

Avaliação da Produção Acadêmica de Docentes dos Cursos de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal Fluminense utilizando o modelo DEA e índice h

▸ Juliana de Castro Reis *

▸ Renata dos Santos Constant **

▸ João Carlos Correia Baptista Soares de Mello ***

Resumo

A avaliação da produção acadêmica é um tópico de grande relevância, pois é um dos critérios levados em conta no desenvolvimento de políticas de fomento pelo Ministério da Educação. Um dos índices mais populares para a quantificação da produção científica é o índice h, que contabiliza as citações recebidas pelos artigos de determinado pesquisador, e é capaz de resumir sua história de produção científica em um número. Ao mesmo tempo, isso pode ser entendido como uma limitação, porque descarta muitos detalhes do registro de citação, por exemplo, o tempo de vida acadêmica do pesquisador. Neste artigo é proposta uma nova metodologia para avaliação da produção docente através do cálculo da eficiência de cada pesquisador utilizando um modelo DEA, com tempo de vida acadêmica como *input* e índice h como *output*. Constatou-se que esta metodologia é mais adequada para este tipo de avaliação, principalmente quando comparada ao índice m-quociente, uma vez que considera retornos variáveis de escala.

Palavras-chave: Avaliação da Produção Docente. Análise Envoltória de Dados. Índice h.

* Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF); E-mail: juliana.dcreis@gmail.com.

** Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF); E-mail: renata.constant@hotmail.com.

*** Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), chefe do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense (UFF); E-mail: jcsmello@gmail.com.

1. Introdução

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), entidade ligada diretamente ao Ministério da Educação, tem como função expandir e consolidar os programas de pós-graduação *strictu sensu* no Brasil. Nesse sentido, a instituição conta com um sistema de avaliação que serve como parâmetro para o estabelecimento de um padrão de excelência a ser alcançado, além de permitir a elaboração de políticas para o dimensionamento das ações de fomento. Dentro dos critérios adotados pela CAPES, encontra-se a produção acadêmica de docentes, que leva em consideração a quantidade e a qualidade da publicação do corpo docente de cada programa.

A avaliação da produção científica, de acordo com Franceschini e Maisano (2010) pode ser elencada como um dos problemas mais críticos para os pesquisadores que buscam promoções, cargos de professores, bolsas de estudo, entre outros. Existe ainda uma variedade de justificativas para a realização de uma avaliação da produção científica, são elas: intenção de melhorar o desempenho dos professores, responsabilização e prestação pública de contas, melhorar práticas e procedimentos, compreender e buscar solucionar problemas de ensino e aprendizagem (FERNANDES, 2008).

Uma das metodologias que vem sendo empregada no setor educacional é a Análise Envoltória de Dados, em uma abordagem isolada ou até combinada com outros métodos. Esta metodologia permite a avaliação do desempenho de escolas, universidades e até de pesquisadores, através de uma análise comparativa entre os insumos consumidos e os produtos gerados.

Ao longo dos anos foram desenvolvidos diversos outros métodos e índices que buscam quantificar a produção científica, levando em consideração fatores como: quantidade de publicações, quantidade de citações, ano da publicação, tempo de vida acadêmica do pesquisador, características da revista, impacto da pesquisa no meio acadêmico, relevância e inovação.

Atualmente o índice mais aceito, que é também utilizado e divulgado por diferentes bases de dados como *Scopus*, *Google Acadêmico*, *Web of Science*, entre outros, é o índice h. O índice h (HIRSCH, 2005) é calculado com base na quantidade de citações por artigo de um dado pesquisador, no entanto, uma das críticas à sua utilização é que não leva em

consideração o tempo de vida acadêmica do pesquisador. Aplicações e discussões sobre o índice h na avaliação da produção científica de pesquisadores podem ser vistas em Benevenuto, Laender e Alves (2016), Cormode et al. (2013), Egghe (2013) e em Imperial e Rodríguez-Navarro (2007).

A questão da quantificação da produção acadêmica ainda é de grande relevância, visto que, por mais que haja um consenso sobre a sua necessidade, ainda não há um consenso sobre a melhor maneira de realizá-la. Nesse sentido, o artigo tem como objetivo propor uma nova metodologia para avaliar a produção científica de docentes com base na técnica da Análise Envoltória de Dados, utilizando como variáveis de análise o índice h de cada pesquisador e o seu tempo de vida acadêmico. Esse modelo pretende solucionar a crítica à temporalidade do índice h . É importante citar que se acredita não haver uma relação linear entre as duas variáveis, e por isso foi utilizado um modelo DEA BCC. Ao final, as eficiências obtidas são comparadas ao índice m -quociente, que utiliza em seu cálculo essas mesmas variáveis, porém considera uma relação linear entre elas.

O presente artigo está organizado como segue. Na seção 2 são apresentados os conceitos da Análise Envoltória de Dados, o modelo de programação linear utilizado e suas aplicações. O índice h , sua forma de cálculo e suas propriedades são apresentadas na seção 3. A metodologia aplicada é detalhada na seção 4. Na seção 5, é descrito o estudo de caso, passando pela coleta de dados, aplicação da metodologia e análise dos resultados obtidos. Algumas discussões são expostas na seção 6 e, por fim, na seção 7 estão descritas as conclusões do estudo.

2. Análise Envoltória de Dados

2.1. Conceitos fundamentais

A Análise Envoltória de Dados (DEA, do inglês *Data Envelopment Analysis*) é um método não paramétrico que visa avaliar a eficiência relativa das unidades tomadoras de decisão (DMUs – *Decision Making Units*) pela análise comparativa entre os seus insumos (inputs) e produtos (outputs). As DMUs podem ser qualquer tipo de organização, e até mesmo máquinas ou pesquisadores, que devem atuar sob as mesmas condições, ser

avaliadas segundo o mesmo ponto de vista – mesma utilização de inputs e outputs –, e devem ter autonomia com relação à tomada de decisão (LINS; ANGULO MEZA, 2000).

Existem dois modelos clássicos utilizados para o cálculo dos índices de eficiência em DEA, são eles: o Modelo CCR (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978) e o Modelo BCC (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984). O primeiro considera retornos constantes de escala, e é caracterizado por uma variação proporcional entre os *inputs* e *outputs*. Já o Modelo BCC, é caracterizado por ganhos ou perdas variáveis na relação *input/output*, não assumindo proporcionalidade na fronteira de produção.

Os modelos DEA apresentam duas orientações, a orientação a *input*, que busca reduzir os insumos enquanto mantém a produção constante, e a orientação a *output* que busca maximizar a produção, enquanto mantém os insumos constantes.

