

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO 

ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS EM AUDITORIA

MINISTROS

José Mucio Monteiro (Presidente)
Ana Arraes (Vice-Presidente)
Walton Alencar Rodrigues
Benjamin Zymler
Augusto Nardes
Aroldo Cedraz de Oliveira
Raimundo Carreiro
Bruno Dantas
Vital do Rêgo

MINISTROS-SUBSTITUTOS

Augusto Sherman Cavalcanti
Marcos Bemquerer Costa
André Luís de Carvalho
Weder de Oliveira

MINISTÉRIO PÚBLICO JUNTO AO TCU

Cristina Machado da Costa e Silva (Procuradora-Geral)
Lucas Rocha Furtado (Subprocurador-Geral)
Paulo Soares Bugarin (Subprocurador-Geral)
Marinus Eduardo de Vries Marsico (Procurador)
Júlio Marcelo de Oliveira (Procurador)
Sérgio Ricardo Costa Caribé (Procurador)
Rodrigo Medeiros de Lima (Procurador)

TÉCNICA DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS EM AUDITORIAS

PORTARIA-SEGECEX 30, DE 16 DE OUTUBRO DE 2018

Tribunal de Contas da União
Internet: <http://www.tcu.gov.br>
SAFS Quadra 4 Lt. 1
CEP: 70042-900 – Brasília-DF

Secretaria-Geral de Controle Externo

Cláudio Souza Castello Branco

Secretaria-Geral Adjunta de Controle Externo

Marcelo Luiz Souza da Eira

Secretaria de Controle Externo no Estado do Paraná

João Manoel da Silva Dionísio

Elaboração

Rafael Encinas

Revisão

Dagomar Henriques Lima

Nicole Veiga Prata

Rosana de Azevedo

NCE

Brasil. Tribunal de Contas da União.

Técnica de Análise Envoltória de Dados em Auditorias / Tribunal de Contas da União. 1.ed. – Brasília: TCU, Secretaria de Controle Externo no Estado do Paraná (Secex-PR), 2018.

38 p.

1. Fiscalização. I. Técnica de Análise Envoltória de Dados em Auditorias.

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Ministro Ruben Rosa.

Aprova o documento técnico sobre Análise Envoltória de Dados em Auditorias.

O SECRETÁRIO-GERAL DE CONTROLE EXTERNO, no uso das atribuições conferidas pelo art. 34, inciso III, da Resolução-TCU 284, de 30 de dezembro de 2016, e considerando a necessidade de adoção de ferramentas que permitam aos auditores de controle externo do Tribunal de Contas da União a avaliação da eficiência em organizações, entidades, políticas, programas e projetos públicos, resolve:

Art. 1º Fica aprovado o documento Técnica de Análise Envoltória de Dados em Auditorias, na forma do Anexo Único desta portaria, com o objetivo de apresentar conceitos para compreender as possibilidades da Análise Envoltória de Dados, bem como oferecer instrumento para que o auditor identifique situações nas quais ela possa ser utilizada na avaliação da eficiência de organizações e programas governamentais.

Art. 2º Compete à Secretaria de Métodos e Suporte ao Controle Externo – Semec da Secretaria-Geral de Controle Externo – Segecex realizar estudos e propor eventuais ajustes para o aperfeiçoamento do documento técnico, bem como esclarecer dúvidas e receber sugestões acerca desse documento.

Art. 3º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

Cláudio Souza Castello Branco

SUMÁRIO

TÉCNICA DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS EM AUDITORIAS

INTRODUÇÃO	7
OBJETIVO DO DOCUMENTO	8
CONCEITO DE EFICIÊNCIA	8
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA	11
O QUE É A DEA	13
APLICAÇÃO EM AUDITORIAS E AVALIAÇÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS	20
COMO APLICAR A DEA	26
CONCLUSÃO	29

APÊNDICES

APÊNDICE A EXEMPLOS DE APLICAÇÕES DA DEA	31
APÊNDICE B OPORTUNIDADES DE APLICAÇÃO DA DEA EM AUDITORIAS	41
APÊNDICE C EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA DEA	50
REFERÊNCIAS	58

TÉCNICA DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS EM AUDITORIAS

INTRODUÇÃO

1. A auditoria operacional (ANOp) tem como objetivo avaliar o desempenho das organizações, dos programas e das atividades governamentais, sob diferentes dimensões, como eficiência, eficácia, efetividade, economicidade, equidade, entre outras. O exame do desempenho exige que as equipes aliem técnicas qualitativas e quantitativas para produção de evidências. A Análise Envoltória de Dados – DEA¹ (*Data Envelopment Analysis*) pode contribuir para que as auditorias realizadas pelo Tribunal de Contas da União – TCU avancem no uso de técnicas quantitativas de exame da eficiência.
2. A DEA é uma técnica usada para avaliação da eficiência relativa de um conjunto de unidades decisórias, como organizações e programas. Ela constrói uma fronteira de eficiência com as unidades mais eficientes na transformação de determinados insumos em certos produtos. A técnica ainda tem como vantagem a possibilidade de identificação de boas práticas, pois destaca as unidades mais eficientes, que podem ser usadas como *benchmark* para a melhoria do desempenho das demais.

¹ Mantém-se o uso da sigla DEA, correspondente ao nome da técnica em inglês, em razão de seu uso disseminado na literatura nacional sobre análise de eficiência.

3. Espera-se que a disseminação das orientações acerca da aplicação da DEA contribua para que as auditorias do Tribunal tenham suas evidências complementadas por análises quantitativas desenhadas para o exame da eficiência.

OBJETIVO DO DOCUMENTO

4. O objetivo deste documento é apresentar conceitos básicos para compreender as possibilidades da Análise Envoltória de Dados, bem como oferecer instrumento para que o auditor identifique situações nas quais ela possa ser utilizada na avaliação da eficiência de organizações e programas governamentais.
5. A leitura deste documento não dispensa a consulta a fontes adicionais, muitas indicadas no texto, para melhor aplicação da técnica em casos mais complexos.

CONCEITO DE EFICIÊNCIA

6. Antes de tratar da técnica de análise de eficiência, é necessário relembrar o conceito desta dimensão do desempenho usado em auditoria e as nuances desse conceito na literatura sobre a DEA.
7. O Manual de Auditoria Operacional (BRASIL, 2010, p.12) conceitua eficiência como “a relação entre os produtos (bens e serviços) gerados por uma atividade e os custos dos insumos empregados para produzi-los, em um determinado período de tempo, mantidos os padrões de qualidade”.

8. Desta forma, é mais eficiente quem consegue produzir uma quantidade maior de produtos a um determinado custo ou quem minimiza o custo de produzir certa quantidade de produtos. Alguns fatores também são importantes nessa relação, como o tempo decorrido e a qualidade do produto, que, em geral, são considerados fixos².
9. No lugar dos termos produtos e insumos, é comum serem empregados os termos *outputs* (saídas) e *inputs* (entradas), porque o conceito de eficiência está diretamente relacionado com a noção de processo. Segundo a ISO 9000 (ABNT, 2000), um processo é um “conjunto de atividades inter-relacionadas que transforma insumos (entradas) em produtos (saídas)”. Os insumos são as entradas do processo, é aquilo que será consumido (transformado) para gerar o produto ou serviço. Eles podem ser matérias-primas ou, também, produtos acabados ou intermediários ou, ainda, serviços ou informações (saídas) de outros processos. Produto é o resultado de um processo. Pode ser um serviço, uma informação, um material, um equipamento.
10. Como o conceito de eficiência envolve a relação entre dois fatores, pode-se diferenciar a eficiência orientada aos insumos e a orientada aos produtos. A primeira é aquela que considera que é eficiente a unidade decisória que produz determinada quantidade de produto ao menor custo. A quantidade de produto está predeterminada e o objetivo é minimizar o custo total. A segunda considera eficiente a unidade decisória que, com um gasto total predeterminado, gera a maior quantidade de produtos.

² “A principal questão é saber se os recursos foram aplicados para obter uso ótimo ou satisfatório ou se resultados similares, em termos de qualidade e tempo, poderiam ter sido alcançados com menos recursos” (ISSAI 3000/1.5, 2004).

QUADRO 1 - EXEMPLO DE ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ORIENTADA PARA INSUMOS E PARA PRODUTOS

A firma “A” produz 100 cadeiras com um custo de R\$ 2.000,00, enquanto a firma “B” produz 78 cadeiras com um custo de R\$ 1.500,00.

Na eficiência orientada ao insumo, a firma “A” gasta R\$ 20,00 para cada cadeira produzida, enquanto a firma “B” gasta R\$ 18,75 em cada cadeira, ou seja, a firma “B” é mais eficiente, porque tem um custo menor.

Na eficiência orientada ao produto, a firma “A” produz 50 cadeiras para cada R\$ 1.000,00 gastos, enquanto a firma “B” produz 53 cadeiras para cada R\$ 1.000,00. A firma “B” continua sendo a mais eficiente, pois produz mais produto com o mesmo recurso financeiro.

Assim, “B” é a mais eficiente, examinando-se a questão segundo duas orientações distintas, isto é, o resultado não muda conforme o enfoque adotado.

Fonte: Elaboração própria.

11. Existem diferentes tipos de eficiência (COELLI et al, 2003):

- a. **Eficiência Técnica (*Technical Efficiency*):** é a habilidade da firma em atingir o máximo de produção dado um número de insumos. Não considera o preço dos insumos;
- b. **Eficiência de Escala (*Scale Efficiency*):** mede o grau em que uma firma consegue otimizar o tamanho de suas operações. Uma firma pode ser muito grande ou muito pequena, resultando em uma perda de produtividade;
- c. **Eficiência Alocativa (*Allocative Efficiency*):** refere-se à habilidade da firma em selecionar a combinação adequada de insumos e/ou de produtos, dados os preços e a tecnologia disponível. Vai além da eficiência técnica, ao considerar os preços dos insumos utilizados.

12. Essa diferenciação dos tipos de eficiência é importante, porque, ao se comparar diferentes firmas, muitas vezes, é necessário retirar a eficiência de escala, pois o tamanho da firma nem sempre é uma opção do gestor. Por exemplo, caso se deseje comparar a eficiência de hospitais localizados em diferentes municípios, aqueles que se encontram em municípios maiores poderão se aproveitar melhor da escala do que aqueles que estão em municípios menores.

13. Zhu (2014) diferencia o conceito de eficiência do de eficiência relativa.

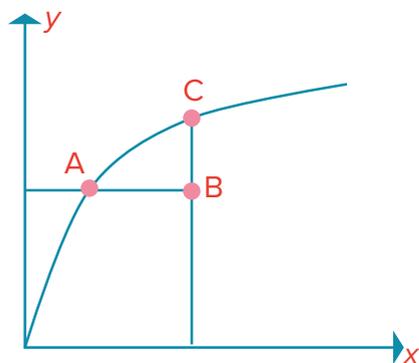
- » **Eficiência:** a eficiência total (100%) é atingida por qualquer unidade tomadora de decisão (*Decision Making Units – DMU*), se, e somente se, nenhuma de suas métricas puder ser melhorada sem piorar algumas de suas outras métricas.
- » **Eficiência relativa:** uma DMU deve ser avaliada como totalmente (100%) eficiente com base nas evidências disponíveis, se, e somente se, os desempenhos de outras DMUs não mostrarem que algumas de suas métricas podem ser melhoradas sem piorar algumas de suas outras métricas.

14. A DEA mede a eficiência relativa, pois compara o desempenho de uma DMU com o de outras, ou seja, a eficiência é calculada a partir do desempenho de um conjunto de unidades tomadoras de decisão.

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA

15. Na literatura econômica, as medidas de eficiência são representadas, normalmente, por funções de fronteiras, como demonstrado na Figura 1.

FIGURA 1 - FRONTEIRA DE EFICIÊNCIA



Fonte: Elaboração própria.

16. A fronteira de eficiência representa o máximo de produtos (y) que se obtém com um determinado nível de insumos (x), ou seja, ela representa o atual estágio tecnológico de determinada indústria. As firmas eficientes são aquelas que se posicionam sobre a fronteira ("A" e "C"). Porém, é preciso destacar que isso não significa que elas sejam perfeitas, sem desperdícios, mas, sim, que conseguem produzir o máximo possível, dadas suas restrições. As firmas que estão abaixo da fronteira ("B") são ineficientes.

