGHI, S.; ZARRIN, M.; KHAEFI, S. Performance evaluation of Iranian electricity distribution units by using stochastic data envelopment analysis. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 73, p. 919–931, 2015.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, vol. 30, nº 9, p. 1078-1092, 1984.

BEASLEY, J. E. Allocating fixed costs and resources via data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, vol. 147, p.198-216, 2003.

BOUSSOFIANE, A.; DYSON, R. G.; THANASSOULIS, E. Applied data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, vol. 52, nº 1, p. 1-15, 1991.

BOWLIN, William F. Evaluating the efficiency of US Air Force Real-Property maintenance activities. *Journal of Operational Research Society*, vol. 38, nº 2, p. 127-135, 1987.

CARVALHO, Frederico A.; JORGE, Marcelino José; JORGE, Marina Filgueiras; AVELLAR, Cristina Monken; FLACH, Elton. Análise Envoltória de Dados na gestão do desempenho de bibliotecas universitárias: o caso de uma IFES no Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação*, vol. 7, nº 1, p. 4-21, 2011.

CARVALHO, Frederico A.; JORGE, Marcelino José; JORGE, Marina Filgueiras; RUSSO, Mariza; SÁ, Nysia Oliveira de. Library performance management in Rio de Janeiro, Brazil: applying DEA to a sample of university libraries in 2006-2007. *Library Management*, vol. 33, nº 4, p. 297-306, 2012.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, vol. 2, nº 6, p. 429–444, 1978.

CHEN, Tser-yieth. A measurement of the resource utilization efficiency of university libraries. *International Journal of Production Economics*, vol. 53, p. 71-80, 1997.

CLARK, Michael. Improving Library Efficiency to Meet Patron's Needs: A Data Envelopment Analysis Benchmarking Model. In: *Proceedings of PICMET '15: Management of the Technology Age*, 2015, Portland. *Anais...* 2015, p. 1415-1423.

COELLI, Timothy J.; RAO, D.S. Prasada, O'DONNELL, Christopher J.; BATTESE, George E. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Nova York: Springer-Verlag, 2005.

COOK et al. Within-group common benchmarking using DEA. *European Journal of Operational Research*, vol. 256, nº 3, p. 901-910, 2017.

COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; TONE, Kaoru. *Data Envelopment Analysis*. Boston: Springer, 2007.

DE WITTE, Kristof; GEYS, Benny. Evaluating efficient public good provision: Theory and evidence from a generalised conditional efficiency model for public libraries. *Journal of Urban Economics*, vol. 69, nº 3, p. 319–327, 2011.

EL-MAHGARY, Sami; LAHDELMA, Risto. Data Envelopment Analysis: Visualizing the Results. *European Journal of Operations Research*, vol. 85, p. 700-710, 1995.

FERREIRA, Carlos Maurício de Carvalho; GOMES, Adriano Provezano. *Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações*. Viçosa: Editora UFV, 2009.

GOMES, Eliane Gonçalves. *Modelos de Análise de Envoltória de Dados com Ganhos de Soma Zero*. 2003. 139 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

GOMES, Eliane Gonçalves; MELLO, João Carlos C. B. Soares de; LINS, Marcos Pereira Estellita. Busca seqüencial de alvos intermediários em modelos DEA com soma de outputs constante. *Investigação Operacional*, vol. 23, nº 2, p. 163-178, 2003.

GOMES, Eliane Gonçalves; MELLO, João Carlos C. B. Soares de; LINS, Marcos Pereira Estellita. Redistribuição de *inputs* e *outputs* em modelos de análise de envoltória de dados com ganhos de soma zero. *Pesquisa Operacional*, vol. 24, nº 2, p. 269-284, 2004a.

GOMES, Eliane Gonçalves; MELLO, João Carlos C. B. Soares de; LINS, Marcos Pereira Estellita. Modelos DEA CCR com ganhos de soma zero. 2004b. Disponível em: http://www.producao.uff.br/conteudo/rpep/volume42004/ReIPesq_V4_2004_13.pdf. Acesso em: 29 mai. 2012.

GOMES, Eliane Gonçalves; MELLO, João Carlos C. B. Soares de; LINS, Marcos Pereira Estellita. Uniformização da fronteira eficiente em modelos de análise envoltória de dados com ganhos de soma zero e retornos constante de escala. *Pesquisa Operacional*, vol. 25, nº 2, p. 261-277, 2005.

GOMES, Eliane Gonçalves; SOUZA, Geraldo da Silva E. Alocação de recursos com base em medidas de eficiência DEA: estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2007, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: ENEGEP, 2007.

HAMMOND, Christopher J. Efficiency in the provision of public services: a Data Envelopment Analysis of UK public library systems. *Applied Economics*, vol. 34, nº 5, p. 649-657, 2002.

HAMMOND, Christopher J. The effect of organisational change on UK public library efficiency. *International Journal of Production Economics*, vol. 121, p. 286-295, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa sobre educação. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/pesquisas/educacao.html>>. Acesso em: 20 jan. 2012.