Abaixo é apresentada a formulação BCC com orientação a *output*:

$$\begin{aligned} \text{Min } Eff_0 &= \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} + v_* \\ \text{Sujeito a} & \\ \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} &= 1 \\ - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - v_* &\leq 0, \forall k \\ v_i, u_j &\geq 0, v_* \in \mathfrak{R} \end{aligned} \tag{1}$$

Nesta formulação Eff_0 é a eficiência da DMUo em análise; v_i e u_j são os pesos dos *inputs* $i, i=1, \dots, r$, e dos *outputs* $j, j=1, \dots, s$, respectivamente; x_{ik} e y_{jk} são os *inputs* i e *outputs* j da DMUk, $k=1, \dots, n$; x_{i0} e y_{j0} são os *inputs* i e *outputs* j da DMUo; v_* é uma variável dual associada à condição de convexidade da fronteira e é interpretada como fator de escala.

Além dos modelos clássicos de DEA, existem também os modelos não radiais. Um estudo de caso aplicado nas distribuidoras brasileiras de energia elétrica foi desenvolvido por Constant e Soares de Mello (2017), no entanto não serão objeto de estudo neste trabalho.

2.2. Aplicações de DEA em educação

Alguns estudos foram desenvolvidos utilizando DEA para avaliação de eficiência na educação. Em Soares de Mello et al. (2006) são avaliados os programas de pós-graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro com relação a qualidade e produtividade, através de dois modelos DEA distintos. Em Soares de Mello, Valle e Brandão (2009) foram calculadas as eficiências de polos de ensino à distância (CEDERJ) utilizando uma metodologia DEA, com objetivo de identificar os possíveis *benchmarks* para os polos ineficientes.

Salgado Junior et al. (2015) apresentaram um estudo da eficiência na gestão escolar, onde os resultados do modelo DEA evidenciam que as escolas consideradas eficientes possuem projetos pedagógicos bem estruturados, reflexo das políticas públicas implementadas que são assumidas efetivamente pelo conjunto dos educadores e legitimados por famílias e professores.

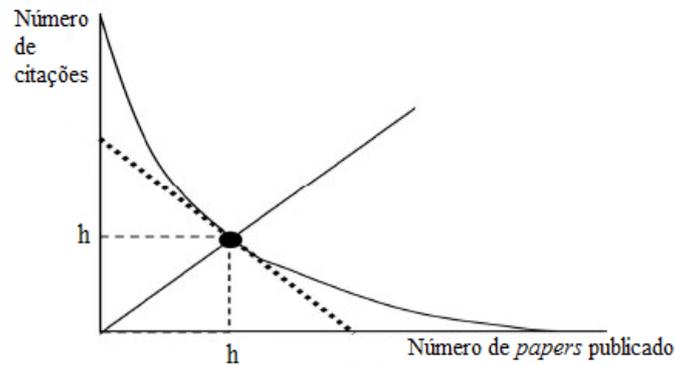
Regalo et al. (2016), com o objetivo de identificar e analisar as melhores práticas desenvolvidas em escolas públicas municipais do ensino fundamental do estado de São Paulo e seus impactos no desempenho dos alunos, utilizaram a Análise Envoltória de Dados para classificar e avaliar a eficiência dos municípios e de suas escolas. E em Sagarra, Mar-molinero e Agasisti (2017) foi desenvolvido um modelo que integra a Análise Envoltória de Dados com escalonamento multidimensional para avaliar as universidades mexicanas.

3. O índice h

3.1. Cálculo do índice h

O índice h foi desenvolvido por Jorge Hirsch em 2005, com o objetivo de avaliar a produção científica individual dos pesquisadores, tomando como base a quantidade de citações dos seus *papers*. O índice h é calculado identificando os h *papers* do pesquisador em avaliação que receberam no mínimo h citações (HIRSCH, 2005), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Índice h



Fonte: HIRSCH (2005).

Na Tabela 1 a seguir é mostrado um exemplo para o cálculo do índice h. Na primeira coluna está o *ranking* dos artigos de um determinado pesquisador, em ordem decrescente de número de citações, e na segunda coluna, a quantidade de citações de cada artigo. Neste exemplo arbitrário, o pesquisador possui 12 publicações, com pelo menos uma citação. O seu índice h é 9, pois existem 9 publicações com pelo menos 9 citações cada.

Tabela 1 – Exemplo de Cálculo do índice h

<i>Ranking</i> de artigos	Número de citações
1	50
2	45
3	33
4	24
5	19
6	15
7	13
8	12
9	9
10	5
11	4
12	2

Fonte: Os autores (2017).

3.2. Propriedades do índice h

Uma das grandes vantagens da aplicação do índice h é o seu fácil entendimento. Além disso, por sua natureza simples, também é facilmente calculado. É diretamente associado a dados reais, não necessitando de conversões, transformações ou algoritmos complexos, bastando apenas possuir fontes confiáveis de busca de dados. (FRANCESCHINI; MAISANO, 2010). Essas características tornaram o índice h tão popular que podem ser vistas aplicações também em outras áreas, como, por exemplo, avaliação esportiva. (REIS; TORRES; SOARES DE MELLO, 2017).

No entanto, algumas desvantagens também são apontadas no índice h. A primeira delas é o fato de não levar em consideração a múltipla coautoria, ou seja, artigos elaborados por um autor ou por um conjunto de autores tem o mesmo peso. Da mesma forma, também não diferencia as autocitações, o que segundo Schreiber (2007) pode influenciar bastante no caso de cientistas jovens com baixo índice h.

Assim como diversos outros índices, o índice h não deve ser utilizado para avaliações interdisciplinares, já que as taxas de citação e produtividade variam consideravelmente entre as diferentes disciplinas (ANTONAKIS; LALIVE, 2008; BATISTA; CAMPITELI; KINOUCI, 2006; BRAUN; GLÄNZEL; SCHUBERT, 2006). Além disso, o índice h também não faz distinção entre o tipo de publicação e o prestígio do veículo de publicação (CASTILLO; DONATO; GIONIS, 2007). De acordo com Sidiropoulos, Katsaros e Manolopoulos (2007), outra desvantagem do índice é que não leva em conta a idade das publicações, publicações mais antigas e mais recentes tem a mesma importância.

