

Recebimento: 15/01/2019

Aceite: 22/04/2019

## **ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA DAS UNIVERSIDADES FEDERAIS ENTRE AS REGIÕES BRASILEIRAS (2010 A 2016)**

## **A COMPARATIVE ANALYSIS OF FEDERAL UNIVERSITY EFFICIENCY ACROSS BRAZILIAN REGIONS (2010-2016)**

Ariel Gustavo Letti <sup>1</sup>

Mauricio Vaz Lobo Bittencourt <sup>2</sup>

Luis E. Vila <sup>3</sup>

### **Resumo**

Eficiência pode ser entendida como a razão entre a produção atual e a máxima produção possível dados os recursos e tecnologia disponíveis. Esse tema torna-se relevante no contexto das instituições públicas de ensino superior no Brasil e de suas idiosincrasias regionais. Assim, este estudo usa análise envoltória de dados (DEA) para mensurar a eficiência relativa das 56 universidades federais brasileiras para o período de 2010 a 2016, considerando alguns aspectos de sua distribuição regional. Os dados foram obtidos dos sítios eletrônicos do INEP/MEC (Censo Superior), CAPES e INPI. Os resultados sugerem que 26 (47%) das universidades foram eficientes, com eficiência média geral de 87%. As eficiências médias por região variaram durante o período mas terminaram convergindo para valores entre 75% (Norte) e 90% (Sudeste). O índice de Malmquist indicou que houve melhoria da eficiência ao longo do tempo mas com diferentes padrões entre recursos financeiros e humanos e entre regiões. Resultados sugerem um desperdício de R\$ 2,96 bilhões por ano que, se usados eficientemente, possibilitariam incremento potencial de 10% nos outputs em geral.

**Palavras-chave:** Eficiência. Universidade. DEA. Malmquist index. Brasil.

### **Abstract**

Efficiency can be defined as the ratio of a firm's observed output to the maximum output which could be achieved given its input levels and available technology. It became a critical topic when considering the importance of Public Institutions to the Brazilian Higher Education system and its regional idiosyncrasies. Thus, this study applies Data Envelopment Analysis (DEA) to evaluate the relative efficiency of all 56 Brazilian Federal Public Universities for the period of 2010 to 2016 considering some aspects of its regional distribution. The data come primarily from INEP Higher Education Census, CAPES and INPI. The results showed that 26 (47%) of the universities were efficient, with a general mean efficiency of 87%. Although the values by region diverge, they ended up converging to efficiencies between 75% (North) and 90% (Southeast). Through time, the

1 Doutor em Desenvolvimento Econômico (PPGDE/UFPR). Professor Assistente na Universidade do Estado da Bahia (UNEB/Senhor do Bonfim). E-mail: ariel\_letti@yahoo.com.br.

2 Doutor em Agricultural and Development Economics pela The Ohio State University. Professor Associado III no departamento de Economia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). E-mail: mbittencourt@ufpr.br

3 Doutor em Ciencias Economicas y Empresariales pela Universidad de Valencia. Professor Catedrático no Departamento de Economia Aplicada da Universidad de Valencia - Espanha. E-mail: luis.vila@uv.es

Malmquist index suggests improvements higher than 30% but with different characteristics to the financial and the human resources and among regions. Results also suggest that R\$ 2.96 billion by year were wasted due to inefficiency or that an additional 10% of outputs could be obtained.

**Keywords:** Efficiency. University. DEA. Malmquist index. Brasil.

## Introdução

Nas últimas duas décadas as matrículas no ensino superior brasileiro cresceram mais de 200% mas, ainda assim, em 2013 menos que 16% da população entre 25 e 34 anos de idade tinha diploma de nível superior. Considerando-se a população entre 55 e 64 anos, esse percentual de graduados é ainda menor, cerca de 11% (OCDE, 2015). No ano de 2015 a população brasileira superava os 200 milhões de habitantes e as Instituições de Ensino Superior (IES) atingiram o máximo histórico de 8 milhões de matrículas (6 milhões em instituições privadas e 2 milhões em instituições públicas), a mesma magnitude de matrículas do sistema de ensino médio do país (SAMPAIO, 2017, p. 28). Além disso, apenas recentemente a grande maioria da população jovem brasileira está tendo acesso ao ensino médio (IBGE, 2010) e potencialmente terá condições de almejar o ensino superior. Considerando valores financeiros, no século XXI os gastos com o ensino superior público no Brasil aumentaram à taxa média de 2,5% ao ano, representando aproximadamente 0,8% do PIB em cada ano, equivalente a 14 bilhões de dólares no ano de 2016 (INEP, 2017).

