

INCORPORANDO PREFERÊNCIAS GERENCIAIS NA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE ORGANIZAÇÕES PÚBLICAS: uma abordagem DEA

ALEXANDRE DE CÁSSIO RODRIGUES
UNIVERSIDADE FUMEC (FUMEC)
alexanderodrigues.engprod@gmail.com

CRISTIANA FERNANDES DE MUYLDER
UNIVERSIDADE FUMEC (FUMEC)
cristiana.muylder@fumec.br

TIAGO SILVEIRA GONTIJO
CENTRO UNIVERSITÁRIO METODISTA IZABELA HENDRIX (CEUNIH)
tiago.gontijo@izabelahendrix.edu.br

INCORPORANDO PREFERÊNCIAS GERENCIAIS NA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE ORGANIZAÇÕES PÚBLICAS: uma abordagem DEA

RESUMO

Modelos clássicos de *Data Envelopment Analysis* (DEA) têm sido frequentemente utilizados para avaliar a eficiência de organizações públicas. Porém, tais modelos, por ignorarem as preferências dos gestores, podem classificar como eficientes organizações que, de fato, não o são. Partindo-se dessa motivação, o objetivo deste artigo foi avaliar, por meio de um modelo DEA que incorpora preferências gerenciais, a eficiência das 25 superintendências do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), uma autarquia vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Para isso, como *inputs* foram considerados o número de servidores das áreas meio e fim e, como *outputs*, a quantidade de títulos minerários outorgados em 2016. As preferências dos gestores em relação aos *outputs* foram incorporadas aos modelos DEA clássicos através do método *assurance region*. Os resultados encontrados revelaram que ao se incorporar as preferências gerenciais aos modelos DEA clássicos, o número de superintendências do DNPM que apresentaram máxima eficiência técnica operacional foi reduzido de oito para cinco. Para as superintendências classificadas como ineficientes foram identificados os *benchmarks* e alvos de desempenho, os quais são úteis, pois podem subsidiar o planejamento de ações visando à redução do elevado passivo de processos pendentes de análise pela autarquia. Isso diminuiria a morosidade do DNPM para outorgar os títulos minerários, o que estimularia os investimentos no setor mineral, o qual é de suma importância para a economia do Brasil. Destaca-se que os métodos empregados nesta pesquisa podem ser aplicados na avaliação da eficiência de organizações cujos gestores tenham preferências diferentes sobre os *inputs* e *outputs*.

Palavras-chave: Eficiência. Preferências gerenciais. *Data Envelopment Analysis*.

ABSTRACT

Classical Data Envelopment Analysis (DEA) models have often been used to evaluate the public organizations effectiveness. However, such models, by ignoring the managers preferences, can classify as efficient organizations that, in fact, are not. Based on this motivation, the objective of this paper was to evaluate, through a DEA model that incorporates managerial preferences, the efficiency of the 25 superintendencies of the National Department of Mineral Production (DNPM), an autarchy linked to the Ministry of Mines and Energy. For this purpose, the number of servers in the middle and end areas and, as outputs, the number of mining titles granted in 2016 were considered as input. Manager preferences regarding outputs were incorporated into classical DEA models using the assurance region method. The results showed that when management preferences were incorporated into classic DEA models, the DNPM superintendencies number that showed maximum operational efficiency was reduced from eight to five. For superintendencies classified as inefficient, the benchmarks and performance targets were identified, which is useful, since they can support the action planning aimed at reducing the high liabilities pending processes for analysis by the municipality. This would reduce DNPM's slowness in granting mining bonds, which would stimulate investments in the mineral sector, which is of paramount importance to the Brazilian economy. It should be emphasized that the methods used in this research can be applied in the evaluation of the organizations efficiency whose managers have different preferences on inputs and outputs.

Keywords: Efficiency. Management preferences. Data Envelopment Analysis.

1. INTRODUÇÃO

O movimento *New Public Management*, surgido na década de 1970, apresentou-se com o objetivo primordial de fazer a Administração Pública operar como uma empresa privada e, desse modo, adquirir eficiência, reduzir custos e obter maior eficácia na prestação de serviços (MOTTA, 2013). Como consequência, tornou-se comum, por parte das organizações públicas, a utilização de sistemas de avaliação de desempenho cada vez mais sofisticados (NOGUEIRA et al., 2012).

No contexto brasileiro, a inclusão, em 1998, da eficiência como um dos princípios da Administração Pública impulsionou o desenvolvimento de pesquisas com o propósito de mensurar o desempenho da área pública (DINIZ; LIMA, 2014), sobretudo por meio do emprego de modelos clássicos de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*) (MACEDO; NOVA; ALMEIDA, 2010). A DEA, a técnica de avaliação de eficiência mais citada na literatura (LIU et. al, 2013), compara o desempenho de unidades operacionais similares (*Decision Making Units – DMUs*), que consomem os mesmos *inputs* para produzir os mesmos *outputs*, diferenciando-se apenas nas quantidades consumidas e produzidas (EMOUZNEJAD; YANG, 2017).

Uma grande limitação dos modelos clássicos de DEA é que, ao atribuírem pesos aos *inputs* e *outputs* de acordo com a melhor contribuição que possam oferecer (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978; BANKER; CHARNES; COOPER, 1984), não incorporam informações sobre as preferências dos gestores quanto a essas variáveis (LIU; SHARP; WU, 2006; THANASSOULIS; PORTELA; ALLEN, 2004). Esta flexibilidade torna o método benevolente, já que pesos nulos podem ser atribuídos aos *inputs* e *outputs* nos quais as DMUs tenham pior desempenho (FÄRE; GROSSKOPF; MARGARITIS, 2015; ZHU, 2015), o que pode não ser aceito pelos especialistas do segmento em análise (FERREIRA; GOMES, 2009). Aquela limitação tem forte impacto na avaliação de eficiência de organizações públicas. Afinal, por exemplo, uma escola pública cujos alunos tenham alto índice de aprovação, mas que apresentem baixa aprendizagem, pode ser classificada como eficiente, embora aqueles “dois conceitos sejam igualmente importantes para a qualidade da educação” (INEP, 2017).

Quando os tomadores de decisão têm preferências sobre *inputs* e *outputs* estas podem ser incorporadas aos modelos DEA por meio de restrições aos pesos associados aos *inputs* e *outputs* das DMUs avaliadas. Uma revisão da evolução dos modelos DEA que incorporam preferências gerenciais através da restrição aos pesos é apresentada por Joro e Korhonen (2015). Aplicações recentes destes modelos incluem a avaliação da eficiência de hospitais públicos (GONÇALVES, 2010), de países participantes de jogos olímpicos (SHIROUYEHZAD; YAZDANI, 2014; LI et al., 2015), de empresas de energia elétrica (SARTORI, 2016) e de programas de pós-graduação (SILVA; CORRÊA; GOMES, 2017).