Outra propriedade deste índice é que h não pode diminuir com o tempo, simplesmente porque agrega o número de artigos e o número correspondente de citações, e essas duas variáveis nunca diminuem ao longo do tempo. No caso de interrupção de carreira ou aposentadoria, por exemplo, o índice h permanece constante ou pode aumentar, se os documentos já publicados acumularem novas citações (FRANCESCHINI; MAISANO, 2010). Por fim, atenta-se para o fato de que o índice h não leva em consideração a idade acadêmica de cada pesquisador. A consequência negativa destas duas últimas propriedades é que h não é perfeitamente adequado para comparar estudiosos com diferente senioridade, sendo a favor daqueles com longas carreiras. A

metodologia apresentada visa principalmente, entre outras coisas, propor uma opção para tratar este aspecto.

3.3. O problema da temporalidade

Muitas variações do índice h foram propostas com o objetivo de tratar ou reduzir suas limitações (BANKS, 2006; BURRELL, 2007; KATSAROS; SIDIROPOULOS; MANOLOPOULOS, 2007; SAAD, 2006). Trata-se de novos índices baseados no índice h que supostamente não têm uma ou mais de suas desvantagens.

Dois desses índices merecem atenção especial neste estudo, por apresentarem alternativas ao índice h para o problema da temporalidade: o índice f e o índice m -quociente. Estes índices atentam-se para o fato de que, por não considerar a idade acadêmica de cada autor (nem nenhum outro aspecto relacionado ao tempo), o índice h não é adequado para comparar pesquisadores com senioridades diferentes.

Franceschini e Maisano (2010) sugeriram um indicador chamado índice f , que complementa h com informações relacionadas à idade das publicações, sem comprometer a simplicidade original e o seu entendimento imediato. É definido como o intervalo de tempo dos artigos com pelo menos uma citação, adicionado a 1 para considerar o tempo gasto para preparar o primeiro artigo incluído no conjunto. Ou seja, calcula-se a diferença entre o ano do artigo mais novo e do mais antigo que recebeu pelo menos uma citação, e soma-se 1.

Porém, o índice f fornece uma indicação aproximada da extensão temporal da produção científica de um autor, considerando que esta termina no ano de publicação do último artigo com pelo menos uma citação. O que não parece justo, uma vez que pode ser que o pesquisador tenha continuado produzindo, mas os seus últimos trabalhos ainda não tiveram tempo de ser citados.

Para Hirsch (2005), ao comparar dois indivíduos com um número similar de trabalhos totais ou de contagem de citação total e valores de h muito diferentes, é provável que aquele com o maior h seja o cientista mais realizado, desde que ambos tenham a mesma idade científica. Porém, neste mesmo estudo, Hirsch introduziu o parâmetro m , a fim de fornecer um critério útil para comparar cientistas de diferente senioridade. Este conceito, chamado de índice m -quociente, pode ser escrito como:

$$m = \frac{h}{n} \quad (2)$$

Onde h é o índice h do autor e n é o tempo decorrido desde o seu primeiro trabalho publicado até o presente momento. No entanto, uma crítica ao índice m -quociente é que propõe uma relação linear de h com o tempo, como se observa na equação 3. Isso significa afirmar que o índice h aumenta linearmente ao decorrer dos anos, o que não é verdade em todos os casos.

$$h \sim m \times n \quad (3)$$

4. Metodologia aplicada

O objetivo da metodologia aplicada neste estudo é propor uma forma alternativa para avaliar a produtividade de pesquisadores, levando em consideração a extensão de sua vida científica.

Dessa forma, espera-se tratar uma das críticas ao índice h , que afirma que esse índice não é adequado para comparar pesquisadores com diferente senioridade, sendo a favor daqueles com longas carreiras. Espera-se ainda evitar as desvantagens associadas aos outros índices criados com este mesmo objetivo (índice f e m -quociente), apontadas na seção anterior.

Esta metodologia sugere o uso de um modelo DEA BCC orientado a *output*, onde cada pesquisador é considerado uma DMU. A idade científica do autor, representada por n , corresponde ao *input* do modelo, e o *output* é composto pelo índice h do pesquisador. Logo, observa-se que o modelo tem o intuito de avaliar a eficiência de um autor no sentido de maximizar o seu índice h dada a extensão de sua vida acadêmica, em comparação com os demais autores do conjunto selecionado para avaliação.

Cabe ressaltar que, na metodologia proposta os docentes são avaliados individualmente, e não em grupo. Pois, como mostrado por Waltman e Van Eck (2012) e, mais tarde, por Rubem, Moura e Soares de Mello (2014), a aplicação do índice h para

avaliar grupos de pesquisadores revela inconsistências, apresentando comportamento discrepante para diferentes níveis de agregação.

O valor de n é calculado subtraindo do ano atual o ano de publicação do primeiro artigo do pesquisador que teve pelo menos uma citação, e somando 1 ao resultado para considerar o tempo gasto para preparar este primeiro artigo. Assim, para este estudo:

$$n = (\text{ano atual} - \text{ano do 1}^{\text{o}} \text{ artigo publicado com pelo menos uma citação}) + 1 \quad (4)$$

Neste ponto, poderia ter sido utilizado o índice f como *input* do modelo. Mas não o foi feito por não concordar que a vida acadêmica de um autor termina no ano de publicação do último artigo com pelo menos uma citação, uma crítica feita a este índice na seção 3.3.

Nota-se ainda que as variáveis selecionadas para aplicação do modelo DEA são as mesmas utilizadas para calcular o índice m-quociente. Contudo, ao utilizar o modelo BCC, com retornos variáveis de escala, pretende-se tratar a crítica feita a este índice, de que h não tem necessariamente uma relação linear com n . Se, ao invés de BCC, fosse utilizado um modelo DEA CCR, que considera retornos constantes de escala, estaria fazendo a mesma suposição de relação linear entre índice h e o tempo decorrido, que faz o índice m-quociente.

Assim, a principal contribuição desta metodologia é introduzir o conceito de retorno variável de escala ao índice m-quociente, ajustando a relação de h com o tempo.

Com essa perspectiva, após a aplicação do modelo proposto, os resultados obtidos serão analisados e comparados com a aplicação do índice m-quociente em sua forma original. Para realizar esta comparação, serão gerados dois *rankings* de pesquisadores, a fim de verificar as diferenças e similaridades das duas metodologias. Os resultados também serão analisados graficamente com o intuito de confirmar a predominância de retornos variáveis de escala.

5. Estudo de caso

5.1. Seleção dos cursos a serem avaliados

Para verificar a aplicação e a efetividade da metodologia descrita, foi realizado um estudo de caso na Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense (UFF). O

objetivo era avaliar a produção acadêmica dos docentes dos cursos de pós-graduação em engenharia dessa universidade.