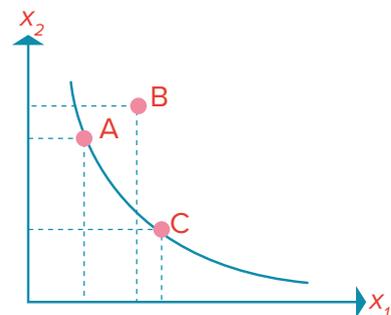
17. Caso a firma "B" deseje alcançar a fronteira de eficiência, ela pode reduzir seus custos até se igualar à firma "A" aumentando sua eficiência orientada aos insumos; ou, então, aumentar sua produção,

mantendo os custos, se equiparando à firma "C", aumentando sua eficiência orientada aos produtos.

18. Um conceito importante é o de Mudança Técnica (*Technical Change*) ou Mudança da Fronteira (*Frontier-Shift*), que consiste na elevação da quantidade máxima que determinada indústria consegue produzir de um produto. Ela é representada por um deslocamento da fronteira do gráfico para cima.

19. Outra forma de representar a relação entre insumos e produtos é por meio da isoquanta, uma curva cujos pontos indicam todas as combinações dos fatores produtivos que geram o mesmo nível de produção (VARIAN, 1994). A Figura 2 traz uma isoquanta orientada aos insumos.

FIGURA 2 - ISOQUANTA ORIENTADA AOS INSUMOS

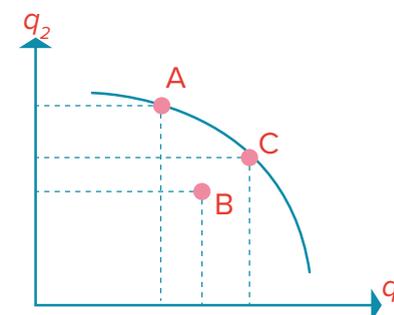


Fonte: Elaboração própria.

20. A quantidade de produtos é uma variável externa no gráfico, portanto, ela é igual para todas as firmas. A curva representa a menor quantidade de insumos que pode ser usada para se produzir essa quantidade específica do produto, enquanto x_1 e x_2 representam as quantidades de dois insumos diferentes. As firmas sobre a curva são eficientes, conseguem, mesmo com diferentes combinações dos insumos x_1 e x_2 , produzir a máxima quantidade possível. A firma "B" é ineficiente, pois utiliza uma quantidade maior de insumos para produzir a mesma quantidade do produto.

21. A Figura 3 traz uma isoquanta orientada aos produtos.

FIGURA 3 - ISOQUANTA ORIENTADA AOS PRODUTOS



Fonte: Elaboração própria.

22. Neste gráfico, a variável exógena é a quantidade de um insumo específico, enquanto os eixos q_1

e q_2 representam a quantidade de dois produtos gerados com esse insumo. As firmas "A" e "C" estão sobre a fronteira, por isso são eficientes. A firma "B", com a mesma quantidade de insumo utilizada pelas outras duas, produz uma quantidade menor dos dois produtos.

O QUE É A DEA

23. A DEA consiste em uma técnica matemática que utiliza a programação linear para estimar uma fronteira de produção não paramétrica a partir de um conjunto de dados relativos a insumos e produtos. Desta forma, a DEA tem como objetivo medir a eficiência relativa em um grupo de unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units – DMU*).

24. A programação linear consiste em métodos para resolver problemas de otimização com restrições em que a função objetivo é linear. Problemas de otimização são aqueles que buscam identificar a alternativa de menor custo, encontrar o melhor caminho, alocar melhor a mão de obra disponível em diferentes projetos para

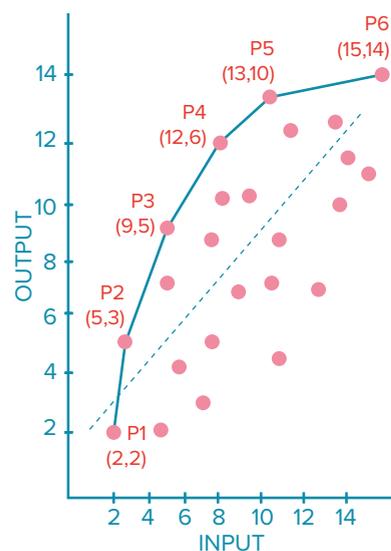
alcançar o menor tempo etc. Já as estatísticas não paramétricas são aquelas que não dependem do conhecimento prévio da função de produção e dos parâmetros da população, como média e desvio-padrão.

25. A metodologia DEA consiste na comparação entre unidades decisórias, calculando uma eficiência relativa entre elas. A comparação é um fator importante na análise da eficiência, pois a avaliação do desempenho de uma unidade decisória só tem significado quando os dados são confrontados com um padrão de comparação (sejam outras unidades decisórias ou a mesma em períodos anteriores).

26. A DEA é aplicada sobre os dados de forma a construir uma fronteira de eficiência, formada pelas firmas mais eficientes, ou seja, com a melhor relação entre insumo e produto, definindo, então, a posição das demais firmas em relação a essa fronteira. Ela se chama envoltória, porque a fronteira é criada de forma a envolver todas as DMUs, ou seja, nenhuma DMU pode ficar além da curva. A Figura 4 apresenta

uma comparação entre a análise da eficiência utilizando-se a DEA e a regressão linear.

FIGURA 4 - COMPARAÇÃO ENTRE DEA E REGRESSÃO LINEAR

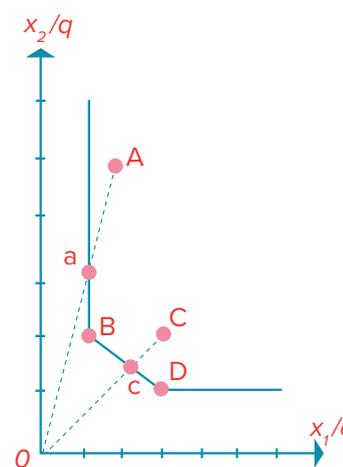


Fonte: CHARNES, 1994.

27. A linha tracejada representa a regressão linear. Seriam eficientes as DMUs localizadas acima da linha e ineficientes as localizadas abaixo, com a eficiência sendo medida pela distância até a linha. Já a DEA constrói a fronteira com todas as DMUs que envolvem as demais. Ainda que a DMU P1 esteja localizada abaixo da linha de regressão, na DEA, será eficiente, pois, com aquela quantidade de insumos, é a que produz mais.

28. A eficiência é uma medida relativa na DEA e varia entre 0 e 1, sendo que as firmas mais eficientes são representadas pelo valor 1 ou 100%. Esse valor é chamado de score (*score*). As firmas que se encontram sobre a fronteira recebem a pontuação máxima. Para calcular a eficiência das firmas que estão fora da fronteira, a DEA cria uma projeção de cada DMU ineficiente sobre a fronteira com base nas firmas que se situam sobre ela. Essa projeção é chamada de alvo (*target*) e as firmas sobre a fronteira escolhidas para comparação são chamadas de pares (*peers*). Esses conceitos podem ser observados na Figura 5.

FIGURA 5 - EXEMPLO DE FRONTEIRA DE EFICIÊNCIA



Fonte: Coelli et al (2005).

29. O gráfico é uma isoquanta orientada aos insumos e, em cada eixo estão as quantidades dos insumos x_1 e x_2 usadas para produzir uma quantidade determinada de produto (q). Como a quantidade de produto é uma variável exógena ao gráfico, ela é igual para todas as DMUs.

30. Estão representadas no gráfico quatro DMUs: “A”, “B”, “C” e “D”. A fronteira foi construída utilizando-se as duas DMUs mais eficientes: a firma “B” é a que utiliza a menor quantidade do insumo x_1 e a firma “D” é a que utiliza a menor quantidade do insumo x_2 . Os pontos “a” e “c” representam a projeção das firmas ineficientes sobre a fronteira. Para definição da projeção “a”, foi utilizada a firma mais semelhante, no caso a “B”, que é, portanto, um par da firma “A”. Na definição da projeção “c”, foram usadas as firmas “B” e “D”, ou seja, as duas são pares da firma “C”.

31. O score de cada firma ineficiente é calculado pela razão entre a distância da origem dos eixos do gráfico até o ponto da projeção sobre a fronteira e pela distância da origem até o ponto da firma

ineficiente. No caso acima, a eficiência técnica da firma “C” é medida pela divisão da distância O-c pela distância O-C.

- 32.** Nesse gráfico, pode-se observar outro conceito importante na DEA, que é o de folga (*slack*). Como a fronteira é formada por apenas duas firmas, a isoquanta fica paralela aos eixos de cada um dos insumos antes do ponto “B” e depois do “D”. Quando a projeção de alguma firma ineficiente fica sobre um desses trechos paralelos, esse ponto não é o mais eficiente, pois poderia, ainda, haver redução de um dos insumos. Isso pode ser observado na projeção da firma “A”. O ponto “a” é formado pelo uso de 1 unidade do insumo x1 e 3 unidades do insumo x2. Isso não é tão eficiente quanto a firma “B”, que utiliza 1 unidade de x1 e 2 unidades do insumo x2. Essa diferença de 1 unidade de x2 recebe o nome de folga ou excesso (*slack*).
- 33.** Existem três formas de se chegar a essa folga: 1) DEA de um estágio; 2) DEA de dois estágios; 3) DEA de multiestágios.
- 34.** No primeiro método, utiliza-se, apenas, uma equação de programação linear e calcula-se a folga de forma residual. O método de dois estágios utiliza duas fórmulas de programação linear. O de multiestágios utiliza uma sequência de problemas de programação linear radiais. Coelli (2005) afirma que o método multiestágios identifica os pontos de projeção eficientes que possuem uma combinação de insumos e produtos semelhante ao dos pontos ineficientes. Assim, o autor re-

comenda a utilização desse método prioritariamente em relação aos outros dois. Sendo assim, esse último método é o que deve ser usado em auditorias.

- 35.** Existem dois modelos clássicos de DEA. O modelo CRS (*Constant Returns to Scale*) usa como premissa retornos constantes de escala, ou seja, considera que o tamanho das firmas não impacta em sua eficiência, não influencia a produtividade de seus insumos. Esse modelo é adequado quando todas as firmas estão operando numa escala ótima. Todavia, em muitos casos, isso não acontece, seja por competição imperfeita, regulação governamental ou restrições financeiras. Assim, Banker, Chanes e Cooper (1984) propuseram o modelo VRS (*Variable Returns to Scale*), de retornos variáveis de escala, também chamado de BCC, com as iniciais de seus criadores.
- 36.** A análise também pode ser executada pelo método *Cost* DEA, que considera os preços dos insumos ou produtos. Nesse caso, é medida também, além da eficiência técnica, a eficiência alocativa.
- 37.** Quando se deseja medir a eficiência ao longo do tempo, são usados dados em painel. Para isso, utiliza-se o método Malmquist DEA, que possui duas vantagens: “(i) nenhuma informação de preço é requerida e (ii) as medidas de mudanças de Produtividade Total dos Fatores (TFP)³ podem ser decompostas em componentes, tais como ‘mudanças na tecnologia’ e ‘mudanças na eficiência técnica’” (SANT’ANNA; OLIVEIRA, 2002, p. 2).

³ Produtividade Total dos Fatores – TFP: corresponde à razão entre um índice ponderado da produção (no caso de vários produtos) e o índice ponderado dos insumos. Assim, ela considera a produtividade de todos os produtos por todos os insumos.