O objetivo deste artigo é aplicar modelos DEA com preferências para avaliar a eficiência das superintendências do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), uma autarquia federal responsável por promover a outorga de títulos minerários. Avaliar a eficiência do DNPM é relevante porque a morosidade desta entidade para outorgar os títulos minerários, uma possível consequência da escassa força de trabalho e do elevado passivo de processos pendentes de análise (TCU, 2011; DNPM, 2017c), tem resultado na redução do investimento no setor mineral (TOMAZ, 2014), que é estratégico para a economia brasileira (IBRAM, 2015). A opção por modelos DEA com preferências se justifica porque os gestores do DNPM, em função das metas que precisam cumprir para fazerem jus a uma gratificação de desempenho (BRASIL, 2004), têm diferentes preferências sobre os títulos outorgados.

Além desta introdução, este artigo contém mais quatro sessões. A segunda expõe os modelos DEA clássicos e com preferências. Na terceira são detalhados os métodos de pesquisa; a seguir discutem-se os resultados obtidos. Por fim, têm-se as considerações finais.

2. DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)

2.1. MODELOS DEA CLÁSSICOS

Eficiência é um conceito relativo que compara o que foi produzido, dados os recursos disponíveis, com o que poderia ser produzido com os mesmos recursos (ZHU, 2015). Assim, será considerada eficiente a firma que, em comparação com as demais, obtiver máximos *outputs* a partir de um conjunto fixo de *inputs* (orientação a *outputs*) ou que consumir menos *inputs* para gerar uma quantidade fixa de *outputs* (orientação a *inputs*) (COOPER; SEIFORD; ZHU, 2011).

A DEA é uma técnica não paramétrica de mensuração de eficiência, a qual foi difundida especialmente a partir dos trabalhos seminais de Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e Banker, Charnes e Cooper (1984). A principal diferença entre esses modelos clássicos é que enquanto o primeiro pressupõe retornos constantes de escala (RCE), isto é, que qualquer variação nos *inputs* implique em variação proporcional nos *outputs*, o segundo contempla o pressuposto de retornos variáveis de escala (RVE), ou seja, que para determinados volumes de *inputs*, a variação de *outputs* perca a proporcionalidade.

Na formulação matemática dos modelos DEA admite-se que N unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units* – DMUs) utilizem uma mesma tecnologia de produção para transformar m *inputs* $x_n = (x_{n1}, \dots, x_{nm}) \in \mathfrak{R}_+^m$ em s *outputs* $y_n = (y_{n1}, \dots, y_{ns}) \in \mathfrak{R}_+^s$. Assim, o escore eficiência da DMU_o (objetivo), θ_o , é dado por:

$$\theta_o = \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{oj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{oi}} = \frac{\text{output virtual}}{\text{input virtual}} \quad (1)$$

onde v_i ($i = 1, \dots, m$) e u_j ($j = 1, \dots, s$) denotam, respectivamente, os pesos que a DMU_o atribui aos *inputs* e *outputs*. Tal atribuição, que é feita de modo a maximizar a eficiência da DMU_o, o que lhe é mais favorável, é restrita ao fato de que os pesos aplicados às demais DMUs não podem gerar escores de eficiência superior à unidade. Tais condições são formalizadas no seguinte problema de programação matemática:

$$\begin{aligned} \theta_o = \underset{v, u}{\text{Max}} \quad & \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{oj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{oi}} \\ & \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{nj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ni}} \leq 1 \\ & v_i, u_j \geq 0, \forall i, j \end{aligned} \quad (2)$$

Embora seja interessante, já que permite interpretar facilmente a eficiência de uma DMU, o problema expresso em (2) admite infinitas soluções (ZHU, 2014). Para contornar essa situação, no caso de modelos orientados a *outputs*, os quais serão utilizados neste trabalho, deve-se tornar o numerador da função objetivo igual a uma constante, normalmente um, e transformar a restrição em uma diferença entre o numerador e denominador, o que faz com que os escores de eficiência variem entre zero e um. O resultado são os modelo de multiplicadores, os quais são mostrados no Quadro 1:

Modelo DEA/RCE	Modelo DEA/RVE
$\theta_o = \underset{v,u}{\text{Max}} \frac{1}{\sum_{i=1}^m v_i x_{oi}} = \underset{v,u}{\text{Min}} \sum_{i=1}^m v_i x_{oi} \quad (3)$ $\sum_{j=1}^s u_j y_{nj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ni} \leq 0$ $v_i, u_j \geq 0, \forall i, j$	$\theta_o = \underset{v,u}{\text{Max}} \frac{1}{\sum_{i=1}^m v_i x_{oi}} + v_o = \underset{v,u}{\text{Min}} \sum_{i=1}^m v_i x_{oi} + v_o \quad (4)$ $\sum_{j=1}^s u_j y_{nj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ni} \leq 0$ $v_i, u_j \geq 0, \forall i, j$

Quadro 1: Modelos DEA, sob RCE e RVE, com orientação a *outputs*, na formulação dos multiplicadores
Fonte: Adaptado de ZHU (2014, p. 50)

No problema expresso em (4), v_o é uma variável irrestrita em sinal que indica se retorno de escala é constante ($v_o = 0$) ou variável ($v_o \neq 0$). Denotando-se a solução ótima de (3) e (4) por (θ^*, u^*, v^*) , a DMU_o será eficiente, se e somente se, $\theta^* = 1$ e todos os valores de u^* e v^* forem positivos. Caso contrário, DMU_o será considerada ineficiente, sendo que os *benchmarks* dela serão as DMUs associadas às restrições de desigualdade ativas na solução ótima:

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{nj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ni} = 0 \quad (5)$$

Tem-se ainda que o escore eficiência da DMU_o calculado sob o pressuposto de retornos constantes de escala, θ_{RCE}^* , mede a eficiência técnica global, enquanto que aquele obtido sob o pressuposto de retornos variáveis de escala, θ_{RVE}^* , mede a eficiência técnica pura, a qual está relacionada ao aspecto operacional. A razão entre essas medidas fornece a eficiência de escala, que sendo unitária indica que a DMU opera em escala ótima (ZHU, 2014).