A Escola de Engenharia da UFF possui oito programas de pós-graduação *stricto sensu*, são eles: Pós-Graduação (incluindo mestrado acadêmico e doutorado) em Engenharia de Biosistemas, Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção, Engenharia Química, Engenharia Elétrica e de Telecomunicações, e os mestrados profissionais em Montagem Industrial e Sistemas de Gestão.

Os programas profissionais têm como objetivo capacitar os profissionais para a realização de análises dos problemas do mercado, desenvolvimento de novas ferramentas ou técnicas e aperfeiçoamento de práticas de interesse da indústria. Neste sentido, a experiência do docente no mercado de trabalho passa ser um critério mais importante para avaliação da qualidade do ensino, em detrimento ao nível de produção e publicação de artigos. Por esse motivo, os dois mestrados profissionais, em Montagem Industrial e em Sistemas de Gestão, foram desconsiderados desse estudo.

Assim sendo, a metodologia descrita anteriormente foi aplicada a todos os outros seis programas restantes. Entretanto, foram escolhidos os três cursos que apresentaram as curvas e características mais distintas para terem seus resultados analisados e apresentados.

5.2. Coleta de dados

Primeiramente foram identificados os docentes que atuam em cada programa através dos *sites* oficiais de cada departamento. Em seguida, as informações com relação ao índice *h* e tempo de vida acadêmica de cada docente foram obtidas na base *Scopus*, no período de 19 a 31 de outubro de 2016.

Entende-se que os docentes que não estão listados na base *Scopus* não tiveram nenhum estudo publicado em veículo relevante para a comunidade científica. Também houve casos em que o pesquisador já publicou artigos em veículos indexados, mas, no entanto, seus trabalhos não receberam nenhuma citação até o momento da busca. Em ambos os casos, esses docentes foram desconsiderados do estudo.

A Tabela 2 apresenta um quantitativo do número de docentes em cada um dos programas de pós-graduação da Escola de Engenharia da UFF.

Tabela 2 – Número de docentes por programa de pós-graduação

Programa de pós-graduação	Número de docentes	Número de docentes considerados no estudo	%
Engenharia Civil	21	14	66,7%
Engenharia de Biossistemas	32	32	100,0%
Engenharia de Produção	20	18	90,0%
Engenharia Elétrica e de Telecomunicações	22	22	100,0%
Engenharia Mecânica	18	17	94,4%
Engenharia Química	17	16	94,1%

Fonte: Os autores (2017).

Os programas de Engenharia de Biossistemas e de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações possuem 100% de seus docentes considerados no estudo. Podemos dizer que todos os docentes desses programas são pesquisadores ativos, pois possuem artigos publicados (e citados) na base *Scopus*.

Nota-se também que, apesar de serem programas voltados para o meio acadêmico, muitos professores ainda não têm o desenvolvimento de pesquisas e a publicação de artigos científicos como parte de sua rotina de trabalho. Esse aspecto pode refletir na nota do programa na avaliação realizada pelo CAPES, que inclusive determina se o programa deve prosseguir ou ter suas atividades encerradas. No programa de Engenharia Civil, por exemplo, apenas 66,7% dos docentes são pesquisadores ativos, no que diz respeito a publicações de trabalhos científicos e reconhecimento por outros autores.

Nas Tabelas 3, 4 e 5 encontram-se os dados obtidos para os programas de Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Engenharia Elétrica e de Telecomunicações, respectivamente. Esses foram os três programas selecionados para terem seus resultados apresentados, conforme comentado na seção 5.1.

Foi observado que muitos pesquisadores não se preocupam em unificar as variações de seus nomes na base *Scopus*, para garantir que a ferramenta entenda que são a mesma pessoa. Assim, muitos dos docentes pesquisados retornaram mais de um registro, e isso gera erros no valor do índice h calculado diretamente pelo *Scopus*. Para esses docentes, o cálculo do índice h foi realizado manualmente.

Tabela 3 – Dados dos docentes do programa de Engenharia Mecânica

Docentes do Programa	Ano do 1º artigo citado	n	índice-h
MEC01	1989	28	4
MEC02	2007	10	3
MEC03	2009	8	7
MEC04	1996	21	6
MEC05	2011	6	4
MEC06	1994	23	6
MEC07	1991	26	12
MEC08	2003	14	13
MEC09	1994	23	6
MEC10	2004	13	13
MEC11	2000	17	12
MEC12	1996	21	8
MEC13	1999	18	8
MEC14	2001	16	7
MEC15	1991	26	8
MEC16	2000	17	5
MEC17	1995	22	22

Fonte: Os autores (2017).

Tabela 4 – Dados dos docentes do programa de Engenharia de Produção

Docentes do Programa	Ano do 1º artigo citado	n	índice-h
PRO01	1999	18	9
PRO02	1997	20	3
PRO03	2007	10	2
PRO04	1999	18	13
PRO05	2008	9	1
PRO06	2005	12	2
PRO07	2005	12	4
PRO08	2003	14	10
PRO09	2001	16	2
PRO10	2011	6	1
PRO11	2002	15	10
PRO12	1997	20	1
PRO13	1998	19	5
PRO14	2006	11	4
PRO15	2005	12	3
PRO16	2006	11	4
PRO17	2014	3	1
PRO18	2015	2	1

Fonte: Os autores (2017).

Tabela 5 – Dados dos docentes do programa de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações

Docentes do Programa	Ano do 1º artigo citado	n	índice-h
EET01	1999	18	4
EET02	2009	8	4
EET03	1998	19	9
EET04	2001	16	4
EET05	2011	6	5
EET06	2003	14	11
EET07	2014	3	2
EET08	1994	23	6
EET09	1996	21	11
EET10	2010	7	2
EET11	2000	17	6
EET12	2013	4	2
EET13	1994	23	9
EET14	2009	8	6
EET15	2009	8	2
EET16	2011	6	4
EET17	1995	22	6
EET18	2007	10	5
EET19	2013	4	1
EET20	2011	6	1
EET21	2009	8	3
EET22	2005	12	4

Fonte: Os autores (2017).

Cabe ressaltar que, com o intuito de evitar possíveis desconfortos e julgamentos precipitados, optou-se por não divulgar o nome dos docentes considerados no estudo.

5.3. Análise dos resultados

O modelo DEA BCC orientado a *output*, apresentado anteriormente na seção 4, foi rodado para cada programa de pós-graduação separadamente e as eficiências de cada docente foram calculadas utilizando o *software* SIAD (ÂNGULO-MEZA et al., 2005a; 2005b).