Eficiência pode ser entendida como o uso mínimo de recursos para produzir o máximo de resultados dada a tecnologia disponível. Considerando que os benefícios monetário e não monetários da educação apresentam fortes externalidades positivas (VILA, 2000), e ainda, lembrando que boa performance no ensino superior é associado à crescimento econômico, considera-se que o estudo da (in)eficiência no sistema de ensino superior adquire relevante interesse para os decisores e planejadores de políticas públicas (BLANCHARD, 2004). Além disso, como as instituições podem apresentar diferentes níveis de eficiência, torna-se importante estudar essas diferenças pois isso pode orientar boas práticas individuais, as quais, podem contribuir com a melhora da performance do sistema educacional como um todo (JOHNES; JOHNES, 2013, p. 5). Ainda, o fato de essas diferenças poderem apresentar diferentes padrões regionais pode ser especialmente relevante no caso brasileiro. Como exemplo, Tachibana, Menezes-Filho e Komatsu (2001) estimam um impacto significativo da distribuição educacional e seus retornos sobre a distribuição do trabalho no Brasil. Assim, é provável que este padrão de desigualdades regionais também ocorra na oferta de serviços de educação superior e consequentemente na eficiência das IES brasileiras.

Os resultados de Aleskerov, Belousova e Petruschenko (2017) sugerem que a maior parte das pesquisas mundiais sobre eficiência de IES usa Análise Envoltória de dados (DEA, do inglês Data Envelopment Analysis). Assim, usando a técnica DEA, espera-se que a presente pesquisa contribua com a discussão sobre a análise da eficiência das IES brasileiras.

O objetivo é avaliar a eficiência relativa de todas as 56 universidades federais brasileiras para o período de 2010 à 2016 considerando sua distribuição regional. Isto é realizado enfatizando os resultados de três modelos empíricos de produção: foco no desperdício de recursos (Modelo 1) e no potencial aumento dos resultados (Modelos 2 e 3). Para cada modelo foram analisados os resultados para diferentes retornos de escala, sendo que os valores e a evolução das eficiências ao longo do tempo (Malmquist index) foram comparados entre as cinco diferentes regiões brasileiras (Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste).

Este estudo inova em alguns aspectos relativos às variáveis utilizadas como insumo e produto (considera simultaneamente as três dimensões da atividade universitária – ensino, pesquisa e extensão, e usa também uma variável como proxy para inovação – patentes registradas). Inova-se também devido ao período considerado – cada ano do período 2010 à 2016. Além disso, utilizou-se técnicas específicas para identificar as IES como valores discrepantes e considerá-las adequadamente nas análises (WILSON, 1993, 2010).

O restante do texto está organizado em cinco seções. A próxima seção apresenta os fundamentos sobre os conceitos de eficiência e DEA, além de uma breve revisão sobre os mais relevantes estudos sobre eficiência de IES usando DEA. A terceira seção apresenta e especifica os procedimentos metodológicos adotados e a quarta seção apresenta e discute os resultados obtidos. A quinta seção finaliza o texto apresentando as considerações finais.

## Eficiência e sua mensuração usando DEA

Eficiência pode ser definida, sob uma perspectiva orientada à resultado<sup>4</sup> (FARREL, 1957), [...] como a razão entre o resultado observado pela firma e o máximo resultado possível dados os seus níveis de recursos (JOHNES, 2006, p. 274)<sup>5</sup>. Usando essa definição, Charnes, Cooper, and Rhodes (1978) (denominado CCR), baseados em Dantzig (1951) e Farrell (1957), desenvolveram uma estratégia para mensurar a eficiência de unidades produtivas usando DEA e considerando retornos constantes de escala (CRS)<sup>6</sup>. Posteriormente, Banker, Charnes and Cooper (1984) (denominado BCC) adaptaram o referido modelo DEA para incorporar retornos variáveis à escala (VRS)<sup>7</sup> mantendo o modelo solucionável por programação linear (JOHNES, 2006). Forsund, Kittelsen and Krivonozhko (2009, p. 1540), afirmam que os três postulados introduzidos pelo modelo BCC (convexidade, livre disposição e envelopamento) são os mais razoáveis pressupostos para um conjunto produção e que pesquisadores da área comumente aceitam tais condições como válidas. Johnes (2006, p. 274), por sua vez, esclarece que em uma estrutura de produção multi-input e multi-output o método DEA resulta em estimativas da função distância (SHEPARD, 1970), a qual é a generalização de um sistema de produção de um único tipo de produto.