2.2. INCORPORANDO PREFERÊNCIAS AOS MODELOS DEA CLÁSSICOS

Conforme exposto anteriormente, os modelos DEA clássicos atribuem pesos aos *inputs* e *outputs* de modo que maximizem os escores de eficiência das DMUs. Por um lado, isso permite identificar DMUs ineficientes, as quais apresentam baixo desempenho mesmo após escolherem os pesos que lhe são mais favoráveis. Por outro, tal flexibilidade ignora quaisquer preferências dos gestores em relação aos *inputs* e *outputs*, uma vez que podem ser atribuídos pesos maiores a variáveis pouco importantes ou pesos nulos a outras consideradas relevantes, o que faz com que uma DMU, a priori, ineficiente seja classificada como eficiente.

Preferências gerenciais podem incluir julgamentos sobre visões prévias em relação aos *inputs* e *outputs*, da relação entre alguns *inputs* e *outputs*, de DMUs eficientes e ineficientes e das substituições de *inputs/outputs* (ALLEN et al., 1997). Essas preferências podem ser incorporadas aos modelos clássicos DEA por meio de restrição aos pesos atribuídos aos *inputs* e *outputs*. Nesse sentido, destacam-se os métodos da restrição direta aos pesos, das regiões de segurança, do *cone ratio* e da restrição aos *inputs* e *outputs* virtuais.

O método de restrição direta aos pesos, generalizado por Roll et al. (1991), impõe limites aos multiplicadores como o propósito de não ignorar ou superestimar *inputs* e/ou *outputs* na análise. Essas restrições são dadas por (6), onde V e U são constantes que, respectivamente, representam os limites impostos aos pesos dos *inputs* e *outputs*. Um inconveniente deste método é a possibilidade de gerar um problema de programação linear inviável.

$$\begin{aligned} V_i^{\text{inferior}} &\leq v_i \leq V_i^{\text{superior}} \\ U_j^{\text{inferior}} &\leq u_j \leq U_j^{\text{superior}} \end{aligned} \quad (6)$$

O método das regiões de segurança (*assurance region method*), proposto por Thompson et al. (1990), adiciona limites para os multiplicadores, restringindo, assim, os pesos a determinada região. Para isso, são adicionadas aos modelos DEA clássicos, respectivamente, as seguintes restrições aos pesos dos *inputs* e *outputs*:

$$\begin{aligned} V_{i,k}^{\text{inferior}} &\leq \frac{v_k}{v_i} \leq V_{i,k}^{\text{superior}} \\ U_{j,l}^{\text{inferior}} &\leq \frac{u_l}{u_j} \leq U_{j,l}^{\text{superior}} \end{aligned} \quad (7)$$

De cada uma das restrições apresentadas em (7) derivam-se outras duas, as quais são dadas por (8) e (9), respectivamente:

$$v_i V_{i,k}^{\text{inferior}} - v_k \leq 0 \quad (8)$$

$$v_k - v_i V_{i,k}^{\text{superior}} \leq 0$$

$$u_j U_{j,l}^{\text{inferior}} - u_l \leq 0 \quad (9)$$

$$u_l - u_j U_{j,l}^{\text{superior}} \leq 0$$

O método do *cone ratio* é uma generalização do método das regiões de segurança, feita por Charnes et al. (1989). Nesta abordagem, os pesos atribuídos aos *inputs* são restritos por um cone convexo definido por k vetores a_i ($i = 1, \dots, k$):

$$V = \sum_{i=1}^k \alpha_i a_i, \alpha_i \geq 0 \quad (\forall i) \quad (10)$$

Analogamente, os pesos atribuídos aos *outputs* são restritos por um cone convexo definido por l vetores b_j ($j = 1, \dots, l$):

$$U = \sum_{j=1}^l \beta_j b_j, \beta_j \geq 0 \quad (\forall j) \quad (11)$$

O método proposto por Wong e Beasley (1990) impõe uma limitação à proporção do *input* (ou *output*) virtual total da DMU_o utilizado pelo *input* i (*output* j) ao intervalo $[\varphi_i, \rho_i]$ ($[\varphi_j, \rho_j]$), estipulado pelo decisor, o qual reflete a importância dada ao *input* i (*output* j) pela DMU_o. No entanto, essa limitação, expressa em (12), pode acarretar em problemas de inviabilidade de difícil solução (ALCÂNTRA; SANT'ANA; LINS, 2003).

$$\begin{aligned} \varphi_i &\leq \frac{v_i x_{oi}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{oi}} \leq \rho_i \\ \varphi_j &\leq \frac{u_j y_{oj}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{oj}} \leq \rho_j \end{aligned} \quad (12)$$

Expostos os modelos DEA clássicos e os métodos para incorporar preferências gerenciais, a seguir são detalhados os métodos empregados para avaliar a eficiência das superintendências do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM).

3. MÉTODOS

Esta pesquisa é uma avaliação *ex post*, do tipo *cross section*, com abordagem descritiva e que usa métodos quantitativos (DEA, em particular). Foram considerados os dados mais recentes do DNPM, referentes ao ano de 2016, os quais foram coletados no sítio ou obtidos mediante solicitação feita ao Serviço de Informação ao Cidadão da autarquia.

Considerando-se que a técnica de DEA visa comparar a eficiência de unidades produtivas que realizam atividades similares, como DMUs foram escolhidas as superintendências do DNPM, a quais compete

- I - realizar atividades relacionadas a arrecadação, cobrança, outorga, vistorias, atendimento ao cidadão-usuário, ação fiscal, análise da legalidade dos atos, obtenção de dados e informações sobre economia mineral e o uso de geotecnologias;
- II - promover a execução orçamentária e financeira no âmbito de sua circunscrição;
- III - gerir materiais, patrimônio, documentos, pessoal, infraestrutura, tecnologia da informação e serviços gerais (MME, 2011, Art. 85).

O DNPM possui superintendências em todos os estados da federação, com exceção do Acre. Entretanto, a circunscrição da superintendência do DNPM de Goiás abrange o Distrito Federal e a superintendência do DNPM de Rondônia abrange o Acre. Assim sendo, o universo de pesquisa, que coincidiu com o tamanho da amostra, contemplou as 25 superintendências do DNPM.

Definidas as DMUs, passou-se à seleção dos *inputs* e *outputs*. Esta é uma etapa fundamental em DEA, pois os escores de eficiência são diretamente influenciados por essas variáveis (COOK; TONE; ZHU, 2014). Como não havia estudos anteriores sobre a eficiência das superintendências do DNPM, tomaram-se como referência inicial os *inputs* e *outputs* utilizados em trabalhos recentes que tiveram como propósito avaliar a eficiência de organizações do Poder Judiciário (Quadro 2). Isso é coerente porque o DNPM, assim como o Poder Judiciário, tem como atividade fim a análise de processos.