38. Apesar de o foco da DEA ser a avaliação da eficiência, é preciso destacar que o termo aqui é usado de forma ampla, não apenas no sentido de eficiência produtiva, que envolveria uma relação entre insumos e produtos. A técnica também pode ser usada com indicadores de efetividade, com vistas a avaliar, por exemplo, que escolas apresentam o melhor desempenho diante dos custos incorridos. Assim, ao invés de considerar apenas o desempenho em relação ao produto da escola – crianças formadas –, podem ser incluídos indicadores que demonstrem a qualidade do ensino, como o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica.
39. Ainda nesse sentido, segundo Zhu (2014), é comum considerar a DEA como uma técnica que mede a eficiência de DMUs que usam múltiplos *inputs* para “produzir” múltiplos *outputs*. Porém, o uso do termo produção pode induzir a uma confusão: de se considerar que a DEA estima, apenas, funções de produção. Ela também pode ser usada para *benchmarking*, utilizando-se medidas de desempenho para estimar não uma fronteira de produção, mas uma fronteira de melhores práticas. Zhu (2014) cita o exemplo de uma pessoa que deseja comprar um *notebook* e considera diversos critérios para sua escolha, como preço, memória RAM, capacidade do HD, vida útil da bateria, peso etc. Não há transformação de insumos em produtos, mas a DEA pode ser usada para identificar as melhores compras. Algumas variáveis são desejáveis de serem minimizadas, como o preço e peso, enquanto outras se deseja maximizar, como memória RAM e capacidade do HD. Portanto,

- ao invés de uma categoria de insumos e uma categoria de produtos, mede-se a razão entre duas categorias com indicadores de desempenho.
40. Segundo Zhu (2014), “em geral, a DEA minimiza ‘entradas’ e maximiza ‘saídas’; em outras palavras, níveis menores do primeiro e níveis maiores do último representam melhor desempenho ou eficiência. Isso pode ser uma regra para classificar as métricas nesses dois títulos”. Porém, existem exceções. Por exemplo, poluentes em um processo produtivo são *outputs*, mas são indesejáveis. Existem modelos de DEA para lidar com produtos indesejáveis.
41. Nem sempre um produto deve ser considerado um *output* na DEA. Em determinados casos, o produto é a redução de um problema, ocorrendo o chamado “*output* indesejável” (GOMES; MANGABEIRA; MELLO, 2005). Esse tipo de produto é comum no setor público: redução de mortes em hospitais, redução no número de casos de dengue, redução no número de acidentes de trânsito, diminuição da criminalidade. Nesse caso, o objetivo não é maximizar a quantidade de produtos, pelo contrário, deseja-se minimizá-los. Assim, “*output* indesejável” pode ser tratado como um *input* na DEA, após uma transformação matemática (SILVA, 2006, p. 45).
42. Também existem fatores que podem desempenhar o duplo papel de *inputs* e *outputs*. Por exemplo, estudantes de mestrado formados em uma universidade são um *output*, mas o número de estudantes de mestrado que participam como assistentes em projetos de pesquisa é um *input*. Assim, quando alguém deseja avaliar a eficiência relativa de um conjunto de universidades, precisa ter claro qual o propósito da identificação de benchmarks, para classificar em um grupo ou outro.
43. Em algumas situações, as DMUs podem ter estruturas de dois ou mais estágios, em que o *output* de um processo é *input* de outro processo. Por exemplo, os bancos captam depósitos bancários como o *output* de um primeiro estágio, e estes depósitos são usados para realizar em-

préstimos, ou seja, são *inputs* do segundo estágio. Existem modelos especializados de DEA que podem lidar com esses tipos de métricas.

44. Zhu (2014) apresenta, então, a seguinte definição de DEA, que busca ampliar seu escopo para além da análise da eficiência produtiva:

A DEA pode ser vista como uma metodologia de avaliação de múltiplos critérios, onde as DMUs são alternativas e as entradas e saídas da DEA são dois conjuntos de critérios de desempenho onde um conjunto (entradas) deve ser minimizado e as outras (saídas) devem ser maximizadas.

45. O Apêndice A apresenta uma exemplificação de possíveis usos da DEA, a partir de trabalhos acadêmicos.

APLICAÇÃO EM AUDITORIAS E AVALIAÇÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

46. A auditoria operacional é composta por oito fases (Figura 7). O início da auditoria se dá com a seleção de temas a serem abordados. Escolhido um tema, elabora-se, no planejamento, o projeto de auditoria, que tem por finalidade detalhar os objetivos do trabalho, as questões a serem investigadas, os procedimentos a serem desenvolvidos e os resultados esperados com a realização da auditoria. Na execução, é feita a coleta e análise das informações que fundamentarão as respostas às questões de auditoria e subsidiarão a elaboração do relatório destinado a comunicar os achados e as conclusões do trabalho. Por fim, depois que o relatório é apreciado pelo Tribunal, decorrido determinado prazo para que o gestor implemente as recomendações e determinações, é feito o monitoramento, que tem como objetivo acompanhar as providências adotadas pelo auditado, além de aferir o benefício decorrente de sua implementação.

FIGURA 6 - CICLO DA AUDITORIA OPERACIONAL



Fonte: Manual de Auditoria Operacional (BRASIL, 2010, p. 14).

47. A utilização da DEA pode ocorrer em diversas dessas fases. A técnica pode ser aplicada no planejamento, como, por exemplo, na seleção da amostra de unidades a serem auditadas. Com base no ranking de eficiência gerado pela DEA, podem ser selecionadas para execução da auditoria as unidades com menor eficiência, conforme foi realizado na Auditoria Operacional FOC Farmácia Básica (Quadro 2).

QUADRO 2 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA DEA NA FASE DE PLANEJAMENTO DA ANOP NO PROGRAMA FARMÁCIA BÁSICA

Tendo em vista a complexidade na gestão da assistência farmacêutica, que preconiza a gestão coordenada das três esferas da federação, a auditoria operacional na assistência farmacêutica básica foi realizada na modalidade de Fiscalização de Orientação Centralizada – FOC, da qual participaram dez Secretarias de Controle Externo – Secexs estaduais. Em cada estado, foram auditados o governo estadual e três municípios, com o objetivo de analisar a implantação e operacionalização da assistência farmacêutica básica, avaliando a eficiência na gestão dos recursos pelos entes estaduais e municipais.

A escolha dos municípios foi feita com base em *ranking* de eficiência relativa entre os municípios, obtidos por meio de DEA. Uma limitação encontrada foi a falta de dados específicos da assistência farmacêutica básica, uma vez que não existem informações acerca dos gastos com medicamentos nem da quantidade de medicamentos dispensados. Desta forma, optou-se pelo uso de dados gerais de saúde.

Foram usados como insumos (*inputs*) os recursos gastos com pessoal, material de consumo, serviços de terceiros – pessoa física e serviços de terceiros – pessoa jurídica. Esses dados foram coletados no Sistema de Informações sobre Orçamento Público em Saúde – Siops.

Como produtos (*outputs*), foram usados os dados de número de ações realizadas: Ações coletivas e individuais em saúde; Consultas/Atendimentos/Acompanhamentos; Tratamentos odontológicos. Esses dados foram coletados do Sistema de Informação Ambulatorial do SUS – SIA/SUS. Todos os dados se referiram ao ano de 2009.

As equipes das Secexs estaduais deveriam auditar três municípios, sendo um deles a capital do estado e os outros dois escolhidos entre os 5% menos eficientes em dois *rankings*: municípios com até 50 mil habitantes e municípios com mais de 50 mil habitantes.

Foi utilizado para a execução da análise o DEA Program (TC 011.290/2010-2).

Fonte: Elaboração própria.

48. Outro exemplo de utilização da DEA no planejamento ocorreu na ANOp realizada com o objetivo de avaliar a política de lotação adotada, o perfil dos servidores da autarquia e o monitoramento da produtividade dos servidores e das unidades do INSS (Quadro 3). A DEA foi usada para mensurar a eficiência de agências e gerências executivas do INSS, tendo por base dados de concessão e indeferimento de benefícios, alterações

cadastrais e outros atendimentos realizados nas unidades do INSS (produtos), além do quantitativo de servidores por cargo nessas unidades (insumos). No transcurso da execução, foram visitadas unidades do INSS em cinco estados diferentes (DF, MS, SP, BA e PB), sendo escolhidas aquelas que se destacaram por serem eficientes ou pouco eficientes.

QUADRO 3 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA DEA NA FASE DE PLANEJAMENTO DA ANOP NO INSS

A Auditoria Operacional no Instituto Nacional de Seguro Social – INSS teve como objetivo verificar a política utilizada pela autarquia para alocar seus servidores e a suficiência da lotação atual nos diversos postos de atendimento e administração da autarquia.

Entre as questões de auditoria, destacava-se: “A quantidade de servidores, nas diferentes unidades do INSS, é suficiente para atender a demanda?”

Segundo o relatório de auditoria:

A importância e contribuição da análise que será apresentada se tornam evidentes, na medida em que o discurso rotineiramente ouvido pelos auditores de que as deficiências na política previdenciária são causadas por uma carência no quadro de pessoal perde força, na medida em que se apresenta, na análise de eficiência abaixo, que é possível garantir um maior número de concessões e atendimentos nas Agências da Previdência Social – APSs e nas Gerências Executivas – GEXs com aperfeiçoamento da gestão, haja vista que outras APSs com os mesmos insumos apresentam resultados eficientes.

Ainda durante o planejamento, a DEA foi utilizada para mensurar a eficiência de agências e gerências executivas do INSS, tendo por base dados de concessão e indeferimento de benefícios, alterações cadastrais e outros atendimentos realizados nas unidades do INSS (produtos), além do quantitativo de servidores por cargo nessas unidades (insumos). Foram utilizados 21 modelos VRS, em dois estágios, orientados a insumos, com vários cenários, incluindo diferentes grupos de APSs, tipos de atendimento e tipos de RH.

As gerências com melhor e pior performance foram analisadas de acordo com suas características, com o desempenho de suas APSs (DEA) e com a logística necessária para realizar as viagens até essas localidades dentro do prazo previsto para os trabalhos de campo. Nas gerências executivas, identificaram-se as APSs mais eficientes ou menos eficientes e não muito distantes da gerência executiva (logística) (TC 016.601/2013-0).

Fonte: Elaboração própria.

49. Segundo o Manual de Auditoria Operacional do TCU (BRASIL, 2010, p. 13), “pela sua natureza, as auditorias operacionais são mais abertas a julgamentos e interpretações e seus relatórios, conseqüentemente, são mais analíticos e argumentativos”. Assim, a utilização de técnicas como a DEA traria uma maior consistência para as análises realizadas nas auditorias, pois os argumentos teriam o suporte de dados quantitativos adicionais. Outra possibilidade seria utilizar a metodologia para confirmar análises realizadas por outros métodos, como na auditoria operacional no Programa Irrigação e Drenagem, de 2002 (Quadro 4).

QUADRO 4 - APLICAÇÃO DA DEA NA AUDITORIA OPERACIONAL NO PROGRAMA IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

O objetivo da auditoria no Programa Irrigação e Drenagem foi identificar os fatores de sucesso nos perímetros de irrigação implantados pelo governo federal e definir como os disseminar.

A auditoria elaborou uma classificação dos perímetros de irrigação com base nos critérios analisados, conferindo uma nota a cada um deles. Para verificar a adequabilidade da classificação obtida, também foi aplicada a DEA orientada a produtos.

No caso, o modelo aplicado foi aquele que leva em conta ganhos variáveis de escala, o DEA-V ou DEA-BBC. Esse modelo, proposto por Banker, Charnes e Cooper (1984), relaxa a imposição de tecnologia com retornos constantes de escala e admite que o conjunto de possibilidades de produção apresente retornos crescentes, constantes e decrescentes de escala em diferentes segmentos da superfície envoltória construída.

Cada perímetro de irrigação representou uma DMU. Foram usados como insumos (*inputs*): o valor bruto de produção, as despesas com manutenção e operação e o custo de implantação estimado. Os produtos (*outputs*) foram: água disponibilizada e área irrigada. Segundo o relatório da auditoria:

O índice de correlação entre as classificações obtidas pela DEA (Tabela 16) e a classificação final (Tabela 14) foi de 0,71, para um máximo possível de 1,00. Isso demonstra que a DEA pode fornecer uma ordenação bastante aceitável, com a vantagem de necessitar de bem menos esforço para sua obtenção (foi gasta uma hora com preparação dos dados e uso do *software*). Tal resultado reforça o valor da classificação anteriormente proposta e recomenda o uso da metodologia aqui aplicada. (TC 011.895/2001-4)

Fonte: Elaboração própria.

50. Outra possível aplicação da DEA em ANOp seria no monitoramento. Segundo o Manop, “monitoramento é a verificação do cumprimento das deliberações do TCU e dos resultados delas advindos, com o objetivo de verificar as providências adotadas e aferir seus efeitos”. A DEA é utilizada em muitos estudos com o objetivo de comparar a eficiência de uma mesma unidade decisória em momentos distintos no tempo, buscando verificar se houve melhora na eficiência. Assim, ela poderia informar, no monitoramento, se as recomendações e determinações propostas resultaram em melhoria da eficiência da organização ou do programa auditado.