Considerando implicações práticas, Johnes (2004, p. 663) considera a DEA como uma técnica determinística não-estatística e não-paramétrica que pode prover informações sobre metas a serem alcançadas pelas unidades ineficientes. Ainda, que a DEA pode prover informações também sobre o conjunto de unidades produtivas similares (em termos de combinação de inputs e de outputs) mas que apresentam melhor performance, as quais as unidades não eficientes podem efetivamente tentar 'imitar'.

Informações adicionais sobre as fundamentações teóricas, vantagens e desvantagens da DEA com ênfase para seu uso para IES podem ser encontradas em Johnes (2004, 2006) e em Forsund (2018). O próximo parágrafo apresenta as informações indispensáveis sobre a metodologia DEA como fundamentação para a aplicação empírica que realizou-se na presente pesquisa. Tone (2001, p. 502) enfatiza que uma característica importante da DEA é seu aspecto dual o qual associa avaliação da eficiência com a interpretação econômica no contexto de função de produção. Assim, o problema primal padrão<sup>8</sup> da literatura contemporânea sobre DEA usando o modelo BCC e orientação para output é o definido na Eq. A.1 (FORSUND, 2018, p. 4). Complementarmente, Thanassoulis et al. (2011, p. 1297) apresenta tanto o modelo com orientação para produto quanto o modelo com a orientação para insumo (Eq. A.1 e Eq. A.2). Dado que as DMU<sup>9</sup> usam  $m$  inputs (recursos) para produzir  $h$  outputs (resultados), sob VRS, para calcular a eficiência de cada uma das  $n$  DMU é necessário solucionar o seguinte problema de programação linear para cada DMU ( $k = 1, \dots, n$ ):

4 O modelo orientado à output (resultado) calcula a eficiência mantendo constantes os inputs (recursos) e maximizando os outputs. O modelo orientado à input calcula a eficiência mantendo constantes os outputs e minimizando os inputs.

5 Forsund (2018, p. 4) esclarece que a razão entre os outputs (ponderados pelo tipo) e os inputs (ponderados pelo tipo) é denominado produtividade e que o conceito de um índice de produtividade é muito próximo de um índice de eficiência. Ou seja, "se um índice de produtividade para uma unidade produtiva for comparado com o índice de produtividade da unidade mais produtiva (formando uma razão), então essa razão será um índice de eficiência que usa a produtividade da empresa mais produtiva como referência (benchmark)".

6 CRS ocorrem quando, dada uma variação dos inputs, os outputs variam mais que proporcionalmente.

7 VRS ocorre quando, dada uma variação dos inputs, os outputs não variam proporcionalmente. Podem ser retornos crescentes à escala (IRS, quando os outputs variam mais que proporcionalmente) ou retornos decrescentes à escala (DRS, quando a variação dos outputs é menos que proporcional à variação dos inputs).

8 Forsund (2018, p. 4) observa que quando se usa programação linear para estimar a fronteira e para calcular as eficiências tem-se a relação fundamental entre a solução primal e a solução dual de otimização. Argumenta que é natural para os economistas chamar de problema de envelopamento o que a literatura da Pesquisa Operacional (Operational Research - OR) chama de problema primal (em um espaço input-output) e, ainda, que o problema relacionado ao espaço preço-sombra dos economistas pode ser considerado como o problema dual (ou problema do multiplicador) da literatura da Pesquisa Operacional.