Trabalho	Inputs	Outputs
Nogueira et al. (2012)	Despesa total, total de pessoal, gastos com informática, casos novos, total de magistrados e recursos internos.	Custas e recolhimentos diversos e sentenças.
Diniz e Lima (2014)	Despesa total.	Número de processos baixados em 1º e 2º graus, no juizado especial e na turma recursal
Aráujo, Dias e Gomes (2015)	Número de processos pendentes e novos e quantidade de servidores concursados e cedidos.	Número de processos sentenciados e resolvidos.
Oliveira et al. (2016)	Número de casos e precatórias não criminais e criminais, total de funcionários e quantidade de computadores.	Número de despachos, precatórias devolvidas, sentenças, audiências, decisões interlocutórias, atuações, conciliações e atividades cumuladas.

Quadro 2: *Inputs* e *outputs* de organizações do Poder Judiciário

Fonte: Elaborado pelos autores com base Nogueira et al. (2012), Diniz e Lima (2012), Aráujo, Dias e Gomes (2015) e Oliveira et al. (2016)

Analisando-se as variáveis mostradas no Quadro 2, observa-se que, em geral, os *inputs* estão associados ao número de servidores e os *outputs*, à quantidade de processos analisados. No caso do DNPM, essas variáveis são bastante apropriadas, pois a escassa força de trabalho da autarquia e o elevado passivo de processos pendentes de análise (TCU, 2011; DNPM, 2017), tem causado a morosidade na outorga de títulos minerários, o que, conseqüentemente, tem dificultado o cumprimento da missão da instituição. Diante disso, consideram-se os *inputs* e *outputs* expostos no Quadro 3:

<i>Inputs</i>	
Indicador	Relevância
1. Número de servidores efetivos da área meio (serv_meio)	A área meio do DNPM é constituída por servidores com atribuições voltadas para o exercício de atividades administrativas e logísticas, os quais fazem uso de todos os equipamentos e recursos disponíveis para a consecução dessas atividades.
2. Número de servidores efetivos da área fim (serv_fim)	A área fim do DNPM é constituída por servidores com atribuições voltadas às atividades inerentes ao fomento e fiscalização da exploração e do aproveitamento dos recursos minerais, à fiscalização e proteção dos depósitos fossilíferos, ao acompanhamento e análise das pesquisas geológicas, minerais e de tecnologia mineral, à outorga dos títulos minerários, ao acompanhamento do desempenho da economia mineral brasileira e internacional, à implementação da política mineral, ao estímulo do uso racional e eficiente dos recursos minerais, à fiscalização sobre a arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais, à promoção e ao fomento do desenvolvimento de pesquisas científicas e tecnológicas, direcionadas ao conhecimento, ao uso sustentado, à conservação e à gestão de recursos minerais.
<i>Outputs</i>	
Indicador	Relevância
1. Número de alvarás de pesquisa publicados (alv_pub)	O Alvará de Pesquisa autoriza a execução de trabalhos voltados à definição da jazida, sua avaliação e a determinação da exequibilidade de seu aproveitamento econômico.
2. Número de licenciamentos outorgados (lic_out)	O Licenciamento credencia ao seu possuidor o aproveitamento mineral de substâncias destinadas ao emprego imediato na construção civil.
3. Número de permissões de lavra garimpeira outorgadas (perm_out)	A Permissão de Lavra Garimpeira permite o aproveitamento substâncias minerais garimpáveis, que por sua natureza, sobretudo seu pequeno volume e a distribuição irregular, não justificam, muitas vezes, investimento em trabalhos de pesquisa.
4. Número de registros de extração outorgados (reg_out)	O Registro de Extração permite aos órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, exclusivamente, extrair substâncias de uso imediato na construção civil, para que sejam utilizados somente em obras públicas, sendo proibida sua venda, lavra por terceiros ou transferência para empresas privadas.

Quadro 3: *Inputs* e *outputs* das superintendências do DNPM

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de informações disponíveis em Brasil (2004) e DNPM (2017b)

Os indicadores relativos aos *inputs* foram obtidos mediante solicitação feita ao Serviço de Informação ao Cidadão da autarquia (DNPM, 2017d) em junho de 2017, pois estes não estavam detalhados no Relatório de Gestão de 2016 (DNPM, 2017c). Já os *outputs* foram coletados no sítio da entidade (DNPM, 2017a). As estatísticas descritivas dos *inputs* e *outputs* selecionados são mostradas na Tabela 1:

Tabela 1: Estatísticas descritivas dos *inputs* e *outputs* selecionados

Variável	Tipo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
serv_meio	<i>Input</i>	2	31	13,32	7,34
serv_fim		2	58	17,12	13,40
alv_pub		15	2926	539,36	734,74
lic_out	<i>Output</i>	7	251	66,52	62,09
perm_out		0	150	7,84	29,82
reg_out		0	45	5,96	11,68

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados do DNPM (2017d) e DNPM (2017a)

Analisando-se as estatísticas mostradas na Tabela 1 (o mínimo, em particular), observa-se que ao menos um dos *outputs* referentes ao número de permissões de lavra garimpeira outorgadas (*perm_out*) e ao número de registros de extração outorgados (*reg_out*) era nulo. Haja vista que os modelos DEA admitem somente variáveis positivas não-nulas (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978; BANKER; CHARNES; COOPER, 1984), para todas as DMUs, foi somada uma unidade àqueles *outputs*. Tal procedimento, que possibilitou tornar os valores dos *outputs* positivos não-nulos, consistiu-se em uma translação de variáveis, a qual não altera os escores de eficiência calculados pela DEA, uma vez que desloca a fronteira de eficiência de modo igual para todas as DMUs (ZHU, 2015).