51. Além de aplicável em Auditorias Operacionais, a DEA também pode ser empregada em outros tipos de fiscalizações, como levantamentos. No levantamento realizado pela Secretaria de Controle Externo da Previdência, do Trabalho e da Assistência Social – SecexPrevidência (TC 013.804/2013-8), utilizou-se a DEA para comparar as eficiências dos Centros de Referência de Assistência Social – CRASs com as dos Centros de Referência Especializados de Assistência Social – CREASs e as eficiências dos CRASs com o Índice de Desenvolvimento dos CRASs – IDCRAS. Com base nas correlações resultantes, identificou-se que quanto melhor for avaliado um CRAS pelo IDCRAS, maior a probabilidade de ele ter potencial de aumentar sua eficiência. Ou seja, com a capacidade instalada de serviços que já possui, poderia obter maiores resultados. Concluiu-se, ainda, que CREASs mais eficientes estão presentes em localidades que contam com CRASs também eficientes e vice-versa, ou seja, que a governança existente em determinado município pode influenciar positivamente a atuação eficiente concomitante dos CRASs e CREASs.

52. O Apêndice B apresenta uma análise acerca de auditorias operacionais do TCU em que a DEA poderia ter sido empregada.

COMO APLICAR A DEA

53. A aplicação de DEA deve ocorrer em três fases (GOLANY; ROLL, 1989):

- a. primeira fase: são definidas as DMUs a entrarem na análise;
- b. segunda fase: são selecionadas as variáveis (insumos e produtos) relevantes e apropriadas para estabelecer a eficiência relativa das DMUs;
- c. terceira fase: é executado o modelo DEA em programas de computador.

54. A escolha das DMUs deve ser cuidadosa, pois a DEA é sensível a valores extremos (FARIA, JANNUZZI e SILVA, 2008). Por um lado, isso é positivo, porque ela leva em consideração as boas práticas; por outro lado, se os dados forem imprecisos, no caso de uma DMU não ser confiável, pode levar a desvios nas análises. Segundo Peña (2008, p. 97):

[...] as unidades selecionadas devem ser homogêneas, isto é, produzir os mesmos bens e serviços, utilizando insumos iguais. Quanto ao número de unidades, não existem normas definidas. Porém, quanto maior a quantidade de unidades analisadas, maior será a capacidade discriminatória do modelo.

55. Ainda na seleção das DMUs, a DEA pressupõe a existência de homogeneidade entre as DMUs, em termos da natureza das operações que elas realizam e das condições sobre as quais elas atuam. Fatores que diferenciam as DMUs e impactam a eficiência devem ser considerados no modelo. Por exemplo, escolas municipais localizadas em áreas mais pobres de um determinado município estão sujeitas a uma série de fatores que dificultam o aprendizado das crianças. Ou então, escolas mais novas no município podem possuir uma infraestrutura melhor do que aquelas implantadas há mais tempo. Caso a infraestrutura não seja considerada nos insumos, o resultado da DEA pode não refletir a eficiência em si na utilização dos recursos, mas o fato de a DMU dispor de mais recursos que as outras.

56. De um lado, alguns autores apontam como vantagem da DEA o fato de ela permitir a inclusão de variáveis ambientais no modelo, fatores que não são controláveis pelo gestor. Segundo Avkiran (2011), a inclusão de variáveis exógenas pode ocorrer como variáveis insumo ou produto do próprio modelo ou em análises de dois estágios que utilizam modelos de regressão para identificar fatores determinantes do índice de eficiência calculado pela DEA.

57. De outro lado, defende-se a separação das DMUs heterogêneas antes da realização da DEA. Para isso, pode-se utilizar, por exemplo, a Análise de Agrupamentos (*Clusters*), que é um “grupo de técnicas multivariadas cuja finalidade principal é agregar objetos com base nas características que eles possuem” (HAIR et al., 2009).

58. A segunda fase é a seleção dos insumos e produtos. A escolha das variáveis não deve ser feita sem critérios. É preciso que os insumos e produtos tenham relação direta entre si. Os produtos devem ter origem na transformação dos insumos escolhidos, isto é, deve haver uma relação de causalidade. A análise DEA é uma técnica matemática que irá apresentar um resultado independentemente de os dados acerca dos insumos e produtos estarem corretos ou não, não há crítica dos dados informados⁴.

59. É preciso evitar, também, que a inclusão de muitas variáveis no modelo faça com que a DEA atribua escore 1,00 a muitas DMUs, fazendo com que seu poder discriminatório seja reduzido.

⁴ Uma discussão mais aprofundada dos modelos de seleção de variáveis pode ser consultada em Senra et al. (2008).

Existe uma recomendação empírica para que o número de DMUs seja, no mínimo, o dobro do número total de insumos e produtos (GOMES, 2005).

QUADRO 5 - FATORES DIFICULTADORES DA UTILIZAÇÃO DA DEA NA AUDITORIA OPERACIONAL NOS MAMÓGRAFOS

A Auditoria Operacional nos Mamógrafos teve como objetivo verificar a aplicação de recursos federais na aquisição, no controle e na manutenção dos mamógrafos na rede pública de saúde e na rede conveniada. A equipe de auditoria tentou aplicar a metodologia DEA para comparar a eficiência na utilização dos equipamentos, mas esbarrou na falta confiabilidade dos dados disponíveis.

Seria utilizado o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde – CNES, em que está registrado o número de equipamentos existentes em cada unidade de saúde. Porém, por meio de questionários e visitas a campo, foi identificado que os registros não correspondiam à realidade: em muitas unidades, havia mais mamógrafos do que os cadastrados, enquanto, em outras, a quantidade era menor. A falta de confiabilidade das bases de dados do setor público, principalmente na área da saúde, é um obstáculo que inviabiliza a aplicação de técnicas de diagnóstico como a Análise Envoltória de Dados.

A partir das distorções nos dados, a equipe optou por não realizar a DEA em âmbito nacional, restringindo sua aplicação às unidades de saúde no Distrito Federal, em que os dados poderiam ser confirmados por visitas. Porém, mesmo com os dados corretos, ainda não foi possível aplicar a técnica, porque muitos dos insumos não eram usados apenas para a realização de mamografias, como os médicos, que realizam diversas outras atividades além do exame. Uma opção seria incluir mais variáveis de insumos e produtos. Porém, como o número de DMUs era pequeno, a análise ficaria prejudicada, em virtude do grande número de variáveis em relação às unidades decisórias (TC 033.176/2008-4).

Fonte: Elaboração própria.

60. A terceira fase de aplicação da DEA consiste na execução da análise. Aqui, deve ser definido se o modelo é CRS ou VRS, de quantos estágios, se Cost DEA ou Malmquist DEA, e, também, se é orientado a insumos ou a produtos.

- 61.** Existem diferentes *softwares* que podem ser usados para realizar a DEA. Existem programas comerciais, como: DEA Solver Pro (<http://www.saitechinc.com/products/prod-dsp.asp>), Frontier Analyst (<http://www.banxia.com/frontier/>), MaxDEA (<http://www.maxdea.cn/>) e PIM-DEASoft (<http://www.deasoftware.co.uk/>). Também existem *softwares* livres: DEAP (<http://www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.php>) e Sistema Integrado de Apoio à Decisão – SIAD (<http://www.uff.br/decisao/>). Também é possível utilizar programas e linguagens de programação para realizar a DEA, como *Excel Solver*, *DEAxl Tool* do Excel, Linguagem de Programação Estatística R, Linguagem Python, entre outros.
- 62.** No Apêndice C deste documento, apresenta-se um exemplo de aplicação da DEA, utilizando-se o DEAP.

CONCLUSÃO

- 63.** Há uma ampla gama de oportunidades de aplicação da DEA em auditorias e outras fiscalizações do TCU.
- 64.** Entre as possíveis utilidades da metodologia nas auditorias, destacam-se as possibilidades de selecionar a amostra da auditoria com base em eficiência, proporcionar maior robustez aos achados de auditorias, identificar boas práticas e, também, possíveis pontos de melhorias nos programas.
- 65.** Apesar de não ser de difícil aplicação, a metodologia DEA exige alguns cuidados, principalmente, na seleção das variáveis a serem usadas como insumos e produtos e definição de qual modelo utilizar. Os programas eletrônicos que operacionalizam a análise irão apresentar resultados sejam quais forem os dados inseridos. Assim, cabe ao auditor ter o conhecimento da importância dessa escolha.

APÊNDICE A – EXEMPLOS DE APLICAÇÕES DA DEA

Nesta seção, busca-se apresentar trabalhos e artigos científicos em que a DEA foi aplicada, como forma de ilustrar seus possíveis usos nas auditorias e avaliações de políticas públicas.

COMPARAÇÃO ENTRE ORGANIZAÇÕES, ÓRGÃOS, ENTIDADES E EMPRESAS

A aplicação mais tradicional da DEA é para comparação da eficiência entre firmas. No caso do setor público, pode ser utilizada para comparação entre diferentes organizações, órgãos e entidades, como realizado nos trabalhos a seguir.

- » LINS et. al. (2007) – “**O uso da Análise Envoltória de Dados – DEA para avaliação de hospitais universitários brasileiros**”: de modo a demonstrar como a modelagem por DEA permite aferir o desempenho dos hospitais e subsidiar a avaliação da implantação da Política de Reestruturação dos Hospitais de Ensino, desenvolve-se um estudo de caso com os 31 hospitais gerais pertencentes a universidades federais brasileiras. É apresentado o *benchmark* dos hospitais universitários por meio de indicadores de resultado (*outputs*), que consideram as diferenças estruturais e/ou as demandas regionais (*inputs*). A modelagem também permite indicar as mudanças necessárias para as unidades ineficientes (alterações nos vetores de *inputs* e/ou *outputs*) e gerar recomendações sobre a distribuição dos recursos públicos baseada em qualidade/eficiência.

- » SOUSA JR et. al (2013) – “**Avaliação da eficiência dos portos utilizando Análise Envoltória de Dados: estudo de caso dos portos da Região Nordeste do Brasil**”: foram analisadas as instalações e operações de contêineres e granéis sólidos dos principais portos da Região Nordeste. A obtenção da eficiência portuária, efetuada por tipo de carga, auxilia no planejamento de médio e longo prazo, de forma a organizar os portos para aumentar a movimentação horária e de cargas, contribuindo, assim, para a eficiência dos terminais.
- » AZEVEDO et al. (2012) – “**Uso de Análise Envoltória de Dados para mensurar eficiência temporal de rodovias federais concessionadas**”: o presente trabalho faz uso da DEA para avaliar a eficiência temporal de rodovias federais que fazem parte do Programa de Concessão de Rodovias, com base nos relatórios anuais publicados pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT nos anos 2005 até 2008. Dois modelos DEA são considerados: o primeiro visa a medir a eficiência da concessionária que administra a rodovia com relação ao uso de bens de capital e à gestão de pessoal na operacionalização da rodovia; o segundo avalia a eficiência da rodovia com relação ao uso das receitas e dos investimentos em segurança.
- » NOGUEIRA et. al. (2012) – “**Estudo exploratório da eficiência dos Tribunais de Justiça estaduais brasileiros usando a Análise Envoltória de Dados**”: o objetivo deste trabalho foi comparar a eficiência relativa dos Tribunais de Justiça estaduais do Brasil. Foram utilizados os dados do relatório Justiça em Números, edições 2007 e 2008, publicadas pelo Conselho Nacional de Justiça – CNJ. Os dados foram analisados sob enfoque de um modelo orientado para *outputs*, usando a DEA para análise da eficiência dos Tribunais. Verificou-se um aumento no número de Tribunais que alcançaram o nível máximo de eficiência relativa entre 2007 e 2008. Alguns Tribunais foram indicados como referências para os demais. Foi apresentada, também, a situação do Tribunal de Justiça do estado do Ceará, junto a uma análise dos fatores que precisariam ser ajustados para o alcance de sua eficiência máxima.

COMPARAÇÃO ENTRE TECNOLOGIAS E MODELOS

Além de comparar diferentes DMUs, a DEA pode ser utilizada para comparar diferentes técnicas ou modelos de produção, com vistas a apontar quais seriam mais eficientes. Por exemplo, pode-se comparar se hospitais públicos que tiveram seu gerenciamento transferido para Organizações Sociais – OSs são mais eficientes que os mantidos sob gestão pública, visando a apontar se o modelo das OSs realmente é mais eficiente, conforme preconizam seus defensores. A seguir, são apresentados trabalhos que teriam seguido essa linha.