9 Unidade Tomadora de Decisão (Decision Making Unit - DMU) neste contexto é sinônimo de IES.

**Orientação para output (VRS)**

**Orientação para input (VRS)**

A.1) Maximizar  $\phi_k$  (Eq. A.1)  
 sujeito à  
 $\phi_k y_{rk} - \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \leq 0$  para  $r = 1, \dots, h$   
 $x_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \geq 0$  para  $i = 1, \dots, m$   
 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0 \forall j = 1, \dots, k, \dots, n$

(Eq. A.2) Maximizar  $\theta_k$  (Eq. A.2)  
 sujeito à  
 $y_{rk} - \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \leq 0$  para  $r = 1, \dots, h$   
 $\theta_k x_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \geq 0$  para  $i = 1, \dots, m$   
 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0 \forall j = 1, \dots, k, \dots, n$

Assim, a eficiência da DMU  $k$  é medida por  $E_k = 1/\phi_k$  na orientação para output ou por  $E_k = \theta_k$  na orientação para input ( $0 < E_k \leq 1$ )<sup>10</sup>. O vetor  $\lambda$  representa os pesos para a combinação convexa de IES (considerando o pressuposto da convexidade em relação à tecnologia). Pode-se também calcular a eficiência para CRS simplesmente desconsiderando a restrição  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ . Complementarmente, alterando tal restrição para  $\sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1$  é possível calcular a eficiência pressupondo retornos não-crescentes de escala (NIRS) e usar esses valores para estudar a escala de eficiência de cada IES ( $SCE_k$ ). A razão  $E_{k,CRS}/E_{k,VRS}$ <sup>11</sup> resulta da decomposição da eficiência  $E_{k,CRS}$  entre eficiência técnica pura ( $E_{k,VRS}$ ) e eficiência de escala ( $SCE_k$ ) (THANASSOULIS et al., 2011). Então, se  $SCE_k < 1$  e  $E_{k,NIRS} = E_{k,VRS}$ , a  $IES_k$  está operando acima da escala ótima (retornos decrescentes de escala); se  $SCE_k = 1$  ( $E_{k,NIRS} = E_{k,VRS} = E_{k,CRS}$ ), a  $IES_k$  está operando na escala ótima (retornos constantes); e, se  $SCE_k < 1$  e  $E_{k,NIRS} < E_{k,VRS}$ , a  $IES_k$  está operando abaixo da escala ótima (retornos crescentes).

Também é importante estudar o comportamento da eficiência ao longo do tempo, o que pode ser realizado usando-se o índice de Malmquist, criado por Malmquist (1953) e popularizado por Caves et al (1982)<sup>12</sup>. Para entender como é decomposto este índice, inicialmente considere  $E_k(s, t)$  como a medida da performance da firma  $k$  no período  $s$  sob a tecnologia do período  $t$ <sup>13</sup>. Para estudar as mudanças de performance Fare, Grosskopf, Lindgren, e Roos (1992) (denominado FGLR), consideram apenas CRS e decompõem o índice de Malmquist em dois componentes: mudança técnica (TC, devida à mudanças na tecnologia disponível) e mudança da eficiência (EC, devida à efeitos individuais de aproximação ou distanciamento em relação à fronteira de eficiência). Adicionalmente, Fare, Grosskopf, Norris and Zhang (1994) (denominado FGZ) incluíram os efeitos de escala na análise (eficiências CRS comparadas com eficiências VRS), e sugerem a decomposição da segunda componente em outras duas: mudança da eficiência técnica pura (PEC, variação eficiência técnica desconsiderando o efeito da mudança de escala) e mudança de eficiência de escala (SEC, variação de eficiência advinda da variação da escala da DMU)<sup>14</sup>. Assim:

$$M_k(s, t) = TC_k(s, t) \cdot PEC_k(s, t) \cdot SEC_k(s, t) = \text{índice de Malmquist}$$

em que,

$$TC_k(s, t) = \left[ \left( \frac{E_{k,CRS}(t,s)}{E_{k,CRS}(t,t)} \right) \cdot \left( \frac{E_{k,CRS}(s,s)}{E_{k,CRS}(s,t)} \right) \right]^{(1/2)} = \text{índice de mudança técnica}$$

$$PEC_k(s, t) = \frac{E_{k,VRS}(t,t)}{E_{k,VRS}(s,s)} = \text{índice de mudança da eficiência pura}$$

$$SEC_k(s, t) = \left( \frac{E_{k,CRS}(t,t)}{E_{k,VRS}(t,t)} \right) \cdot \left( \frac{E_{k,CRS}(s,s)}{E_{k,VRS}(s,s)} \right)^{-1} = \text{índice de mudança da eficiência de escala}$$

10 Por exemplo, um valor igual 0,9 representa 90% de eficiência em relação à IES benchmark (ou à combinação convexa das IES benchmarks). Na orientação para input, isso significa que é possível reduzir em 10% o uso de recursos e continuar produzindo a mesma quantidade de outputs. Em uma orientação para output, isso significa que é possível produzir (1,0/0,9 = 1,11) 11% mais utilizando a mesma quantidade de inputs.