Há que se frisar que a grande quantidade de *inputs* e *outputs* em comparação com o número de DMUs diminui o poder de discriminação da DEA (COOK; TONE; ZHU, 2014). Nesse sentido, Ferreira e Gomes (2009, p. 149) recomendam que “[...] para cada par de variáveis insumos e para cada par de variáveis produtos [deve-se excluir] uma delas quando tiverem alta correlação (por exemplo, acima de 0,8)”. Os autores argumentam que essa exclusão é um procedimento parcimonioso, pois se baseia no princípio de que variáveis altamente correlacionadas possuem a mesma importância na determinação dos escores de eficiência das DMUs. Assim, para verificar aquela condição, calcularam-se as correlações entre as variáveis, as quais são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2: Correlação entre as variáveis

Variável	serv_meio	serv_fim	alv_pub	lic_out	perm_out	reg_out
serv_meio	1,00					
serv_fim	0,62	1,00				
alv_pub	0,47*	0,80	1,00			
lic_out	0,47*	0,83	0,86*	1,00		
perm_out	0,19	0,32	0,32	0,36	1,00	
reg_out	0,29	0,58	0,76	0,60	0,35	1,00

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados do DNPM (2017d) e DNPM (2017a)

Nota: O asterisco indica correlação significativa ao nível de 5% (sig. 2 tailed do teste de correlação de Pearson)

Verifica-se na Tabela 2 que a correlação entre os *inputs* (0,62) era menor que 0,8 e não significativa ao nível de 5%. Logo, por meio do critério de correlação, não foi possível excluir nenhum *input*. Em se tratando dos *outputs*, nota-se que *lic_out* e *alv_pub* possuíam alta correlação (0,86), a qual era significativa ao nível de 5%. Isso, de acordo com o critério de correlação, levaria à exclusão de um desses *outputs*. No entanto, optou-se por não fazê-lo, já que, além de aquelas variáveis estarem atreladas à avaliação do desempenho institucional do DNPM, conforme será mostrado adiante, o poder de discriminação da DEA é pouco afetado quando o número de DMUs é igual a, no mínimo, três vezes a quantidade de *inputs* e *outputs* (ZHU, 2015), o que ocorreu no caso em questão. Ainda quanto a Tabela 2, deve-se destacar que, com exceção de *serv_meio* com *alv_pub* e *lic_out*, não foi observada correlação significativa entre os *inputs* e os *outputs*, o que não é um impedimento porque a técnica DEA não exige que haja relacional funcional entre *inputs* e *outputs* (FERREIRA; GOMES, 2009).

Na análise dos dados adotaram-se modelos DEA orientados a *outputs*. Assim sendo, foram classificadas como eficientes as superintendências do DNPM que, levando-se em consideração o número de servidores das áreas meio e fim à disposição, conseguiram maximizar a quantidade de publicações de alvarás de pesquisa e de outorgas de licenciamentos, permissões de lavra garimpeira e registros de extração. A orientação a *outputs* foi apropriada, pois se fosse adotada a orientação a *inputs* o objetivo seria reduzi-los, mantendo-se os atuais níveis de *outputs*. Isso não seria adequado porque se deseja aumentar os *outputs*, haja vista que, de acordo com auditoria realizada pelo Tribunal de Contas da

União (TCU), o passivo de processos pendentes de análise pelo DNPM é elevado (TCU, 2011). Tem-se ainda que a força de trabalho não pode ser facilmente reduzida, uma vez que os servidores são, em geral, efetivos e, portanto, têm estabilidade. Além disso, o capital humano, o principal *input* da autarquiaⁱ, além de não ser suficiente para atender às demandas (TCU, 2011; DNPM, 2017c), tem-se reduzido devido à aposentadoria dos servidores e à não realização de concursos públicos para recompor essas vagas, o que aumenta a necessidade de otimização dos recursos humanos existentes.

É importante destacar que, anualmente, avalia-se o desempenho do DNPM quanto ao alcance dos objetivos organizacionais, os quais são fixados pelo Diretor-Geral da entidade (BRASIL, 2004). No que se refere à gestão de títulos minerários, em 2016, foi estabelecida como meta a análise de 18.700 requerimentos, conforme detalhado na Tabela 3:

Tabela 3: Metas do DNPM – Gestão de Títulos Minerários - 2016

Título minerário	Meta	%
Alvará de pesquisa	16.600	88,8
Licenciamento	1.700	9,1
Permissão de lavra garimpeira	200	1,1
Registro de extração	200	1,1
Total	18.700	100,0

Fonte: Elaborada pelos autores com base em DNPM (2017c)

Os resultados da avaliação institucional têm impacto significativo sobre a remuneração dos servidores, uma vez que 80% da gratificação que lhes é devida, a qual corresponde, aproximadamente, a 60% da remuneração total (BRASIL, 2017), é função do desempenho institucional (BRASIL, 2004). Logo, como consequência das metas estipuladas para a análise de requerimentos, é razoável supor que os gestores do DNPM tenham preferência por analisar, nesta ordem, requerimentos de alvará de pesquisa, de licenciamento e de permissão de lavra garimpeira, sendo quanto aos últimos, indiferentes com relação aos registros de extração. Diante disso, o método de regiões de segurança foi utilizado para incorporar essas preferências aos modelos DEA clássicos:

Modelo DEA/RCE	Modelo DEA/RVE
$\theta_0 = \underset{v,u}{\text{Max}} \frac{1}{\sum_{i=1}^4 v_i x_{oi}} = \underset{v,u}{\text{Min}} \sum_{i=1}^4 v_i x_{oi}$ $\sum_{j=1}^2 u_j y_{nj} - \sum_{i=1}^4 v_i x_{ni} \leq 0$ $u_1 - u_2 \geq 0$ $u_2 - u_3 \geq 0$ $u_3 = u_4$ $v_i, u_j \geq 0, \forall i, j$ <p style="text-align: right;">(13)</p>	$\theta_0 = \underset{v,u}{\text{Max}} \frac{1}{\sum_{i=1}^4 v_i x_{oi}} + v_o = \underset{v,u}{\text{Min}} \sum_{i=1}^4 v_i x_{oi} + v_o$ $\sum_{j=1}^2 u_j y_{nj} - \sum_{i=1}^4 v_i x_{ni} \leq 0$ $u_1 - u_2 \geq 0$ $u_2 - u_3 \geq 0$ $u_3 = u_4$ $v_i, u_j \geq 0, \forall i, j$ <p style="text-align: right;">(14)</p>

Quadro 4: Modelos DEA com preferências utilizados na pesquisa

Fonte: Elaborado pelos autores

Na implementação desses modelos foi utilizado o *software* Sistema Integrado de Apoio à Decisão (SIAD), proposto por Meza et al. (2005). Os resultados encontrados são apresentados a seguir.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa. Inicialmente, a Tabela 4 compara os escores de eficiência das superintendências do DNPM, calculados por meio dos modelos DEA clássico e com preferências.