- » SOUZA, SCATENA e KHERIG (2016) – “**Aplicação da Análise Envoltória de Dados para avaliar a eficiência de hospitais do SUS em Mato Grosso**”: no SUS, convivem hospitais públicos e privados, emergindo a seguinte questão: qual deles é mais eficiente? Este trabalho é um estudo exploratório de natureza quantitativa, realizado em dez hospitais do SUS localizados em três regiões de saúde do estado de Mato Grosso. A Análise Envoltória de Dados aplicada foi orientada a *output*, possibilitando o cálculo da Eficiência Total e Eficiência Técnica dos hospitais selecionados. O resultado mostrou que, utilizando tal modelo e nesse grupo de estabelecimentos, os hospitais privados seriam mais eficientes que os públicos.
- » MACIEL et. al. (2014) – “**Avaliação de processos licitatórios de embarcações de apoio marítimo offshore com utilização de Análise Envoltória de Dados**”: o trabalho apresentou uma proposta de utilização da DEA em processos licitatórios para contratação, pela Petrobras, de embarcações tipo PSV (*Platform Supply Vessel*), de apoio marítimo. A relevância do trabalho está em considerar as variáveis econômicas e técnicas envolvidas no processo, em alternativa ao processo atual de contratação, que considera, apenas, o menor preço. A escolha da proposta de menor preço pode gerar custos extras ao longo do tempo, pois não considera aspectos técnicos na avaliação das propostas concorrentes. Utiliza-se o modelo DEA CCR

para análise das propostas concorrentes, com uso complementar da fronteira invertida para cálculo da eficiência. A vantagem desta proposta é que são considerados os aspectos econômicos e técnicos, sem qualquer interferência do decisor.

- » SOUZA (2012) – **“Avaliação da eficiência energética usando Análise Envoltória de Dados: aplicação aos países em desenvolvimento”**: neste trabalho, desenvolveu-se uma avaliação comparativa do desempenho energético entre países em desenvolvimento, em função do crescimento econômico, da sustentabilidade e do desenvolvimento humano, utilizando o método denominado Análise Envoltória de Dados. O método DEA tem como característica possibilitar a análise de sistemas produtivos com várias entradas e saídas, tanto saídas desejáveis quanto indesejáveis. Com a metodologia desenvolvida, foi possível identificar os melhores resultados relativos às estratégias de políticas energéticas e verificar que, diferentemente dos países desenvolvidos, que buscam a otimização de processos produtivos, uma vez que já têm uma estrutura consolidada, os países em desenvolvimento necessitam continuar seu processo de crescimento, fazendo uso das tecnologias e dos processos de uso racional de energia criados pelos países desenvolvidos.

COMPARAÇÃO ENTRE A EFICIÊNCIA ANTERIOR E POSTERIOR A DETERMINADA MUDANÇA NAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Além de comparar diferentes DMUs para avaliar qual tecnologia ou modelo seria mais eficiente, essa comparação pode ser realizada em diferentes períodos no tempo, com o objetivo de indicar se, após implementada determinada mudança na política pública, houve melhora na eficiência, como foi realizado nos trabalhos a seguir.

- » SOUSA, GUIMARAES e GOMES (2016) – **“Convergência e mudanças tecnológicas: uma análise das emissões de gases de efeito estufa”**: as emissões de gases de efeito estufa contribuem para o aquecimento global, o que torna necessária a adoção de medidas para a mitigação desses gases, como o progresso tecnológico e a maior eficiência pro-

ductiva. O trabalho buscou verificar se os países do Anexo I e do Não Anexo I do Protocolo de Quioto obtiveram mudanças tecnológicas e de eficiência e se houve uma possível convergência da eficiência entre os países no período de 1995 a 2010. Para isso, utilizou-se a Análise Envoltória de Dados, que, por meio do Índice de Malmquist, permite verificar essas mudanças. Os resultados mostraram que houve mudança tecnológica e convergência na eficiência, o que demonstra maior preocupação dos países com relação às mudanças climáticas.

- » DINIZ (2016) – **“Governança da água: uma avaliação dos serviços brasileiros de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos anos de 2002, 2007 e 2012”**: o trabalho realizou uma avaliação dos serviços brasileiros de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos anos de 2002, 2007 e 2012 com base nos princípios e nas diretrizes da governança pública. Para isso, utilizou-se a metodologia Análise Envoltória de Dados com orientação produto, em que se verificou a fronteira de eficiência e eficiência relativa dos prestadores de serviço, levando em conta o uso dos recursos públicos em detrimento à abrangência dos serviços e do desempenho financeiro antes e após a implementação da Lei Nacional do Saneamento Básico – LNSB. Posteriormente, aplicou-se o Índice de Malmquist, para analisar a dinâmica de produtividade dos fatores entre os anos. Observou-se uma melhoria na produtividade em todos os períodos analisados, entretanto o período posterior a LNSB apresentou menor avanço em relação ao período anterior, fato atribuído à maior redução do efeito emparelhamento, aliada ao baixo crescimento do efeito deslocamento.

ANÁLISE DOS RESULTADOS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

A princípio, a análise da eficiência recai sobre as entradas e saídas de um processo, considerando as saídas como os produtos concretos gerados. Por exemplo, um programa de vacinação teria como *outputs* o número de pessoas vacinadas; uma universidade teria alunos formados; o bolsa família, o número de beneficiários do programa. Contudo, a DEA também pode ser realizada

não com o produto direto do processo em si, mas com o impacto que a política pública produz na sociedade, a efetividade do programa. Assim, ao invés do número de pessoas vacinadas, o *output* da DEA seria a redução do número de casos de determinada doença, a inserção dos alunos da universidade no mercado de trabalho ou a redução da proporção da população na extrema pobreza. Isso pode ser observado nos trabalhos relacionados abaixo.

- » FARIA, JANNUZZI e SILVA (2008). “**Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da Análise Envoltória no estado do Rio de Janeiro**”: analisou-se a eficiência dos gastos públicos nos municípios fluminenses no período 1999/2000, por meio da aplicação da Análise Envoltória de Dados. O estudo adotou os indicadores sociais e de gastos municipais das seguintes áreas temáticas da realidade social: educação e cultura; saúde e saneamento. Foram selecionados indicadores de despesas per capita com educação e cultura e com saúde e saneamento como *inputs* do modelo em questão. Já as variáveis “candidatas” a *outputs* foram definidas como: taxa de alfabetização de 10 a 14 anos; proporção de domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário adequado; proporção de domicílios particulares permanentes com saneamento adequado; inverso da taxa de mortalidade por causas hídricas; proporção de crianças de dois a cinco anos matriculadas em creches ou escolas de educação infantil. O artigo destacou como “boas práticas”, no que se refere à eficiência das políticas públicas, pelos resultados que alcançam em termos do que alocam como recursos ou pelas condições de renda média, os municípios de São Gonçalo, Japeri, Queimados, Cantagalo, São João de Meriti e Resende.
- » MARINHO, CARDOSO e ALMEIDA (2012) – “**Avaliação de eficiência em sistemas de saúde: Brasil, América Latina, Caribe e OCDE**”: o trabalho deu sequência à série de estudos desenvolvidos no Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea, visando a comparar a eficiência do sistema de saúde brasileiro com os sistemas de saúde de outros países. Realizaram-se avaliações de eficiência que procuraram inferir em que medida o investimento, em termos monetários, no sistema

de saúde do Brasil, comparado com os sistemas de saúde dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE da América Latina e do Caribe, seria eficiente em maximizar indicadores relacionados ao desempenho desses sistemas.

IDENTIFICAÇÃO DE BENCHMARKS E DEFINIÇÃO DE METAS

Dentro da comparação da eficiência entre firmas, a DEA permite identificar os *benchmarks*, aquelas firmas que possuem o melhor desempenho e podem ser usadas pelas demais como padrão de comparação e inspiração, na busca pelas melhores práticas. Sherman e Zhu (2013) se referem à DEA como “*balanced benchmarking*”, pois ela permite às companhias referenciar e localizar melhores práticas que não são visíveis por outras metodologias administrativas comumente usadas. Nesse contexto, também é possível identificar qual seria a situação ideal para as DMUs ineficientes, qual a meta que elas devem alcançar. A seguir são apresentados trabalhos em que a DEA foi utilizada para identificação de benchmarks.

- » PESSANHA, SOUZA e LAURENCEL (2007) – “**Um modelo de Análise Envoltória de Dados para o estabelecimento de metas de continuidade do fornecimento de energia elétrica**”: na abordagem proposta, combinaram-se dois modelos de Análise Envoltória de Dados em um processo com dois estágios. Primeiro, um modelo DEA clássico estabeleceu quanto cada distribuidora deveria melhorar globalmente seus indicadores de continuidade. Em seguida, por meio de um modelo para alocação de recursos, baseado em DEA, compararam-se os desempenhos dos conjuntos em uma mesma distribuidora e definiram-se as metas locais de continuidade para cada conjunto. Foram apresentadas metas locais para os conjuntos das duas principais concessionárias que atendem o estado do Rio de Janeiro.
- » SILVA (2006) – “**Mensuração da produtividade relativa para o setor de distribuição de energia elétrica nacional inserida no cálculo do fator X**”: propôs-se, nesta pesquisa, uma metodologia de cálculo de fator X respaldada na experiência internacional e contendo vantagens

teóricas em relação à metodologia vigente, calcada na Resolução ANEEL 55/2004. A eficiência técnica da firma foi tomada como parâmetro de produtividade entre as empresas. Um benchmarking, utilizando a DEA, foi realizado em uma significativa amostra de distribuidoras, buscando-se explicar, por meio de um só modelo, a produtividade entre tais empresas, que atuam em áreas de concessão tão díspares. A metodologia proposta gera uma competição por comparação, resultando em um mecanismo mais robusto de incentivo à eficiência no setor. A pesquisa apresentou, portanto, um ranking de eficiência entre as distribuidoras, com o objetivo de uma primeira estimativa do conjunto de valores de fator X no atual aparato regulatório brasileiro.

- » CARACA, SALGADO JR e YAMAGUTI (2014) – **“Uma análise, por Análise Envoltória de Dados, do efeito do investimento financeiro na nota da Prova Brasil das escolas do ensino fundamental municipal do Brasil em 2011: um estudo de caso em uma escola do interior do estado do Rio de Janeiro”**: o artigo teve como objetivo analisar o investimento em educação realizado nas escolas públicas municipais em comparação com suas respectivas notas na Prova Brasil, buscando evidências que mostrem em que se deve investir para melhorar o desempenho das escolas nessa avaliação escolar. O trabalho consistiu em uma análise quantitativa denominada Análise Envoltória de Dados, que selecionou as sete escolas municipais do ensino fundamental II do país mais eficientes em transformar recursos por aluno em nota da Prova Brasil, em um universo de 10.157 escolas. Para entender com detalhes o porquê de essas escolas serem as selecionadas pelo modelo matemático, foi realizada, em uma das sete escolas mais eficientes, por meio de um estudo de caso, uma análise qualitativa em profundidade, com o objetivo de verificar as estruturas de ensino, desde a Secretaria Municipal de Educação – SME até o funcionamento da escola. Os resultados do caso mostram as melhores práticas dessas estruturas, com destaque para o alto investimento em professores, a sólida área contábil e de compras na SME, além de um rígido sistema disciplinar atrelado a um modelo tradicional de ensino na escola em questão.

- » EFF, KLEIN e KYLE (2012) – **“Identifying the Best Buys in U.S. Higher Education”**: Quais instituições americanas de ensino superior oferecem o melhor valor para os consumidores? Para responder a essa pergunta, avaliaram-se as instituições dos EUA em relação a uma fronteira multifatorial de análise por envoltória de dados (DEA), com base em dados de 2000-2001 para 1.179 instituições de quatro anos. As pontuações das “best buy” geradas permitem a classificação das instituições por uma soma ponderada das características institucionais por dólar gasto. As pontuações da DEA indicam a distância de cada instituição da fronteira de “best buy” para as características escolhidas, fornecendo um meio objetivo de classificar as instituições como as “melhores compras” no ensino superior.

IDENTIFICAÇÃO DE VARIÁVEIS QUE CONTRIBUEM PARA A MAIOR EFICIÊNCIA

Uma vez identificadas as DMUs mais eficientes, é possível tentar identificar quais variáveis levaram tais unidades a alcançar maior eficiência. Diversos estudos têm utilizado a regressão Tobit como um segundo estágio da DEA, em que se busca verificar que fatores são determinantes para a eficiência das unidades decisórias.