11 O numerador e o denominador são os escores de eficiência calculados sobre CRS e VRS, respectivamente.

12 A questão é que não basta que a firma melhore em comparação com si mesma no passado. A firma deve melhorar em relação às demais firmas, e todas são beneficiadas de uma melhora advinda do progresso tecnológico. Assim, a única via para melhorar a eficiência é aproximar-se da(s) benchmark(s), ou seja, aproximar-se da fronteira de produção (BOGETOFT; OTTO, 2011).

13 Note que apenas neste ponto distingue-se entre tecnologia e dados de produção em relação aos períodos.

14 Para esses índices, o valor 1 representa estabilidade, enquanto valores >1 representam aumento de eficiência e valores <1 representam diminuição de eficiência (por exemplo, o valor 1,10 representa 10% de aumento na eficiência e o valor 0,95 representa 5% de decréscimo na eficiência).

## O uso da DEA para mensuração da eficiência de instituições de ensino superior

Aqui serão apresentados alguns dos resultados de estudos nacionais e internacionais sobre eficiência de IES com ênfase para os casos brasileiros. Johnes e Tone (2017, p. 193) realizaram extensa revisão de literatura e salientam que o recurso analítico mais utilizado para este tipo de estudo sobre eficiência universitária é o modelo DEA padrão. Johnes (2004), revisando estudos empíricos relacionados à eficiência de instituições de ensino, e Aleskerov, Belousova and Petruschenko (2017), revisando estudos com foco especificamente em eficiência de IES, sugerem que a maior parte deste tipo de estudo usa modelos DEA.

Os mais relevantes estudos não brasileiros considerando o contexto da presente pesquisa são Agasisti e Salermo (2007) e Agasisti e Dalbianco (2006), para IES da Itália. Ambos comparam os resultados de modelos CCR e BBC para analisar a eficiência de escala e também para fazer comparações entre as regiões italianas. De maneira similar, mas comparando resultados de IES inglesas e italianas, Agasisti e Johnes (2009) usaram modelos CCR e BCC para calcular as eficiências de escala considerando tanto as instituições em um único grupo como separadas por país de origem. Seus resultados sugerem que, quando analisadas conjuntamente, as IES inglesas apresentam maior eficiência que as IES italianas. Ainda, percebem que a evolução das eficiências apresenta padrões diferentes entre cada país. Neste caso, as instituições italianas estão melhorando sua eficiência técnica enquanto as instituições inglesas não apresentam mudança ao longo do tempo.

Em relação aos casos brasileiros, desde a década de 1990 os pesquisadores utilizam modelos DEA para a mensuração da eficiência das IES, mas sempre com o desafio de definir e mensurar adequadamente os insumos e os produtos a serem utilizados nos modelos. Depois de algum tempo, uma nova fonte de informações (dados do Tribunal de Contas da União – TCU) tem contribuído com a efetivação de novas investigações. Entretanto, os modelos DEA dessas novas investigações utilizam exclusivamente os ‘índices do TCU’ e não os valores brutos das variáveis. Isso faz com que esses trabalhos sejam considerados um tipo análise de decisão multicritério (multi criteria decision making – MCDM) que usa DEA como ferramenta, mas não necessariamente uma análise de eficiência. Nesse sentido, as eficiências calculadas por essas pesquisas não são comparáveis com os resultados da presente pesquisa.