Também foi calculado o índice m-quociente para cada docente de cada programa, dividindo o índice h do pesquisador pela sua idade científica, como indicado em (2).

A partir dos resultados da aplicação do modelo DEA e do cálculo do índice m-quociente, foram gerados dois *rankings*, para cada programa de pós-graduação, onde os docentes foram classificados em ordem decrescente do índice de eficiência e de m-quociente. Os resultados para os programas de Engenharia Mecânica, de Produção e Elétrica e de Telecomunicações são apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8, respectivamente.

Tabela 6 – Resultado da eficiência e do índice m-quociente para Engenharia Mecânica

Docentes do programa	Índice de eficiência	Ranking eficiência	Índice <i>m-quotient</i>	Ranking <i>m-quotient</i>	Diferença dos rankings
MEC01	0,1818	17	0,1429	17	0
MEC02	0,3191	12	0,3000	12	0
MEC03	1	1	0,8750	4	3
MEC04	0,2857	14	0,2857	14	0
MEC05	1	1	0,6667	6	5
MEC06	0,2727	15	0,2609	15	0
MEC07	0,5455	7	0,4615	7	0
MEC08	0,9286	5	0,9286	3	-2
MEC09	0,2727	15	0,2609	15	0
MEC10	1	1	1	1	0
MEC11	0,7059	6	0,7059	5	-1
MEC12	0,3810	10	0,3810	10	0
MEC13	0,4444	8	0,4444	8	0
MEC14	0,4375	9	0,4375	9	0
MEC15	0,3636	11	0,3077	11	0
MEC16	0,2941	13	0,2941	13	0
MEC17	1	1	1	1	0

Fonte: Os autores (2017).

Tabela 7 – Resultado da eficiência e do índice m-quociente para Engenharia de Produção

Docentes do programa	Índice de eficiência	Ranking eficiência	Índice <i>m-quotient</i>	Ranking <i>m-quotient</i>	Diferença dos rankings
PRO01	0,6923	5	0,5000	4	-1
PRO02	0,2308	15	0,1500	15	0
PRO03	0,2857	12	0,2000	12	0
PRO04	1	1	0,7222	1	0
PRO05	0,1600	17	0,1111	17	0
PRO06	0,2353	14	0,1667	13	-1
PRO07	0,4706	9	0,3333	8	-1
PRO08	1	1	0,7143	2	1
PRO09	0,1739	16	0,1250	16	0
PRO10	0,2500	13	0,1667	13	0
PRO11	0,9302	4	0,6667	3	-1
PRO12	0,0769	18	0,0500	18	0
PRO13	0,3846	10	0,2632	10	0
PRO14	0,5161	7	0,3636	6	-1
PRO15	0,3529	11	0,2500	11	0
PRO16	0,5161	7	0,3636	6	-1
PRO17	0,5714	6	0,3333	8	2
PRO18	1	1	0,5000	4	3

Fonte: Os autores (2017).

Tabela 8 – Resultado da eficiência e do índice m-quociente para Engenharia Elétrica e de Telecomunicações

Docentes do programa	Índice de eficiência	Ranking eficiência	Índice <i>m-quotient</i>	Ranking <i>m-quotient</i>	Diferença dos rankings
EET01	0,3636	17	0,2222	21	4
EET02	0,6154	11	0,5000	7	-4
EET03	0,8182	6	0,4737	10	4
EET04	0,3636	17	0,2500	18	1
EET05	1	1	0,8333	1	0
EET06	1	1	0,7857	2	1
EET07	1	1	0,6667	4	3
EET08	0,5455	12	0,2609	17	5
EET09	1	1	0,5238	6	5
EET10	0,3478	19	0,2857	15	-4
EET11	0,5455	12	0,3529	13	1
EET12	0,6667	9	0,5000	7	-2
EET13	0,8182	6	0,3913	11	5
EET14	0,9231	5	0,7500	3	-2
EET15	0,3077	21	0,2500	18	-3
EET16	0,8000	8	0,6667	4	-4
EET17	0,5455	12	0,2727	16	4
EET18	0,6250	10	0,5000	7	-3
EET19	0,3333	20	0,2500	18	-2
EET20	0,2000	22	0,1667	22	0
EET21	0,4615	15	0,3750	12	-3
EET22	0,4211	16	0,3333	14	-2

Fonte: Os autores (2017).

O programa de Engenharia Mecânica apresentou 4 docentes com eficiência igual a 1: MEC03, MEC05, MEC10 e MEC17. As DMUs PRO04, PRO08 e PRO18 representam os 3 docentes considerados eficientes no programa de Engenharia de Produção. Já no programa de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações, outros 4 docentes tiveram índice de eficiência igual a 1, sendo EET05, EET06, EET07 e EET09. Dentre todos os programas, o docente PRO12, da pós-graduação em Engenharia de Produção, foi a DMU que obteve a menor eficiência, apenas 7,69%.

Analisando a Tabela 6, referente ao programa de Engenharia Mecânica, nota-se que foi o curso com a maior coerência entre os *rankings* obtidos pelo modelo DEA e pelo índice m-quociente. Dos 17 docentes avaliados, 13 tiveram a mesma classificação nos dois *rankings*, o que revela um nível de consistência de 76,5%. Os 4 docentes que não apresentaram consistência entre os *rankings*, variaram suas classificações entre 1 e 5 posições, uma variação média de 2,75 posições por docente.

Já na Tabela 7, observa-se que a pós-graduação em Engenharia de Produção foi a que apresentou o segundo maior nível de consistência. O programa obteve 50% de consistência entre os *rankings*, onde 9 de seus docentes ocuparam exatamente a mesma posição em ambos. Os outros docentes tiveram variações de apenas 1 posição, com exceção das DMUs PRO17 e PRO18, que variaram 2 e 3 posições, respectivamente. No entanto, este programa destaca-se por apresentar a menor variação média de posições dos docentes quando comparado os dois *rankings*, apenas 1,33.

Por fim, os resultados apresentados na Tabela 8 revelam que o programa de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações foi a pós-graduação da Escola de Engenharia da UFF que apresentou a menor consistência entre os *rankings*, apenas 9,1%. Isso significa que apenas 2, dos 22 docentes do programa tiveram a mesma classificação nos dois *rankings*. Também foi o programa que apresentou as maiores variações entre os *rankings*, com uma média de 3,1 posições por docente. As DMUs EET08, EET09 e EET13, por exemplo, variaram em 5 posições cada uma.

Enquanto nos programas de Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção, somados, apenas 5 docentes tiveram variação de mais de 1 posição, no programa de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações 17 docentes variaram suas classificações em mais de 1 posição.