Tabela 4: Escores de eficiência das superintendências do DNPM - 2016

N	Superintendência do DNPM	DEA clássico			DEA com preferências		
		Eficiência técnica		Eficiência de escala	Eficiência técnica		Eficiência de escala
		Global	Pura		Global	Pura	
1	BA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	MG	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	TO	1,00	1,00	1,00	0,86	1,00	0,86
4	RO/AC	1,00	1,00	1,00	0,68	1,00	0,68
5	PI	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6	PR	0,90	0,97	0,93	0,84	0,91	0,91
7	MA	0,65	0,69	0,94	0,58	0,60	0,97
8	GO/DF	0,67	0,82	0,82	0,43	0,46	0,94
9	RS	1,00	1,00	1,00	0,43	0,44	0,98
10	MT	1,00	1,00	1,00	0,40	0,41	0,98
11	SP	0,39	0,40	0,99	0,37	0,37	0,99
12	AL	0,53	0,63	0,84	0,21	0,37	0,55
13	CE	0,53	0,59	0,90	0,32	0,33	0,96
14	SC	0,39	0,39	1,00	0,33	0,33	0,99
15	RJ	0,46	0,53	0,87	0,27	0,28	0,95
16	PB	0,43	0,43	0,99	0,24	0,28	0,84
17	RN	0,45	0,55	0,81	0,27	0,28	0,96
18	MS	0,48	0,49	0,99	0,22	0,27	0,83
19	ES	0,37	0,40	0,94	0,26	0,27	0,97
20	SE	0,37	0,37	1,00	0,25	0,26	0,96
21	PA	1,00	1,00	1,00	0,19	0,19	0,98
22	PE	0,20	0,23	0,88	0,12	0,12	0,96
23	AM	0,12	0,16	0,74	0,09	0,11	0,86
24	RR	0,27	0,31	0,87	0,08	0,08	1,00
25	AP	0,30	0,32	0,93	0,05	0,06	0,96
	Média	0,59	0,65	0,94	0,38	0,46	0,92

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

Na Tabela 4, analisando-se os escores calculados pelos modelos DEA clássicos, verifica-se que oito superintendências do DNPM (BA, MG, TO, RO/AC, PI, RS, MT e PA) obtiveram máxima eficiência técnica (global e pura). De acordo com aqueles modelos, o nível médio de ineficiência global foi de 41% (1-0,59), o que significa que as superintendências avaliadas poderiam, em média, incrementar em até 41% a quantidade de publicações de alvarás de pesquisa e de outorgas de licenciamentos, permissões de lavra garimpeira e registros de extração, sem aumentar número de servidores das áreas meio e fim. Constata-se ainda que a ineficiência técnica global se deve mais à ineficiência técnica pura (operacional), cotada em 35% (1 – 0,65), do que à ineficiência de escala, cuja média foi 6% (1 – 0,94).

Ainda com relação aos resultados mostrados na Tabela 4, verifica-se que a incorporação das preferências gerenciais reduziu o número de superintendências eficientes para cinco. Além disso, gerou escores de eficiência técnica menores ou iguais àqueles calculados pelos modelos DEA clássicos, o que, ao nível de 5% de significância, foi confirmado mediante testes de diferenças de médias. Tais resultados se devem ao fato de que a incorporação das preferências gerenciais impediu que pesos baixos fossem atribuídos aos *outputs* considerados importantes pela organização.

A Tabela 6 mostra que as superintendências do DNPM localizadas em BA, MG, TO, RO/AC e PI, as que apresentaram máxima eficiência técnica pura, são *benchmarks* as para as demais. Além disso, são destacados os números atuais e os alvos de publicações de alvarás de pesquisa e de outorgas de licenciamentos, permissões de lavra garimpeira e registros de extração. Deve-se observar que os alvos expõem as consequências da ineficiência, pois indicam os *outputs* que deveriam ter sido obtidos, caso as superintendências fossem eficientes. Nota-se que se todas as superintendências do DNPM fossem eficientes, as metas institucionais seriam plenamente atingidas, o que não ocorre na situação atual.

Tabela 6: *Benchmarks* e alvos das superintendências do DNPM – modelo DEA com preferências

N	Superintendência do DNPM	Benchmark	Outputs							
			alv pub		lic out		perm out		reg out	
			Atual	Alvo	Atual	Alvo	Atual	Alvo	Atual	Alvo
1	BA	BA	2746	2746	125	125	5	5	6	6
2	MG	MG	2926	2926	203	203	34	34	6	6
3	TO	TO	267	267	46	46	5	5	0	0
4	RO/AC	RO/AC	125	125	33	46	6	6	1	1
5	PI	PI	331	331	36	36	0	0	0	0
6	PR	TO	568	622	47	52	0	25	3	0
7	MA	PI	294	489	34	56	0	1	0	1
8	GO/DF	BA	1057	2305	177	386	2	6	2	6
9	RS	BA	581	1327	251	573	15	36	150	343
10	MT	PI	446	1087	40	97	25	62	7	18
11	SP	BA	708	1897	47	126	0	2	4	12
12	AL	RO/AC	58	156	24	64	0	2	0	5
13	CE	BA	732	1810	76	337	0	11	1	5
14	SC	TO	610	1851	62	188	0	2	15	48
15	RJ	BA	402	1413	84	295	0	3	0	3
16	PB	TO	175	616	21	74	4	17	0	3
17	RN	TO	249	903	62	225	1	6	0	6
18	MS	TO	164	607	44	163	0	3	0	3
19	ES	TO	303	1141	51	192	0	3	1	7
20	SE	PI	95	359	18	68	0	3	0	3
21	PA	BA	438	2314	69	365	45	242	0	4
22	PE	BA	222	1787	45	362	0	7	0	7
23	AM	PI	75	689	12	110	0	8	0	8
24	RR	PI	15	185	13	160	0	11	0	11
25	AP	PI	28	497	7	124	4	88	0	17
Total			13615	28450	1627	4473	146	588	196	523
Meta			16600		1700		200		200	

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

É importante frisar que embora a DEA possibilite calcular os escores de eficiência das DMUs, essa técnica, isoladamente, não identifica os fatores que os afetam (ZHU, 2015). Assim, para completar a análise, verificou-se o efeito do número de requerimentos protocolados de alvarás de pesquisa (*alv_prot*), de licenciamentos (*lic_prot*), de permissões de lavra garimpeira (*perm_prot*) e de registros de extração (*peg_prot*) nas superintendências do DNPM (as estatísticas descritivas destas variáveis no apêndice), os quais não podem ser controlados pelos gestores, sobre os escores de eficiência técnica pura calculados pelo modelo DEA com preferências. A opção por considerar os escores de eficiência técnica pura como variável dependente se justifica porque, como já apontado, no caso das superintendências do DNPM, a ineficiência técnica global se deve mais à ineficiência técnica pura do que à ineficiência de escala.