- » GOMES, MANGABEIRA e MELLO (2005) – **“Análise de Envoltória de Dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso”**: o uso de Análise de Envoltória de Dados para medir eficiência de produtores agrícolas permite indicar quem é eficiente, as razões para a ineficiência e os produtores cujas práticas podem servir de referência para os ineficientes. Os modelos que estimaram a eficiência por grupos de produtores possibilitaram a identificação de classes de eficiência e permitiram traçar o perfil desses produtores com variáveis não incluídas nos modelos. Em geral, os produtores eficientes são aqueles que: têm telefone na propriedade e usam computadores para a agropecuária; fazem contabilidade da produção; têm energia elétrica e água para produção; possuem mapa ou escrituração do imóvel rural; não têm renda extra-agrícola; fazem parte de entidades de representação ou de participação social; têm algum tipo de preocupação ambiental

(fazem rotação de culturas, empregam práticas de conservação do solo etc.); fazem uso intensivo de insumos industriais.

- » VALERIO (2015) – “**Análise Envoltória de Dados e Índice Malmquist em estruturas de rede: um modelo Tobit truncado aplicado aos condicionantes da eficiência bancária brasileira**”: os bancos desempenham um importante papel para o desenvolvimento dos países, pois, em suas atividades operacionais, alocam recursos para os setores produtivos. O presente trabalho buscou analisar a eficiência dos 30 maiores bancos brasileiros, durante o período de 2012-2014, por meio de um processo de dois estágios. No primeiro estágio, o modelo de eficiência DEA em estruturas de rede foi adotado para mensurar o desempenho dos bancos, tanto por uma abordagem de intermediação financeira quanto por uma abordagem de rentabilidade, simultaneamente. Já no segundo estágio, utilizando esses escores de eficiência calculados como variáveis dependentes, uma regressão Tobit foi utilizada para analisar como o ambiente financeiro pode explicar os níveis de eficiência auferidos pelos bancos.
- » MOREIRA et. al. (2010) “**Fatores determinantes da eficiência dos programas de pós-graduação acadêmicos em administração, contabilidade e turismo**”: este estudo teve como objetivo mensurar a eficiência dos programas de pós-graduação acadêmicos em administração, contabilidade e turismo, além de possibilitar uma reflexão sobre os fatores determinantes de sua eficiência, no triênio 2004/2006. Foram utilizados Análise Envoltória de Dados e modelo de regressão censurada (Tobit) com dados em painel. Os resultados revelaram que os programas com maior número de alunos matriculados se apresentaram mais eficientes, sugerindo que os programas de pós-graduação alcançam maior eficiência quando operam em maior escala. O envolvimento dos docentes em projetos de pesquisa e a participação de membros externos aos programas nas atividades influenciam positivamente o nível de eficiência. Essas ações devem ser incentivadas, de forma a maximizar a eficiência dos programas de pós-graduação acadêmicos em administração, contabilidade e turismo e contribuir com o desenvolvimento científico das referidas áreas do conhecimento.

APÊNDICE B – OPORTUNIDADES DE APLICAÇÃO DA DEA EM AUDITORIAS

Tendo como objetivo identificar as oportunidades de aplicação da DEA em auditorias operacionais do TCU, Encinas (2010) realizou um levantamento das auditorias operacionais apreciadas pelo Tribunal em 2009 e 2010, com vistas a identificar em quais delas a técnica poderia ter sido aplicada. Foram analisados 40 relatórios de auditoria apreciados nesse período, tendo sido desconsiderados os relatórios individualizados de FOCs.

Em nenhuma dessas auditorias foi utilizada a DEA. Dos 40 relatórios de auditoria analisados, observou-se a possibilidade de aplicação da DEA em dez deles. Naqueles em que não foi possível identificar oportunidade de utilização da técnica, a maior parte se deve ao fato de o objeto da auditoria não possuir unidades decisórias para comparação. Muitas auditorias têm como objetivo avaliar a atuação de apenas uma organização, que, normalmente, detém o monopólio do serviço nas áreas pública e privada. São exemplos dessa limitação as auditorias a seguir, com os respectivos objetivos.

- » Acórdão 309/2009-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Walton Alencar Rodrigues: avaliar, por meio do Documento de Origem Florestal, a efetividade do novo controle de trânsito de produtos florestais exercido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama.
- » Acórdão 519/2009-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Augusto Sherman: avaliar a atuação da Comissão Nacional de Energia Nuclear como órgão responsável pela regulação e pelo fomento do setor nuclear e verificar a segregação dessas funções, os procedimentos de licenciamento e fiscalização para as instalações nucleares e radiativas, o

arcabouço jurídico dessas atividades, assim como o plano de emergência de acidentes nucleares para o Complexo Nuclear Almirante Álvaro Albert.

- » Acórdão 2.888/2009-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Walton Alencar Rodrigues: avaliar o desempenho da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária – Infraero nos processos relativos à construção e reforma dos aeroportos.

Em outras auditorias, a eficiência não era uma dimensão a ser avaliada. O foco das auditorias estava em questões como o desenho da política, os instrumentos de controle, o planejamento das ações, entre outros. Seguem alguns exemplos.

- » Acórdão 668/2009-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Augusto Nardes: examinar o desenho do Benefício de Prestação Continuada da Assistência Social – BPC, bem como os controles adotados para a prevenção e detecção de erro e fraude na concessão e manutenção do benefício.
- » Acórdão 816/2009-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro José Jorge: verificar a operacionalização do Programa Universidade para Todos – ProUni e do Fundo de Financiamento Estudantil – Fies na busca da concretização de seus objetivos, tendo em vista sua inserção na política governamental para o ensino superior, a análise dos cursos financiados em relação às demandas de mercado e os mecanismos de controle que abrangem os programas para o regular alcance de seu público-alvo.
- » Acórdão 1.120/2009-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Walton Alencar Rodrigues: verificar se os critérios de repartição do Fundo de Participação dos Municípios – FPM contribuem para a redução do desequilíbrio socioeconômico entre as municipalidades.

- » Acórdão 2.462/2009-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Aroldo Cedraz: averiguar se os governos, ao promover as políticas públicas para segurança hídrica, levaram em consideração os cenários desenhados para as mudanças climáticas.
- » Acórdão 766/2010-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro José Jorge: avaliar se o Ministério da Saúde tem garantido o acesso aos fatores de coagulação e quais os entraves à obtenção da quantidade necessária de medicamentos.

A possibilidade de aplicação da DEA em algumas auditorias pode ser observada em pesquisas científicas com objetos muito semelhantes aos das auditorias realizadas. Por exemplo, o Acórdão 2.813/2009-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Aroldo Cedraz, apreciou o relatório consolidador da FOC nos Hospitais Universitários – HUs, que teve como objetivo:

avaliar se os processos internos de gestão dos HUs, por um lado, e a reformulação do sistema a cargo dos gestores, por outro, contribuem para a melhoria do desempenho e da qualidade do tripé Ensino, Pesquisa e Assistência, observadas as diretrizes das políticas públicas estabelecidas, propondo-se medidas para o aperfeiçoamento do sistema.

Uma pesquisa que pode ser utilizada como parâmetro de comparação é a “Análise Envoltória de Dados na avaliação de hospitais públicos nas capitais brasileiras”, de Gonçalves et al. (2007). O objetivo da pesquisa foi “aplicar a metodologia de Análise Envoltória de Dados na avaliação do desempenho de hospitais públicos em termos das internações em suas clínicas médicas”. A pesquisa utilizou os seguintes dados:

- » insumos (*inputs*): taxa de mortalidade e tempo médio de permanência no hospital;
- » produtos (*outputs*): percentuais de internação relativos a neoplasias; doenças infecciosas e parasitárias e doenças do aparelho circulatório; valor médio pago pela Autorização de Internação Hospitalar.

É preciso salientar aqui que os dados estão invertidos, pois taxa de mortalidade e tempo médio de permanência são, na realidade, produtos. Os autores fizeram isso, porque a DEA considera como eficiência as firmas que minimizam as entradas e maximizam as saídas. No caso dos hospitais, em que o objetivo é minimizar as mortes e o tempo de permanência, está presente um caso de “*output* indesejável”. Segundo os autores (GONÇALVES ET AL., 2007, p. 5):

[...] na DEA, os grupos de variáveis chamados ‘entradas’ e ‘saídas’ são utilizados na geração daquilo que é o grande diferencial do método, ou seja, os escores classificatórios resultantes da minimização das entradas ou da maximização das saídas. No presente trabalho, utilizou-se a forma considerada mais natural, de minimizar-se as entradas ‘taxa de mortalidade’ e ‘tempo de estadia’, mas nenhuma diferença metodológica ou interpretativa surgiria se estas fossem utilizadas como saídas.

Uma possível aplicação da DEA na FOC seria na seleção dos hospitais a serem auditados. Segundo o relatório da auditoria, “para determinação da amostra, foram utilizados os critérios da abrangência geográfica (pelo menos um HU por região da Federação), da diversidade de portes e complexidades, além de sistemas diferenciados de gestão”. A análise DEA permitiria que fossem selecionados os hospitais menos eficientes ou, então, uma combinação dos menos eficientes com os mais eficientes, para se criar um contraponto.

Outra aplicação da DEA na FOC dos Hospitais Universitários seria para evidenciar ainda mais os problemas na gestão de alguns dos hospitais auditados. Caso algum HU em que fossem encontrados problemas de gestão também apresentasse uma ineficiência relativa em relação aos demais hospitais, seria mais um indício da inadequação na gestão.

Outra auditoria em que foi identificada a possibilidade de aplicação da DEA foi a FOC no setor portuário, apreciada pelo Acórdão 1.904/2009-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Walton Alencar Rodrigues. A auditoria teve como objetivo avaliar o planejamento dos portos e a sustentabilidade

financeira das administrações portuárias. Foram auditadas 15 autoridades portuárias, que poderiam representar as DMUs. Segundo Onusic, Casa Nova e Almeida (2007), alguns estudos têm proposto a conjugação entre Análise Envoltória de Dados e análise de balanços, enquanto outros, mais especificamente, relacionam DEA e previsão de insolvência. Os autores aplicaram a DEA para desenvolver um modelo de previsão de insolvência, comparando as empresas que enfrentaram processo de falência/concordata no período de 1995 a 2003 com as de melhor desempenho do respectivo setor. As variáveis usadas foram as seguintes:

- » insumos (*inputs*): Endividamento Geral, Endividamento de Longo Prazo e Composição do Endividamento;
- » produtos (*outputs*): Crescimento de Vendas, Retorno sobre o Ativo e Giro do Ativo.

A auditoria realizada no Sistema de Promoção Comercial do Ministério das Relações Exteriores – MRE, apreciada pelo Acórdão 992/2009-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Augusto Nardes, foi mais uma em que se identificou a possibilidade de utilização da DEA. O objetivo da auditoria foi:

verificar o impacto da atuação do Sistema de Promoção Comercial do Ministério das Relações Exteriores no apoio informacional ao exportador e identificar as dificuldades e limitações que impedem o aumento da efetividade de suas ações, bem como as oportunidades de melhorias dessa atuação.

O Sistema de Promoção Comercial do MRE era composto, na época, por 57 Setores de Promoção Comercial – Secoms, localizados em postos diplomáticos no exterior. A DEA poderia ser aplicada utilizando cada um desses setores como uma DMU. A equipe de auditoria recomendou ao MRE a instituição de um sistema de avaliação de desempenho, sugerindo os seguintes indicadores: número de empresas locais visitadas; número de oportunidades comerciais inseridas no sistema BrazilTradeNet; número de consultas realizadas com clientes-exportadores, por meio de associações

setoriais/mês; negócios concretizados/custos dos serviços de apoio específico prestados; produtos colocados; custos dos serviços de apoio específicos prestados; incremento de participação nos mercados-alvo/período. Aqui já podem ser observadas algumas variáveis que poderiam ser usadas como insumos e produtos.

O resultado da aplicação da DEA permitiria que a auditoria identificasse os Secoms com melhor desempenho, permitindo, assim, analisar boas práticas a serem replicadas nos demais. Também seriam identificados os de pior desempenho, que mereceriam uma atenção maior por parte da equipe.

O Acórdão 1.142/2009-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro-Substituto Marcos Bemquerer, apreciou a auditoria operacional realizada na Secretaria Nacional de Segurança Pública do Ministério da Justiça – Senasp, que teve como objetivo:

avaliar os investimentos federais, estaduais e municipais em segurança pública, os critérios de distribuição dos recursos do Fundo Nacional de Segurança Pública – FNSP, a natureza das ações financiadas e os mecanismos de controle adotados pela Senasp, com vistas a fiscalizar a utilização dos bens, equipamentos e recursos transferidos aos estados e municípios.