6. Discussões

Como era de se esperar, o nível de consistência entre os dois *rankings* tem relação inversa com a diferença entre a eficiência calculada pelo modelo DEA e o índice *m*-quociente. A Tabela 9 mostra que quanto maior a diferença entre esses dois valores, menor a consistência alcançada pelo programa. Porém, essa relação não é proporcional.

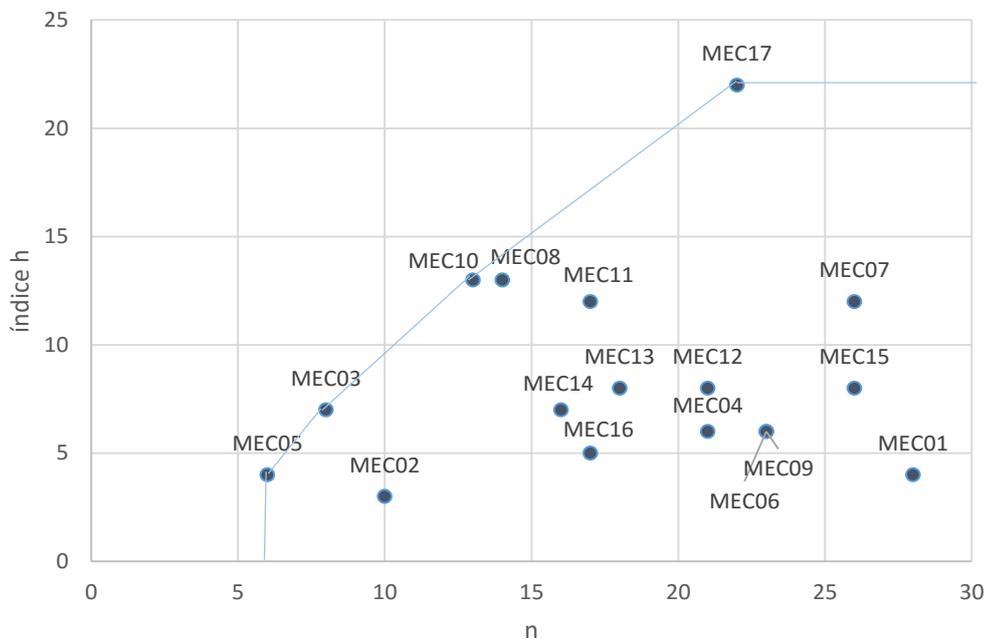
Tabela 9 – Comparativo de resultados dos programas de pós-graduação analisados

Programa de pós-graduação	Eficiência média	<i>m</i> -quotient médio	Diferença entre índices	Nível de consistência
Engenharia Mecânica	0,55486	0,51486	0,04000	76,5%
Engenharia de Produção	0,49150	0,33221	0,15929	50,0%
Engenharia Elétrica e de Telecomunicações	0,62280	0,43685	0,18595	9,1%

Fonte: Os autores (2017).

A seguir, as Figuras 2, 3 e 4, exibem a representação gráfica *input x output* dos programas de Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Engenharia Elétrica e de Telecomunicações, nessa ordem.

Figura 2 – Representação gráfica do modelo DEA BCC para o programa de Engenharia Mecânica



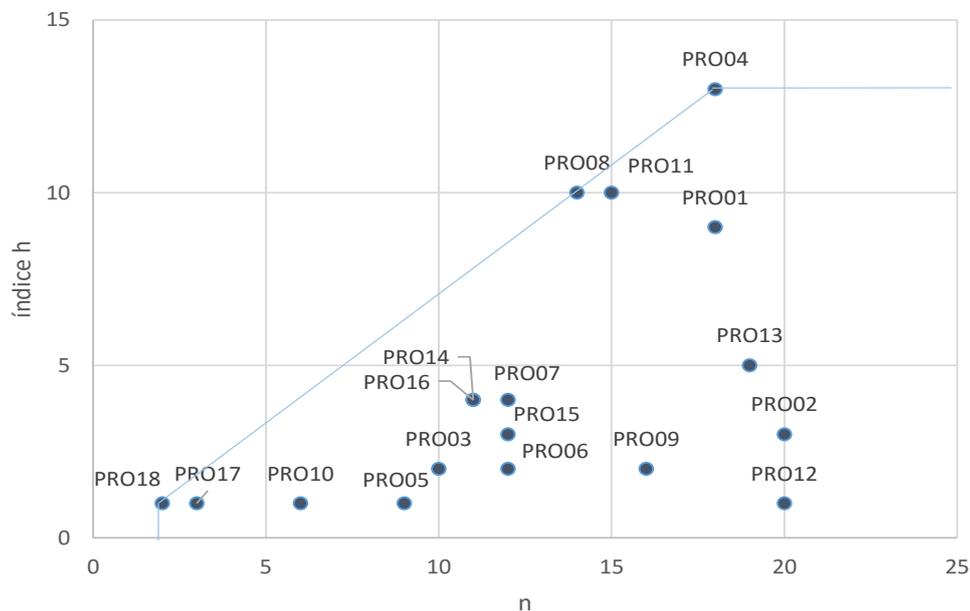
Fonte: Os autores (2017).

A DMU MEC10, na Figura 2, encontra-se em uma seção da fronteira com retorno constante de escala, onde um aumento da quantidade de *input* determina um aumento exatamente proporcional à quantidade do *output*. E, não por coincidência, verificando a Tabela 6, esse docente possui o mesmo valor para o índice de eficiência e o m-quociente, assim como possui a mesma classificação nos dois *rankings*. O mesmo acontece com a DMU MEC17, nessa mesma figura.

Dessa forma, o estudo revela que a produção acadêmica dos docentes que apresentam classificação totalmente consistente nos dois *rankings* se aproxima de uma curva com retornos constantes de escala.