Na estimação dos coeficientes do modelo, dado por (15), adotou-se a regressão *tobit*, a mais indicada quando a variável dependente é censurada (WOOLDRIGE, 2006), como é o caso dos escores de eficiência, que são limitados à unidade.

$$\theta_i = \beta_0 + \beta_1 alv_prot_i + \beta_2 lic_prot_i + \beta_3 perm_prot_i + \beta_4 peg_prot_i + \varepsilon_i \quad (15)$$

Os resultados das estimações são mostrados na Tabela 7. Observa-se que a significância global da regressão está garantida, conforme a estatística X^2 . Outros testes realizados relevaram não haver problemas de colinearidade, endogeneidade, heterocedasticidade ou anormalidade dos resíduos.

Tabela 7: Efeitos sobre os escores de eficiência técnica pura calculados pelo modelo DEA com preferências

Variável	Coefficiente	Erro-padrão	z	Valor p
Constante	0,2223	0,0745	2,9860	0,0028
<i>alv_prot</i>	0,0003	0,0001	2,2920	0,0219
<i>lic_prot</i>	0,0010	0,0013	0,7879	0,4308
<i>perm_prot</i>	-0,0037	0,0003	-1,4530	0,1463
<i>peg_prot</i>	-0,0037	0,0298	-1,2490	0,2116
Estatística X^2			25,89	0,000

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos resultados da pesquisa

Comentados os indicadores econométricos, passa-se à discussão da significância e do sinal dos coeficientes estimados, também destacados na Tabela 7. Assim, verifica-se, ao nível de 5% de significância, que apenas a variável independente *alv_prot* teve efeito significativo sobre os escores de eficiência técnica pura das superintendências do DNPM. O sinal positivo do coeficiente dessa variável indica que quanto mais requerimentos de pesquisa são protocolados, maior tende a ser a eficiência das superintendências. Isso é indicio de que as superintendências em que são protocolados mais requerimentos de pesquisa podem estar sendo pressionadas a analisá-los com maior celeridade, o que é coerente como o fato de as metas institucionais de análise daqueles processos serem as mais altas e, portanto, serem as preferidas pelos gestores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo usaram-se modelos DEA para avaliar a eficiência das superintendências do DNPM em 2016. Para isso, como *inputs* foram considerados o número de servidores das áreas fim e meio e como *outputs* a quantidade de títulos minerários publicados e outorgados. As preferências dos gestores em relação aos *outputs* foram incorporadas aos modelos DEA clássicos por meio de restrições aos pesos, através do método de regiões de segurança.

Os escores de eficiência calculados pelos modelos DEA clássicos revelaram que, das 25 superintendências do DNPM, oito (BA, MG, TO, RO/AC, PI, RS, MT e PA) obtiveram máxima eficiência técnica, tanto global quanto pura. Ao ser incorporar àqueles modelos as preferências dos gestores em relação aos *outputs*, verificou-se que apenas três superintendências (BA, MG e PI) foram globalmente eficientes e que, assim como estas, as superintendências de TO e RO/AC também tiveram máxima eficiência técnica pura.

Também se constatou que, em ambos os modelos utilizados, a ineficiência técnica global das superintendências do DNPM se deve mais à ineficiência técnica pura do que à ineficiência de escala. Nesse sentido, considerando-se o modelo que incorpora as preferências dos gestores, verificou-se que a quantidade de títulos minerários publicados e outorgados poderia ser incrementada em até 62%, sem aumentar a força de trabalho, o principal insumo da organização. Apurou-se ainda que as superintendências do DNPM em que são protocolados mais requerimentos de pesquisa tendem a ser mais eficientes, o que não é surpreendente, pois as metas institucionais de análise desses processos fazem com que os gestores tenham maior preferência por elas. Afinal, a remuneração dos servidores do DNPM está diretamente relacionada ao cumprimento daquelas metas.

Os resultados desta pesquisa são importantes para subsidiar o planejamento de ações que visem aumentar a eficiência das superintendências do DNPM, principalmente porque identificam os *benchmarks* e alvos de desempenho realistas. Logo, podem contribuir para a redução do elevado passivo de processos pendentes de análise pela autarquia, fomentando, assim, os investimentos no setor mineral, o qual é de suma importância para o país.

Por fim, sugere-se que em trabalhos futuros os métodos empregados nesta pesquisa sejam aplicados para avaliar a eficiência de outras organizações, como aquelas vinculadas ao Poder Judiciário, que como o DNPM lidam com a análise de processos, pelos quais os gestores podem ter preferências distintas.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTRA, A. A. M.; SANT'ANA; A., P., LINS, M. P. E.. Restringindo flexibilidade de pesos em DEA utilizando regressão MSEA. **Pesquisa Operacional**, v. 23, n. 2, p. 347-357, 2003.

ALLEN, R.; ATHANASSOPOULOS, A.; DYSON, R. G.; THANASSOULIS; E. Weights in restrictions and value judgements in Data Envelopment Analysis: evolution, development and future directions. **Anal os Operations Research**, n. 73, 1997, p. 13-34.

ARAÚJO, R. M.; DIAS, T. F.; GOMES, J. F.. Eficiência Processual no Judiciário: aplicação do DEA em varas únicas no Rio Grande do Norte. **Nucleus**, v. 12, n. 2, p. 111-134, 2015.

BANKER, R. D., CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management science**, n. 30, v. 9,, p. 1078-1092, 1984.

BRASIL. Lei n.º 11.046, de 27 de dezembro de 2004. Dispõe sobre a criação de Carreiras e do Plano Especial de Cargos do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2004.

_____. Tabela de Remuneração dos Servidores Públicos Federais Cíveis e dos Ex-territórios. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, Secretaria de Gestão de Pessoas e Relações de Trabalho no Serviço Público, v. 69, jan. 2017.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

CHARNES, A.; COOPER, W.; WEI, Q. L.; HUANG, Z. M.. Cone Ratio Data Envelopment Analysis and multiple objective linear programming. **International Journal of Management Science**, n. 20, v. 7, 1989.

COOK, W. D.; TONE, K.; ZHU, J.. Data envelopment analysis: Prior to choosing a model. **Omega**, v. 44, p. 1-4, 2014.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. **Handbook on Data Envelopment Analysis**. Springer Science, New York, 2011.

DINIZ, J. A.; LIMA, H. M.V. Eficiência na aplicação dos recursos públicos pelos tribunais de justiça do Brasil. **InterScientia**, v. 2, n. 3, 2015.

DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. **Estatísticas**. 2017a. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/acesso-a-informacao/estatisticas>>. Acesso em: jun. 2017.