Uma das questões de auditoria abordava os critérios para distribuição dos recursos do FNSP, que utiliza um indicador para definir a quantidade de recursos distribuídos a cada estado. Esse indicador é composto de um índice quantitativo e um qualitativo. O primeiro é resultado da ponderação de dados de criminalidade, quantidades populacionais, área geográfica de cada estado e concentração urbana, combinados com dois fatores objetivos de correção, aos quais se atribuiu peso 2: Índice de Desenvolvimento Humano e Produto Interno Bruto. Já o índice qualitativo está baseado na implementação das ações do Sistema Único de Segurança Pública por parte dos estados, bem como de outras incentivadas pela Senasp, relativas à Gestão do Conhecimento, Reorganização Institucional, Valorização Profissional e Prevenção.

A metodologia DEA poderia ser usada como uma forma de verificar se a distribuição dos recursos, tendo como base esses índices, leva em consideração aspectos ligados à eficiência. Outra possível aplicação seria a identificação dos estados mais e menos eficientes, de forma a subsidiar a avaliação da atuação desses entes.

O Acórdão 2.205/2009-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Augusto Nardes, julgou auditoria operacional que teve como objetivo levantar os principais fatores que determinaram o significativo crescimento observado nos gastos com o benefício de auxílio-doença, bem como as medidas adotadas pelo Instituto Nacional de Seguridade Social – INSS para administrar o problema. A auditoria foi direcionada para a avaliação de atividades desenvolvidas pelo Instituto que se relacionam com a concessão e manutenção do benefício de auxílio-doença e que envolvem as atividades médico-periciais, assim como os serviços de reabilitação profissional.

Observa-se a possibilidade de aplicação da DEA neste terceiro aspecto analisado. A reabilitação profissional tem por objetivo oferecer aos segurados incapacitados para o trabalho condições para sua reeducação ou readaptação profissional, de forma a possibilitar o retorno ao mercado de trabalho num prazo mais curto. Segundo o relatório da auditoria, esse serviço é importante, porque resulta na “diminuição dos dispêndios com auxílio-doença, na medida em que, ao possibilitar o retorno dos segurados ao trabalho, gera como consequências a interrupção dos pagamentos dos benefícios e volta das contribuições previdenciárias”. O serviço é prestado nas agências do INSS.

A Análise Envoltória de Dados poderia ser usada para comparar a capacidade das diferentes agências em reabilitar um número maior de beneficiários a um custo menor, podendo, inclusive, ser usada para subsidiar a seleção das agências a serem visitadas na execução, com vistas a identificar boas práticas e problemas na gestão.

O Acórdão 908/2009-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Valmir Campelo, não tratou especificamente de um relatório de ANOp, mas, sim, de um

processo apartado, em que foi aplicada multa em função de irregularidades na gestão. A auditoria da qual teve origem o processo apartado (Acórdão 810/2007-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Valmir Campelo) teve como objetivo avaliar as ações governamentais de combate à dengue nas três esferas de governo. Foram identificados no município de Campo Grande, entre outros problemas: não atendimento às recomendações feitas pelo governo do estado, demora na contratação dos agentes de saúde, ausência de um plano de contingência, baixo número de imóveis inspecionados, precário trabalho de visita a imóveis. Os problemas foram ainda mais agravados pelo fato de ter havido um surto de dengue na região.

Entretanto, a multa aplicada foi excluída pelo Acórdão 16/2010-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Benjamin Zymler. Segundo o voto do Ministro Relator:

Entendo adequado excluir a multa aplicada ao responsável, com base em circunstâncias atenuantes, não consideradas no acórdão recorrido, o qual se limitou a sopesar as sensíveis melhorias de indicadores de desempenho do PNCD, em Campo Grande/MS, verificadas entre 2007 e 2008, em cumprimento a grande parte das recomendações do TCU.

A DEA poderia ter sido aplicada na auditoria para avaliar a atuação dos gestores municipais. A comparação da gestão do programa em outros municípios com a gestão em Campo Grande, caso a DEA demonstrasse ineficiência nesta cidade, poderia ser mais um argumento a corroborar a aplicação da multa, pois a atuação do gestor poderia ser analisada não isoladamente, mas, sim, frente à de outros gestores municipais.

O Acórdão 209/2010-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Valmir Campelo, apreciou ANOp realizada na Superintendência da Secretaria do Patrimônio da União no estado de São Paulo, com o objetivo de avaliar a gestão do órgão na área de cadastro de imóveis sob sua administração, bem como de cobrança e controle de créditos patrimoniais. Apesar de a auditoria abordar apenas um órgão, seria possível a aplicação da DEA para comparar sua atuação com a das demais Superintendências do país.

Em muitas fiscalizações, a avaliação da gestão fica prejudicada, porque o gestor público não dispõe dos recursos necessários para desempenhar suas atribuições adequadamente. A própria auditoria apontou falta de recursos humanos e problemas nos sistemas de informação. Porém, quando a atuação do gestor é comparada com a dos demais, que enfrentam as mesmas restrições, é possível apontar problemas sob sua responsabilidade.

O Acórdão 944/2010-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Valmir Campelo, apreciou ANOp realizada no Banco do Nordeste do Brasil, com objetivo de verificar a eficiência e eficácia da área de Recuperação de Crédito do Banco. Trata-se de outra auditoria que tinha a avaliação da eficiência entre seus objetivos. Foram analisados dados de 14 agências, com mais de 230.000 operações de crédito. Foi verificada a existência de um número expressivo de operações em que não foi tomada nenhuma medida de cobrança judicial, falta de garantias, além de outros problemas que resultam em prejuízo para os cofres do Banco. A auditoria abordou a recuperação de créditos de forma global, sem considerar cada agência separadamente. A DEA poderia demonstrar se o problema na recuperação de créditos é igual em todas as unidades ou se existe alguma que se destaca em termos positivos ou negativos.

O Acórdão 2.799/2010-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro José Jorge, refere-se à solicitação do Congresso Nacional de auditoria operacional nos setores administrativos das agências reguladoras, que prestam serviços de atendimento aos usuários por telefone, com o objetivo de verificar a eficiência, eficácia e efetividade desses serviços. Mais uma vez, a avaliação da eficiência está prevista entre os objetivos da auditoria. Foram fiscalizadas dez agências reguladoras, cujas atuações poderiam ter sido comparadas por meio da metodologia DEA. Seria possível identificar em quais agências o serviço de atendimento ao cliente é eficiente, comparando-se, inclusive, com empresas privadas que possuem serviços semelhantes.

APÊNDICE C – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA DEA

Para melhor compreensão dos aspectos operacionais da aplicação da DEA, este apêndice apresenta um exemplo didático de DEA com retornos constantes de escala (CRS) orientada aos insumos, extraído de Coelli et al (2005). Neste exemplo, cinco firmas utilizam dois tipos de insumos (x_1 e x_2) para produzir determinado produto (q). As quantidades estão representadas na Tabela 1.

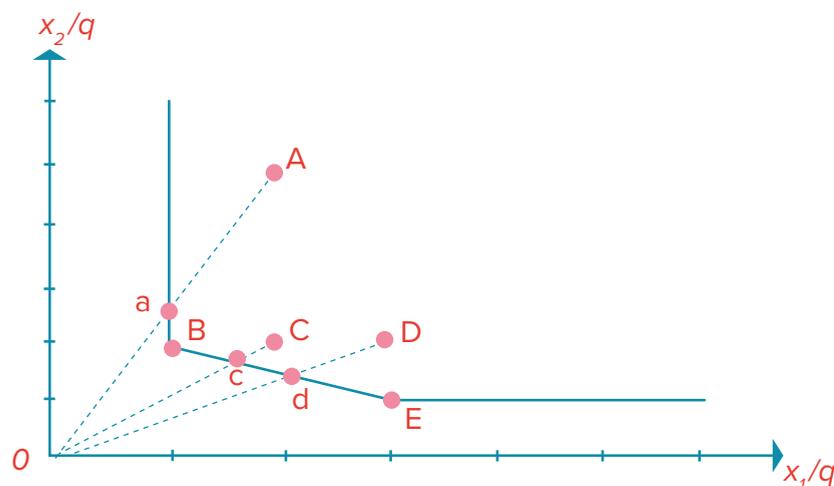
TABELA 1 - DADOS DO EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA DEA

FIRMA	q	x_1	x_2	x_1/q	x_2/q
A	1	2	5	2	5
B	2	2	4	1	2
C	3	6	6	2	2
D	1	3	2	3	2
E	2	6	2	3	1

Fonte: Coelli et al (2005).

A relação entre insumos e produtos está representada na Figura 77.

FIGURA 7 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO EXEMPLO



Fonte: Coelli et al (2005).

A isoquanta representa a fronteira de eficiência, formada pelas DMUs “B” e “E”, que são consideradas eficientes e apresentam escore 1,00. A DMU “B” é a que possui a menor utilização do insumo x_1 , enquanto a “E” é a que possui o menor uso do insumo x_2 . Para se chegar à eficiência das demais firmas, criam-se projeções sobre a fronteira de eficiência, como os pontos “a”, “c” e “d”. O ponto “a” é formado tendo como par a firma “B”. Os pontos “c” e “d” são formados com dois pares, as firmas “B” e “E”.

O escore de cada firma é:

- » firma “A” = 0,5;
- » firma “B” = 1,0;
- » firma “C” = 0,833;
- » firma “D” = 0,714;
- » firma “E” = 1,0.

Para realizar a DEA, optou-se pela utilização do programa DEAP. Primeiro, é preciso criar dois arquivos txt: um arquivo de dados, que contém as quantidades de insumos e produtos de todas as DMUs; e um arquivo de instrução, que contém as instruções para a execução da análise. Além desses arquivos, o programa irá gerar um terceiro, com o resultado da análise, chamado de “arquivo de saída (*output file*)”.

No arquivo de dados, cada linha representa uma firma. Produtos e insumos correspondem às colunas. Primeiro devem ser colocados os produtos e, depois, os insumos. Assim, a interseção da primeira linha com a primeira coluna representa a quantidade do produto1 produzido pela primeira firma. As únicas informações do arquivo são os insumos e produtos, nada mais deve ser colocado. Se a análise envolver 40 DMUs com dois insumos e dois produtos, o arquivo deverá ter 40 linhas com quatro colunas.

No exemplo, há dois insumos e um produto. “A” primeira linha do arquivo traz a quantidade de produto da firma “A” (1) e depois a quantidade de insumos (2 e 5), separados por um espaço. A segunda linha traz os dados da firma “B” e assim por diante. O nome do arquivo de dados poderia ser “exemplo-dta.txt”. O arquivo com os dados do exemplo ficaria da seguinte forma:

QUADRO 6 - ARQUIVO DE DADOS DO EXEMPLO

```

1 2 5
2 2 4
3 6 6
1 3 2
2 6 2

```

Fonte: Coelli et al (2005).

O arquivo de instruções é composto por nove linhas, em que devem estar as informações a seguir.

- » Nome do arquivo dos dados
- » Nome do arquivo de saída
- » Número de DMUs
- » Número de períodos de tempo
- » Número de produtos
- » Número de insumos
- » Se é orientado aos insumos ou aos produtos
- » Se é CRS ou VRS
- » Tipo de DEA usado (multiestágios, de custos, Malmquist, 1 estágio, 2 estágios)

O arquivo de instruções do exemplo acima ficaria como apresentado no Quadro 7.

QUADRO 7 - ARQUIVO DE INSTRUÇÕES DO EXEMPLO

```

exemplo-dta.txt DATA FILE NAME
exemplo-out.txt OUTPUT FILE NAME
5 NUMBER OF FIRMS
1 NUMBER OF TIME PERIODS
1 NUMBER OF OUTPUTS
2 NUMBER OF INPUTS
0 0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED
0 0=CRS AND 1=VRS
0 0=DEA(MULTI-STAGE), 1=COST-DEA, 2=MALMQUIST-DEA,
3=DEA(1-STAGE), 4=DEA(2-STAGE)

```

Fonte: Coelli et al (2005).

Para executar o programa, basta digitar o nome do arquivo de instruções no campo “*Enter instruction file name*”. No caso, poderia ser “*exemplo-ins.txt*”. Então, o arquivo de saída irá aparecer na pasta onde está o programa. Este arquivo irá apresentar uma série de informações. O resultado do exemplo ficaria como o do Quadro 8.