KAO, C.; LIN, Y-C. Evaluation of the university libraries in Taiwan: total measure versus ratio measure. *The Journal of the Operational Research Society*, vol. 55, nº 12, p. 1256–1265, 2004.

LI, Ping; YANG, Zijiang. Performance Evaluation of the Public Libraries in USA using Data Envelopment Analysis. *International Journal of Applied Science and Technology*, vol. 4, nº 2, p. 10-19, 2014.

MELLO, João Carlos Correia Soares de; MEZA, Lidia, Angulo; GOMES, Eliane Gonçalves; BIONDI NETO, Luiz. Curso de Análise envoltória de dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 2005, Gramado. *Anais...* Gramado: SBPO, 2005.

MELLO, João Carlos Correia Soares de; GOMES, Eliane Gonçalves; LETA, Fabiana Rodrigues; MELLO, Maria Helena Campos Soares de. Algoritmo de Alocação de Recursos Discretos com Análise de Envoltória de Dados. *Pesquisa Operacional*, vol. 26, nº 2, p. 225-239, 2006.

MIIDLA, Peep; KIKAS, Konkad. The efficiency of Estonian central public libraries. *Performance Measurement and Metrics*, vol. 10, nº 1, p. 49–58, 2009.

NIKFARJAM, Hava; ROSTAMY-MALKHALIFEH, Mohsen; MAMIZADEH-CHATGHAYEH, Somayeh. Measuring supply chain efficiency based on a hybrid approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 39, p. 141-150, 2015.

NOH, Younghee. Evaluation of the resource utilization efficiency of university libraries using DEA techniques and a proposal of alternative evaluation variables. *Library Hi Tech*, vol. 29, nº 4, p. 697-724, 2011.

PINTO, Marcella Bernardo; RODRIGUES, Lásara Fabrícia. Avaliação do desempenho de bibliotecas universitárias utilizando a Análise Envoltória de Dados. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 2012, Bauru. *Anais...* Bauru: SIMPEP, 2012.

REICHMANN, Gerhard. *Measuring University Library Efficiency Using Data Envelopment Analysis*. Graz University, Institute of Information Science, v. 54, p. 136–146, Austria, 2004.

REICHMANN, Gerhard, SOMMERSGUTER-REICHMANN, Margit. University library benchmarking: an international comparison using DEA. *International Journal of Production Economics*, vol. 100, nº 1, p. 131-147, 2006.

REICHMANN, Gerhard, SOMMERSGUTER-REICHMANN, Margit. Efficiency measures and productivity indexes in the context of university library benchmarking. *Applied Economics*, vol. 42, nº 3, p. 311-323, 2010.

SHAHWAN, Tamer Mohamed; KABA, Abdoulaye. Efficiency analysis of GCC academic libraries: an application of data envelopment analysis. *Performance Measurement and Metrics*, vol. 14, nº 3, p. 197-210, 2013.

SHARMA, Khem. R.; LEUNG PingSun; ZANE, Lynn. Performance measurement of Hawaii state public libraries: An application of Data Envelopment Analysis (DEA). *Agricultural and Resource Economics Review*, vol. 28, nº 2, p. 190-198, 1999.

SHIM, Wonsik. Applying DEA Technique to Library Evaluation in Academic Research Libraries. *Library Trends*, vol. 51, nº 3, p. 312-332, 2003.

SHERMAN, H. David; ZHU, Joe. *Service Productivity Management: Improving Service Performance using Data Envelopment Analysis (DEA)*. Nova York: Springer, 2006.

SIMON, Jose; SIMON, Clara; ARIAS, Alicia. Changes in productivity of Spanish university libraries. *Omega*, vol. 39, nº 5, p. 578-588, 2011.

STANCHEVA, Nevena; ANGELOVA, Vyara. Measuring the efficiency of university libraries using data envelopment analysis. In: 10th Conference on Professional Information Resources, Prague, 2004. *Anais...* Prague, 2004.

STANDARDS & GUIDELINES. Standards for university libraries: Evaluation of performance. 1979. Disponível em: http://pruebas.cuaed.unam.mx/crp_ocu/puel/cursos/bibliotecas/materiales/standards_univ_lib.pdf. Acesso em: 05 out. 2011.

STROOBANTS, Jesse; BOUCKAERT, Geert. Benchmarking local public libraries using non-parametric frontier methods: A case study of Flanders. *Library & Information Science Research*, vol. 36, p. 211-224, 2014.

VITALIANO, Donald F. Assessing public library efficiency using data envelopment analysis. *Annals of Public and Cooperative Economics*, vol. 69, nº 1, p. 107-122, 1998.

XAVIER, S. S.; LIMA, J. W. M.; LIMA, L. M. M.; LOPES, A. L. M. How efficient are the Brazilian Electricity Distribution Companies? *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, vol. 26, nº 3, p. 283–296, 2015.

Enviado em: 24 abr. 2019

Aceito em: 07 out. 2019

Editor responsável: Mateus das Neves Gomes