_____. **Portal da Outorga**: regimes. 2017b. Disponível em: <<http://outorga.dnpm.gov.br/SitePages/regimes.aspx>>. Acesso em: jun. 2017.

_____. **Relatório de gestão** – exercício 2016. 2017c. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/acesso-a-informacao/prestacao-de-contas-1/relatorio-de-gestao-exercicio-2016/view>>. Acesso em: jun. 2017.

_____. Serviço de Informação ao Cidadão – SIC. 2017d. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/acesso-a-informacao/servico-de-informacao-ao-cidadao-sic>>. Acesso em: jun. 2017.

EMROUZNEJAD, A.; YANG, G. L. A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. **Socio-Economic Planning Sciences**, 2017.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; MARGARITIS, D.. **Advances in Data Envelopment Analysis**. World Scientific, 2015.

FERREIRA, C. M. D. C., GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados**: teoria, modelos e aplicações. UFV, 2009.

GONÇALVES, A. C. **Definição das restrições aos pesos em Análise Envoltória de Dados (AED) por correlação canônica e regressão linear**. 2010. Tese (Doutorado). Instituto Alberto Luiz Coimbra de pós-graduação e pesquisa em engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

- IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **Informações sobre a economia mineral 2015**. 2015. Disponível em: < <http://www.ibram.org.br/>>. Acesso em: jun. 2017.
- INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Ideb. 2017. Disponível em: < <http://portal.inep.gov.br/ideb>>. Acesso em: jun. 2017.
- JORO, T.; KORHONEN, P. J. **Extension of Data Envelopment Analysis with preference information**. International Series in Operations Research & Management Science, 2015.
- LIU, J. S., LU, L. Y., LU, W. M., LIN, B. J. A survey of DEA applications. **Omega**, v. 41, n. 5, p. 893-902, 2013.
- LIU, W.; SHARP, J.; WU, Z.. Preference, production and performance in data envelopment analysis. **Annals of Operations Research**, v. 145, n. 1, p. 105-127, 2006.
- LI, Y.; LEI, X.; DAI, Q.; LIANG, L.. Performance evaluation of participating nations at the 2012 London Summer Olympics by a two-stage data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 243, n. 3, p. 964-973, 2015.
- MACEDO, M. A. S. NOVA, S. P. C. C.; ALMEIDA, K. Mapeamento e análise bibliométrica da utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) em estudos em contabilidade e administração. **Contabilidade, Gestão e Governança**, v. 12, n. 3, 2010.
- MEZA, L. A.; BIONDI NETO, L.; MELLO, J.C.C.B.S.; GOMES, E.G. ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 3, p. 493-503, 2005.
- MME – Ministério de Minas e Energia. Portaria nº 247, de 8 de abril de 2011. Aprova o Regimento Interno do Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília-DF, 2011
- MOTTA, P. R. M.. O estado da arte da gestão pública. **Revista de Administração de Empresas**, v. 53, n. 1, p. 82-90, 2013.
- NOGUEIRA, J. M. M.; OLIVEIRA, K. M. M.; VASCONCELOS, A. P.; OLIVEIRA, L. G. L.. Estudo exploratório da eficiência dos Tribunais de Justiça estaduais brasileiros usando a Análise Envoltória de Dados (DEA). **Revista de Administração Pública**, v. 46, n. 5, p. 1317-1340, 2012.
- OLIVEIRA, L. G. L.; NOGUEIRA, J. M. M.; OLIVEIRA, K. M. M.; OLIVEIRA FILHO, S. M.. Medição da eficiência de magistrados e de unidades judiciárias no Ceará, Brasil: o sistema Eficiência. jus. **Cadernos EBAPE. BR**, v. 14, n. 3, 2016.
- ROLL, Y; COOK, W. D.; GOLANY; B. Controlling factor weights in DEA. **IIE Transactions**, v. 23, n.1, 1991.
- SARTORI, S. **Proposta de método de avaliação integrada de sustentabilidade com uso da análise envoltória de dados**. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

SHIROUYEHZAD, H.; YAZDANI, F.. Performance evaluation and ranking of participation Asian countries in 2012 London Olympic Games through Data Envelopment analysis. **Journal of Data Envelopment Analysis and Decision Science**, v. 2014, p. 1-11, 2014.

SILVA, J. S.; CORRÊA, C. R.; GOMES, A. P.. Determinantes da eficiência dos programas de pós-graduação em Economia do Brasil. **Reflexões Econômicas**, v. 2, n. 2, p. 55-75, 2017.

TCU – Tribunal de Contas da União. **Relatório de auditoria TC 011.720/2011-5**. 2011. Disponível em: <www.tcu.gov.br/consultas/juris/docs/judoc/acord/20111125/ac_3072_51_11_p.doc>. Acesso em: jun. 2017.

THANASSOULIS, E.; PORTELA, M. C.; ALLEN, R.. **Incorporating value judgments in DEA**. In: Handbook on data envelopment analysis. Springer US, 2004. p. 99-138.

THOMPSON, R. G.; LANGEMEIR; L. N.; LEE, C. T; LLE; E.; THRALL, R. M.. The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming. **Journal of Econometrics**, v.46n n. 1,2, 1990.

TOMAZ, R. Morosidade do DNPM na liberação de licenças de pesquisas reduz o aporte. **Diário do Comércio**, 15 jan. 2015. Disponível em: <http://www.diariodocomercio.com.br/noticia.php?tit=morosidade_do_dnpm_na_liberacao_da_s_licencas_de_pesquisas_reduz_aportes&id=128724>. Acesso em: jun. 2017.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. Pioneira Thomson Learning, 2006.

WONG, Y. H. B.; BEASLEY, J. E. Restricting weight flexibility in DEA. **Journal of the Operation Research Society**, v. 41, p. 829-835, 1990.

ZHU, J. **Quantitative models for performance evaluation and benchmarking**. Springer, 2014.

_____. **Data Envelopment Analysis: a handbook of models and methods**. Springer, 2015.

APÊNDICE

Tabela 8: Estatísticas descritivas dos requerimentos protocolados nas superintendências do DNPM - 2016

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
alv_pub	42	2761	560,40	655,23
lic_out	8	392	108,72	100,49
perm_out	0	615	62,16	139,18
reg_out	0	119	8,52	23,69

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados do DNPM (2017a)

ⁱ Em 2016, as despesas empenhadas pelo DNPM foram de R\$ 311.189.292,24. Deste valor, R\$ 253.006.130,64, o que equivalente a 81,3% do total, foram destinados ao pagamento de salários e encargos sociais dos servidores (DNPM, 2017c).