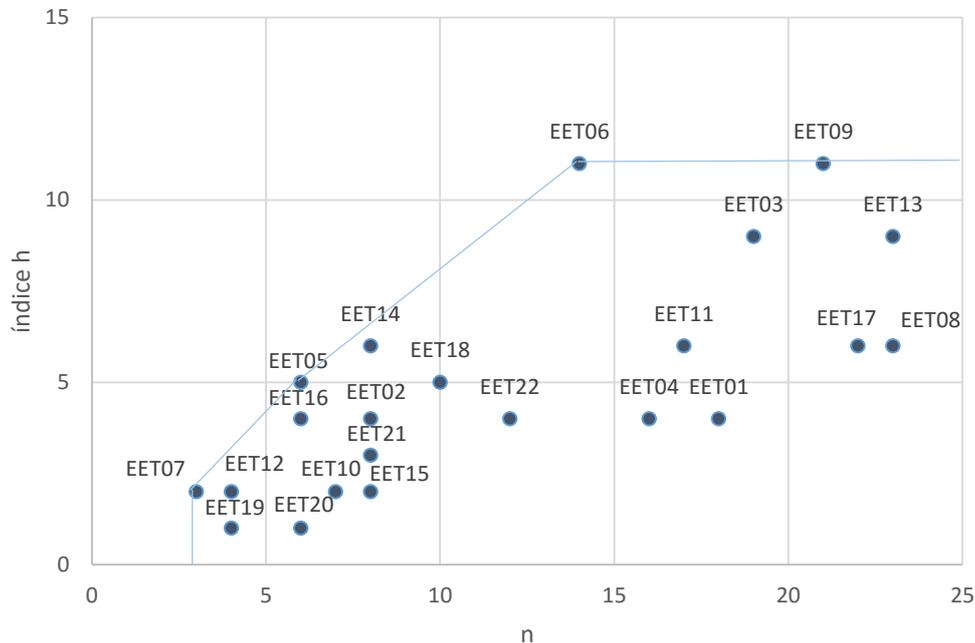
No entanto, o segmento da fronteira onde estão as DMUs MEC03 e MEC05 apresenta retornos crescentes de escala, o que significa que um aumento da variável n determina um aumento mais do que proporcional do índice h do docente.

Figura 3 – Representação gráfica do modelo DEA BCC para o programa de Engenharia de Produção



Fonte: Os autores (2017).

Figura 4 – Representação gráfica do modelo DEA BCC para o programa de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações



Fonte: Os autores (2017).

De maneira análoga, os docentes PRO04 (Figura 3) e EET05 (Figura 4) apresentaram retorno constante de escala. Já os docentes PRO08 e PRO18, na Figura 3, e EET07, na Figura 4, apresentaram retornos crescentes de escala. Ainda na Figura 4, a DMU EET06 apresentou retorno decrescente de escala.

Em todos os casos citados acima, verificou-se o fator de escala de cada DMU a partir da representação gráfica *input x output* e da sua localização na fronteira de eficiência. No entanto, uma análise semelhante pode ser realizada para as DMUs ineficientes que não estão localizadas na fronteira de eficiência. O seu fator de escala pode ser determinado através do sinal da variável v_* do modelo DEA, apresentada na equação 1.

Foi possível notar, então, que diversas DMUs, em todos os três programas, apresentaram retornos variáveis de escala (crescente ou decrescente). Em especial para os programas de Engenharia de Produção e Engenharia Elétrica e de Telecomunicações, apenas um docente apresentou retorno constante de escala, PRO04 e EET05, respectivamente.

Logo, como grande parte dos docentes estudados apresentaram retornos de escala predominantemente variáveis, fica confirmado que h não possui uma relação linear com

o tempo, isto é, com a variável n . Assim, é demonstrada a importância de se considerar o fator de escala na avaliação da produção científica de um pesquisador. Dessa forma, a metodologia proposta seria mais adequada para este tipo de avaliação, principalmente quando comparada ao índice m -quociente.

7. Conclusões

Com o objetivo de propor uma forma alternativa para avaliar a produtividade de pesquisadores, levando em consideração a extensão de sua vida científica, foi desenvolvido um modelo DEA BCC orientado a *output*. Neste modelo, cada pesquisador é considerado uma DMU, o *input* é dado por sua idade científica e o *output*, pelo seu índice h .

Dessa maneira, avalia-se a eficiência de um autor no sentido de maximizar o seu índice h dada a extensão de sua vida acadêmica, em comparação com os demais autores do conjunto selecionado para avaliação. Além disso, o modelo fornece um parâmetro útil para comparar autores de diferente senioridade.

Para verificar a aplicação e a efetividade da metodologia proposta, foi realizada uma avaliação da produção acadêmica dos docentes dos cursos de pós-graduação em engenharia da Universidade Federal Fluminense (UFF).

Ao comparar os *rankings* gerados pela aplicação do modelo DEA e pelo índice m -quociente, o estudo revelou que a produção acadêmica dos docentes que apresentaram a mesma classificação nos dois *rankings* se aproxima de uma fronteira com retornos constantes de escala. Logo, quanto mais próximo for o comportamento das DMUs analisadas (docente, pesquisador, autor, etc.) de uma fronteira com retornos constantes de escala, maior o nível de consistência entre os *rankings* gerados pelos dois métodos.

No entanto, foi possível notar que grande parte dos docentes estudados apresentaram retornos de escala predominantemente variáveis, confirmando que h não possui uma relação linear com o tempo, como supõe o índice m -quociente.

Assim, demonstrou-se a importância de considerar o fator de escala na avaliação da produção científica de um pesquisador, principal contribuição da metodologia proposta. Constatou-se também que a referida metodologia é mais adequada para este tipo de avaliação, principalmente quando comparada ao índice m -quociente.

Referências

- ANGULO-MEZA, L. et al. Free software for decision analysis a software package for data envelopment models. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS, 7., 2005, [S.l.]. *Trabalhos Completos...* [S.l.]: ICEIS, 2005a.
- ANGULO-MEZA, L. et al. ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio a Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, [S.l.], v. 25, n. 3, p. 493–503, 2005b.
- ANTONAKIS, J.; LALIVE, R. Quantifying scholarly impact: IQp versus the hirsch h. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, [S.l.], v. 59, n. 6, p. 956–969, 2008.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some Models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, [S.l.], v. 30, n. 9, p. 1078–1092, 1984.
- BANKS, M. G. An extension of the Hirsch index: Indexing scientific topics and compounds. *Scientometrics*, [S.l.], v. 69, n. 1, p. 161–168, 2006.
- BATISTA, P. D.; CAMPITELI, M. G.; KINOUCI, O. Is it possible to compare researchers with different scientific interests?. *Scientometrics*, [S.l.], v. 68, n. 1, p. 179–189, 2006.
- BENEVENUTO, F.; LAENDER, A. H. F.; ALVES, B. L. The H-index paradox: your coauthors have a higher H-index than you do. *Scientometrics*, [S.l.], v. 106, n. 1, p. 469–474, 2016.
- BRAUN, T.; GLÄNZEL, W.; SCHUBERT, A. A Hirsch-type index for journals. *Scientometrics*, [S.l.], v. 69, n. 1, p. 169–173, 2006.
- BURRELL, Q. L. On the h-index, the size of the Hirsch core and Jin's A-index. *Journal of Informetrics*, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 170–177, 2007.
- CASTILLO, C.; DONATO, D.; GIONIS, A. Estimating number of citations using author reputation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON STRING PROCESSING AND INFORMATION RETRIEVAL. 2007. Springer Berlin, *Anais...* Springer Berlin: Heidelberg, 2007.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, [S.l.], v. 2, n. 6, p. 429–444, 1978.
- CORMODE, G. et al. Socializing the h-index. *Journal of Informetrics*, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 718–721, 2013.