Por outro lado, é possível comparar os resultados desta investigação com os resultados obtidos por Duenhas, França e Rolim (2015), Bittencourt et al (2016), Letti e Bittencourt (2017), Letti, Vila e Bittencourt (2018) e Villela (2017). Duenhas, França and Rolim (2015) analisaram 62 IES públicas brasileiras utilizando uma variante do modelo DEA denominada SBM e o índice Malquist. Para tanto, eles primeiramente separaram as IES em três grupos (18 grandes, 22 médias e 22 pequenas). As eficiências foram calculadas utilizando dados do INEP<sup>15</sup>, da CAPES<sup>16</sup> e do TCU<sup>17</sup>. Como resultado concluem que as universidades brasileiras são ineficientes, especialmente as menores, e indicam que as IES dos grupos pequeno e médio apresentaram aumento de produtividade entre os anos 2012 e 2013, sendo que tais resultados diferem de outros estudos identificados pelos autores. Como conclusão geral, os autores estimam que a eficiência das IES aumentaria em 2,8% o número de estudantes (36 mil estudantes) sem acréscimo nas despesas. Sem desmerecer os aspectos positivos da citada investigação, existem alguns pontos que podem ser melhor desenvolvidos na pesquisa. Por exemplo, considerar os diferentes tipos de estudantes (por tipo de curso e nível)<sup>18</sup>. Ainda, poderia-se considerar outros outputs como, por exemplo, alguma medida de inovação das IES, devido à relevante contribuição dessas em modelos de desenvolvimento econômico. Ainda, como o processo global de atuação de uma IES não muda consideravelmente em um período de um ano, poder-se-ia considerar um horizonte temporal mais extenso para análise da dinâmica temporal da eficiência.

De maneira semelhante aos demais estudos citados, mas usando valores brutos dos relatórios entregues pelas IES federais ao TCU e também dados do Sistema Integrado de Administração Financeira (SIAFI), Villela (2017) aplicou um modelo DEA e calculou o índice de Malmquist para 55 universidades federais brasileiras para o período de 2012 a 2015. Tal estudo considerou três

15 Censo do Ensino Superior realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais – INEP.

16 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

17 Usaram dados da CAPES e consideraram quatro outputs (número total de estudantes de graduação e de pós-graduação, número de ações de extensão, teses + dissertações defendidas e índice de qualidade dos cursos) e dois inputs (receita total e professor tempo integral equivalente).

18 Por exemplo, a estrutura necessária para ‘formar’ um médico é diferente da estrutura necessária para formar um pedagogo ou um engenheiro. O ‘estudante equivalente’ usado pelo TCU tenta levar isso em conta.

perspectivas de eficiência relativa: recursos, meta/qualidade e econômica, sendo que cada perspectiva utiliza uma combinação diferente de inputs e outputs para calcular as eficiências (recursos financeiros, professor equivalente, funcionário equivalente, estudante equivalente, número de graduados, custo por professor e custo por funcionário). Seus resultados sugerem que 45% das universidades apresentam níveis de eficiência entre 71% e 95% e que as variações ao longo do período foram de apenas 1%. Por fim, argumentam que esta variação se deve à mudanças de escala e não por mudança técnica e enfatizam que as recentes políticas públicas deveriam ter foco em ampliar seu retorno social.

Por fim, Bittencourt et al. (2016) e Letti and Bittencourt (2017) apresentam alguns resultados preliminares de contribuições à essa linha de pesquisa principalmente devido ao uso de informações sobre o número anual de patentes registradas por universidades. Por outro lado, algumas novas limitações das referidas pesquisas são o uso de vários tipos de inputs e outputs para um grupo pequeno de universidades (devido ao agrupamento por tamanho que adotaram) e a inclusão de universidades ‘muito jovens’ na análise (com menos de cinco anos de implementação). Nesse sentido, Letti, Vila and Bittencourt (2018) parcialmente superaram algumas dessas limitações. Ainda assim, entende-se que tais trabalhos possam ser complementados e seus resultados consolidados por meio da análise da eficiência das IES, da evolução temporal dessa eficiência e da comparação das eficiências entre regiões, à exemplo dos citados estudos realizados para IES de outros países.