QUADRO 8 - ARQUIVO DE SAÍDA DO EXEMPLO

```

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = exemplo-ins.txt
Data file      = exemplo-dta.txt

Input orientated DEA
Scale assumption: CRS
Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

firm          te
1             0.500
2             1.000
3             0.833
4             0.714
5             1.000

mean          0.810

SUMMARY OF OUTPUT SLACKS:

firm output:      1
1             0.000
2             0.000
3             0.000
4             0.000
5             0.000

mean          0.000

```

SUMMARY OF INPUT SLACKS:

firm	input:	1	2
1		0.000	0.500
2		0.000	0.000
3		0.000	0.000
4		0.000	0.000
5		0.000	0.000
mean		0.000	0.100

SUMMARY OF PEERS:

firm	peers:	
1	2	
2	2	
3	5	2
4	5	2
5	5	

SUMMARY OF PEER WEIGHTS:
(in same order as above)

firm	peer	weights:
1	0.500	
2	1.000	
3	0.500	1.000
4	0.286	0.214
5	1.000	

PEER COUNT SUMMARY:

(i.e., no. times each firm is a peer for another)

firm	peer	count:
1	0	
2	3	
3	0	
4	0	
5	2	

SUMMARY OF OUTPUT TARGETS:

firm	output:	1
1		1.000
2		2.000
3		3.000
4		1.000
5		2.000

SUMMARY OF INPUT TARGETS:

firm	input:	1	2
1		1.000	2.000
2		2.000	4.000
3		5.000	5.000
4		2.143	1.4293
5		6.000	2.000

Results for firm: 1

Technical efficiency = 0.500

PROJECTION SUMMARY:

variable	original value	radial movement	slack movement	projected value
output 1	1.000	0.000	0.000	1.000
input 1	2.000	-1.000	0.000	1.000
input 2	5.000	-2.500	-0.500	2.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
2	0.500	

Fonte: Coelli et al (2005).

No arquivo, as firmas aparecem sem os nomes, apenas numeradas de 1 a 5. O arquivo traz primeiro a eficiência técnica (te), ou score, de cada firma e a média (*mean*) das pontuações, que, no caso, foi de 0,810.

Depois, o arquivo apresenta a folga (*slack*) de produtos e insumos. A análise é orientada aos insumos, ou seja, a quantidade de produto é fixa e o objetivo é a minimização do custo dos insumos, por isso não há folga nos produtos, somente, nos insumos. Foi visto que somente a firma “A” possui uma projeção sobre o trecho da fronteira de eficiência que é paralelo aos eixos do gráfico. Como a projeção “a” possui uma quantidade do insumo x2 que é 0,5 maior do que a firma “B”, então, a folga é de 0,5.

A quarta tabela traz os pares (*peers*) usados para a projeção das firmas ineficientes. A firma “A” teve como par apenas a firma “B”, enquanto que as firmas “C” e “D” tiveram como pares as firmas “B” e “E”. Estas duas, como se situam sobre a fronteira, aparecem como pares de si próprias. Depois, a quinta tabela apresenta os pesos de cada par usado no cálculo da projeção e a sexta tabela apresenta o número de vezes que cada firma foi usada como par para as outras.

As tabelas “*Summary of output targets*” e “*Summary of input targets*” trazem os alvos (*target*) de cada firma,

ou seja, qual a quantidade de produtos e insumos que elas deveriam ter como metas. Como o modelo foi orientado aos insumos, os alvos de produtos são iguais ao que já é praticado.

Além dessas informações, o arquivo disponibiliza resultados para cada firma individualmente. Para resumir, o Quadro 8 registra apenas as informações da firma “A”. Valor original (*original value*) é o dado real da empresa, ou seja, as quantidades de insumos e produtos observados na prática. O movimento radial (*radial movement*) é a diferença entre o que a firma pratica e as quantidades de sua projeção sobre a fronteira, no caso, o ponto “a”. O movimento de folga (*slack movement*) representa a redução do excesso apresentado quando a projeção recai sobre um dos trechos da fronteira que são paralelos ao eixo. E o valor projetado (*projected value*) são as quantidades do alvo (*target*), ou seja, quanto a firma deveria estar utilizando de insumos e produtos para ser eficiente. O arquivo de resultado informa, ainda, quais são os pares da firma e o peso de cada um usado para o cálculo da projeção.

Outros exemplos de execução da DEA por meio do DEAP podem ser encontrados em Coelli (1996).

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 9000:2000: Sistemas de Gestão da Qualidade – Fundamentos e Vocabulário. Rio de Janeiro, 2000.

AVKIRAN, Necmi K. Applications of Data Envelopment Analysis in the service sector. In: COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; ZHU, Joe (orgs.). Handbook on Data Envelopment Analysis. 2ª ed. Nova York: Springer, 2011.

AZEVEDO, Guilherme Henrique Ismael de et al. Uso de Análise Envoltória de Dados para mensurar eficiência temporal de rodovias federais concessionadas. J. Transp. Lit. 2012, vol. 6, n. 1, pp. 37-56. <http://dx.doi.org/10.1590/S2238-10312012000100003>.

BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science, v. 30, p. 1078-1092, 1984.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. Manual de Auditoria Operacional. 2010. Disponível em: <http://portal2.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/1342930.PDF>.

CARACA, Gabriel de P.; SALGADO JR, Alexandre P.; YAMAGUTI, Juliana C. de S. Uma análise por Análise Envoltória de Dados – DEA do efeito do investimento financeiro na nota da Prova Brasil das escolas do ensino fundamental municipal do Brasil em 2011: um estudo de caso em uma escola do interior do estado do Rio de Janeiro. XIV Congresso USP Controladoria e Contabilidade, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.congressosp.fipecafi.org/anais/artigos142014/310.pdf>.

CHARNES, Abraham et. al. Data envelopment analysis: theory, methodology and application. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994.

COELLI, Timothy J. A guide to DEAP version 2.1: A data envelopment analysis (computer) program. CEPA Working Paper, 96/08, 1996. Disponível em: <http://www.uq.edu.au/~uqtcoell/deap.htm>. Acesso em: 22/1/2011.

COELLI, Timothy J. et al. An introduction to efficiency and productivity analysis. 2ª ed. Nova York: Springer, 2005.

COELLI, Timothy J. et al. A primer on efficiency measurement for utilities and transport regulators. Washington, D.C.: The World Bank, 2003.

DINIZ, Matheus Frazão Arruda. Governança da água: uma avaliação dos serviços brasileiros de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos anos de 2002, 2007 e 2012. 2016. 74f. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/21329>.

EFF, Anthon; KLEIN, Christopher C.; KYLE, Reuben. Identifying the Best Buys in U.S. Higher Education. Res High Educ (2012) 53:860. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11162-012-9259-2>.

FARIA, Flavia P.; JANNUZZI, Paulo de M.; e SILVA, Silvano J. da. Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro. Rev. Adm. Pública, v. 42, n. 1, p. 155-177, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rap/v42n1/a08v42n1.pdf>.

GOLANY, Boaz, ROLL, Yaakov. An application procedure for DEA. OMEGA International Journal of Management Science, v. 17, n. 3, p. 237-250, 1989.

GOMES, Eliane G.; MANGABEIRA, João A. de C.; MELLO, João C. C. B. S. de. Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. Rev. Econ. Sociol. Rural.

2005, vol. 43, n. 4, pp. 607-631. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032005000400001>.

GONÇALVES, Antonio C. et al. Análise Envoltória de Dados na avaliação de hospitais públicos nas capitais brasileiras. Revista Saúde Pública, v. 41, n. 3, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/nahead/5327.pdf>.

HAIR, Joseph. (et al.). Análise Multivariada de Dados. Porto Alegre: Bookman, 2009.

LINS, Marcos Estellita et al. O uso da Análise Envoltória de Dados – DEA para avaliação de hospitais universitários brasileiros. Ciênc. saúde coletiva. 2007, vol. 12, n. 4, pp. 985-998. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232007000400020>.

MACIEL, Gustavo da Silva; et. al. Avaliação de processos licitatórios de embarcações de apoio marítimo offshore com utilização de Análise Envoltória de Dados. J. Transp. Lit. 2014, vol. 8, n. 4, pp. 329-349. <http://dx.doi.org/10.1590/2238-1031.jtl.v8n4a13>.

MARINHO, Alexandre; CARDOSO, Simone de S.; ALMEIDA, Vivian V. de. Avaliação de eficiência em sistemas de saúde: Brasil, América Latina, Caribe e OCDE. Texto para Discussão – IPEA, 2012. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=16112.

MOREIRA, Ney P.; CUNHA, Nina R. da S.; FERREIRA, Marco A. Ma.; SILVEIRA, Suely de F. R. Fatores determinantes da eficiência dos programas de pós-graduação acadêmicos em administração, contabilidade e turismo. Avaliação (Campinas). 2011, vol. 16, n. 1, pp. 201-230. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-40772011000100011>.

NOGUEIRA, José Marcelo Maia et. al. Estudo exploratório da eficiência dos Tribunais de Justiça estaduais brasileiros usando a Análise Envoltória de Dados – DEA. Rev. Adm. Pública. 2012, vol. 46, n. 5, pp. 1317-1340. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-76122012000500007>.

ONUSIC, Luciana M.; CASA NOVA, Sílvia P. de C.; ALMEIDA, Fernando C. de. Modelos de previsão de insolvência utilizando a Análise por Envoltória de Dados: aplicação a empresas brasileiras. *Rev. adm. contemp.*, v. 11, p. 77-97, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-65552007000600005&lng=en&nrm=iso.

PESSANHA, José Francisco Moreira; SOUZA, Reinaldo Castro; LAURENCEL, Luiz da Costa. Um modelo de Análise Envoltória de Dados para o estabelecimento de metas de continuidade do fornecimento de energia elétrica. *Pesqui. Oper.* 2007, vol. 27, n. 1, pp. 51-83. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382007000100004>.

PEÑA, Carlos Rosano. Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método Análise Envoltória de Dados – DEA. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 12, n. 1, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-65552008000100005&script=sci_arttext.

SANT'ANNA, A. P.; De Oliveira, C. A. Análise da produtividade do setor odontológico do sistema de saúde da Marinha utilizando o Índice de Malmquist. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGEP*. Curitiba, 2002. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002>

_TR61_0638.pdf.

SENRA, Luis Felipe Aragão de Castro; et al. Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. *Pesqui. Oper.* [online], v. 27, n. 2, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-74382007000200001&script=sci_arttext.

SILVA, Ângelo Henrique Lopes da. Mensuração da produtividade relativa para o setor de distribuição de energia elétrica nacional inserida no cálculo do fator X. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília: Brasília, 2006. 93 p. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/4946>.

SOUSA, Lucas V. de C.; GUIMARAES, Samira M.; GOMES, Adriano P. Convergência e mudanças tecnológicas: uma análise das emissões de gases de efeito estufa. *Análise Econômica*, v. 34, n. 65, 2016. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/index.php/AnaliseEconomica/article/view/43856>.

SOUSA JUNIOR, José Nauri Cazuzza et. al. Avaliação da eficiência dos portos utilizando Análise Envoltória de Dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil. *J. Transp. Lit.* 2013, vol. 7, n. 4, pp. 75-106. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S2238-10312013000400005>.

SOUZA, Maria G. Z. N. de. Avaliação da eficiência energética usando Análise Envoltória de Dados: aplicação aos países em desenvolvimento. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2012.

SOUZA, Paulo Cesar de; SCATENA, João Henrique G.; KEHRIG, Ruth Terezinha. Aplicação da Análise Envoltória de Dados para avaliar a eficiência de hospitais do SUS em Mato Grosso. *Physis*. 2016, vol. 26, n. 1, pp. 289-308. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-73312016000100016>.

VALERIO, Víctor E. de M. Análise Envoltória de Dados e Índice Malmquist em estruturas de rede: um modelo Tobit truncado aplicado aos condicionantes da eficiência bancária brasileira. Dissertação, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/204>.

VARIAN, Hal R. *Microeconomia: princípios básicos*. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

ZHU, Joe. *Data Envelopment Analysis: let the data speak for themselves*. Middletown: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2014.

Responsabilidade pelo Conteúdo

Secretaria-Geral de Controle Externo (Segecex)
Secretaria-Geral Adjunta de Controle Externo (Adgecex)
Secretaria de Métodos e Suporte ao Controle Externo (Semec)

Projeto gráfico, diagramação e capa

Secretaria-Geral da Presidência (Segepres)
Secretaria de Comunicação (Secom)
Núcleo de Criação e Editoração (NCE)

Endereço

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO
SAFS Quadra 4 Lote 1
Edifício Sede, Sala 174
70.042-900 Brasília - DF
(61) 3316 5338
secom@tcu.gov.br

Ouvidoria

0800 644 1500
ouvidoria@tcu.gov.br

Impresso pela Sesap/Segedam