CONSTANT, R. S., SOARES DE MELLO, J. C. C. B., Brazilian electricity distributors efficiency index based on non radial efficiency. *IEEE Latin America Transactions*, [S.l.], v. 15, p. 1657-1663, 2017.

EGGHE, L. A rationale for the relation between the citer h-index and the classical h-index of a researcher. *Scientometrics*, [S.l.], v. 94, n. 3, p. 873–876, 2013.

FERNANDES, D. *Avaliação do desempenho docente: desafios, problemas e oportunidades*. Cacém: Texto Editores, 2008.

FRANCESCHINI, F.; MAISANO, D. A. Analysis of the Hirsch index's operational properties. *European Journal of Operational Research*, [S.l.], v. 203, n. 2, p. 494–504, 2010.

HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, [S.l.], v. 102, n. 46, p. 16569–16572, 2005.

IMPERIAL, J.; RODRÍGUEZ-NAVARRO, A. Usefulness of Hirsch's h-index to evaluate scientific research in Spain. *Scientometrics*, [S.l.], v. 71, n. 2, p. 271–282, 2007.

KATSAROS, D.; SIDIROPOULOS, A.; MANOLOPOULOS, Y. Age decaying H-index for social networks of citati. In: CEUR WORKSHOP PROCEEDINGS. 2007, [S.l.]. *Anais...* [S.l.]: CWP, 2007.

LINS, M. P. E.; ANGULO-MEZA, L. *Análise envoltória de dados: perspectivas de integração no ambiente do apoio à decisão*. Rio de Janeiro: Editora da COPPE-UFRJ, 2000.

REGALO, E. H. et al. Melhores práticas que podem contribuir para o desempenho dos alunos brasileiros do ensino fundamental. *Revista Meta: Avaliação*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 22, p. 1–28, 2016.

REIS, J. DE C.; TORRES, B. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Identificação das potências olímpicas dos jogos olímpicos de 2016 utilizando o conceito de núcleo h. *Revista Meta: Avaliação*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 26, p. 337-359, 2017.

RUBEM, A. P. DOS S.; MOURA, A. L. DE; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Comparative analysis of some individual bibliometric indices when applied to groups of researchers. *Scientometrics*, [S.l.], v. 102, n. 1, p. 1019–1035, 2014.

SAAD, G. Exploring the h-index at the author and journal levels using bibliometric data of productive consumer scholars and business-related journals respectively. *Scientometrics*, [S.l.], v. 69, n. 1, p. 117–120, 2006.

SAGARRA, M.; MAR-MOLINERO, C.; AGASISTI, T. Exploring the efficiency of Mexican universities: integrating data envelopment analysis and multidimensional scaling. *Omega*, [S.l.], v. 67, p. 123–133, 2017.

SALGADO JUNIOR, A. P. et al. Eficiência na gestão escolar: em busca das melhores práticas em Escolas Municipais Brasileiras do Ensino Fundamental. *Revista Meta: Avaliação*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 19, p. 85–122, 2015.

SCHREIBER, M. Self-citation corrections for the Hirsch index. *Europhysics Letters Association*, [S.l.], v. 78, n. 3, 2007.

SIDIROPOULOS, A.; KATSAROS, D.; MANOLOPOULOS, Y. Generalized Hirsch h-index for disclosing latent facts in citation networks. *Scientometrics*, [S.l.], v. 72, n. 2, p. 253–280, 2007.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B. et al. Engineering post-graduate programmes: A quality and productivity analysis. *Studies in Educational Evaluation*, [S.l.], v. 32, n. 2, p. 136–152, 2006.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; VALLE, F. do; BRANDÃO, L. Avaliação de um curso de matemática à distância com modelos de seleção de variáveis. *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção*, [S.l.], v. 9, n. 10, 2009.

WALTMAN, L.; VAN ECK, N. J. The inconsistency of the h-index. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, [S.l.], v. 63, n. 2, p. 406–415, 2012.

Recebido em: 01/04/2017

Aceito para publicação em: 02/10/2017

Academic Production Assessment of Researchers from Engineering Postgraduate Courses at Fluminense Federal university the using DEA model and h index

Abstract

The evaluation of academic production is a very relevant topic, since it is one of the criteria taken into account in the development of promotion policies by the Ministry of Education. One of the most popular indexes for scientific production quantification is the h index, which counts the citations received by the articles of a particular researcher, and it is able to summarize their history of scientific production in a number. At the same time, this can be understood as a limitation as it discards many details of citation record, for example, the researcher's academic lifetime. This paper proposes a new methodology for evaluating researcher's production through the calculation of each researcher's efficiency using a DEA model, considering academic lifetime as input and h-index as output. This methodology was found to be more adequate for this type of evaluation, especially when compared to the m-quotient index, since it considers varying returns to scale.

Keywords: Researcher's Production Evaluation. Data Envelopment Analysis. H-index.

Evaluación de la Producción Académica de Profesores de Cursos de Postgrado en Ingeniería de la Universidad Federal Fluminense utilizando el Modelo DEA y el Índice H

Resumen

La evaluación de la producción académica es un tema de gran importancia, por ser uno de los criterios que el Ministerio de Educación considera en el desarrollo de políticas de promoción. Uno de los índices más populares para la cuantificación de la producción científica es el índice h, que cuenta las citas recibidas por los artículos de un investigador particular, y es capaz de resumir su historia de producción científica a través de un número. Pero, también, esto se puede entender como una limitación porque descarta muchos detalles del registro de citas, por ejemplo, el tiempo de vida académica del

investigador. Por ello, este artículo propuso una nueva metodología para evaluar la producción de profesores mediante el cálculo de la eficiencia de cada investigador utilizando un modelo DEA, con el tiempo de vida académica como entrada y el índice h como salida. Se constató que esta metodología es más adecuada para este tipo de evaluación, sobre todo si se la compara con el índice de m -cociente, ya que considera retornos variables de escala.

Palabras clave: Evaluación de la Producción de Profesores. Análisis Envolvente de Datos. Índice h .