### Procedimentos metodológicos

O foco do presente trabalho são as IES classificadas como Universidades Federais<sup>19</sup>. Para o caso específico da aplicação dos modelos DEA foram consideradas apenas as 56<sup>20</sup> universidades federais que atuaram desde 2010 até 2016 e que apresentaram algum aluno graduado já em 2010. Os dados foram obtidos do Censo da Educação Superior do INEP (2018), da CAPES (2018) e do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI, 2018). Foram definidas nove variáveis (Tabela 1) cujas estatísticas descritivas são apresentadas na Tabela 2. O tamanho das IES apresenta grande amplitude, evidenciada pelo desvio padrão (SD) e pelos valores de máximo/mínimo das variáveis. Analisando-se a representatividade de cada região em relação à cada variável verificou-se que as variações por região são diversas, mas que apresentam proporções semelhantes a cada ano: Sudeste (SE) representa quase um terço dos valores nacionais, Nordeste (NE) e Sul (S) 25% e 20%, e Norte (N) e Centro-Oeste (CO) aproximadamente 12% em cada ano, respectivamente. Em geral a proporção para cada variável por região é proporcional ao número de IES, com exceção da região Norte que apresenta valores menos que proporcionais.

19 As análises não consideram outros tipos de IES (Estaduais, Municipais e Privadas, nem Faculdades, Institutos Federais e Centros Universitários). Todas as universidades federais brasileiras são públicas, seguem as mesmas regras de financiamento e são obrigadas por lei a atuar nas três dimensões (ensino, pesquisa e extensão). As universidades federais da amostra representam apenas 2,62% das IES brasileiras, mas representam 15,53% dos estudantes de graduação presencial, 53,85% dos estudantes de pós-graduação, 66,28% das patentes registradas por IES e 30,58% dos professores atuando em extensão. Além disso, as universidades federais consideradas nesta pesquisa representam mais da metade das universidades públicas.

20 Até 2016 foram criadas mais 7, 4 completamente novas e 3 criadas por desagregação de outras universidades.

**Tabela 1:** Definição das variáveis utilizadas nas análises

Variável	Descrição
<b>Inputs</b>	
EXPEND	<b>Gastos totais (R\$ milhões a preços constantes de 2010):</b> Gastos totais em milhões de reais (incluindo gastos com professores, funcionários, gastos operacionais, investimentos, pesquisas e outros) em preços constantes de 2010.
PROFES	<b>Número de professores doutores em tempo integral equivalentes:</b> Professores permanentes, substitutos e visitantes (considerando apenas os em exercício) – ponderados pela carga horária proporcionalmente ao professor que trabalha 40 horas/semana (tempo integral = 1, tempo parcial = 0,5), e também ponderados pelo máximo grau acadêmico (doutor = 1, mestre = 0,6, especialista = 0,4, graduado = 0,2 e não graduado = 0,1).
EMPLOY	<b>Número total de funcionários:</b> Número total de funcionários (não professores) permanentes e temporários (considerando apenas os em exercício) – não foi possível ponderar por carga horária de trabalho pois inexistia esta informação no Censo do Ensino Superior do INEP.
<b>Outputs</b>	
DEGREU	<b>Número de graduados em tempo integral equivalentes:</b> Soma de cada um dos cursos para cada IES conforme a equação: { NDI * (DPC/4) } * [peso do curso]; Em que: NDI = número de graduados no ano no curso; DPC = tempo padrão de duração do curso (em anos); (veja SESu/MEC (2018)); peso do curso = calculado pela Secretaria de Educação Superior considerando peculiaridades internas da estrutura de custos de cada tipo de curso (veja SESu/MEC (2018)).
DEGREP	<b>Número de posgraduados equivalentes:</b> Total de posgraduados no ano (cursos de mestrado acadêmico, mestrado profissional e doutorado)
THIRDM	<b>Número de professores que atuam em atividades de extensão:</b> Número de professores com registro de estarem atuando em alguma atividade de extensão universitária de acordo com o Censo do INEP, banco de dados DM_DOCENTE [ANO], variável 'IN_ATU_EXTENSAO'.
PATENT	<b>Número de registros de patentes e modelos de utilidade:</b> Número de patentes registradas adicionado ao número de modelos de utilidade registrados anualmente em que a universidade conste como 'primeiro depositante'.

Fonte: elaborado a partir de INEP (2010-2016), CAPES(2018), INPI(2018) e SESu/MEC (2018).

**Tabela 2:** Estatísticas descritivas das 56 universidades federais brasileiras - 2016

	total	média	SD	max	min	Representatividade por região em 2016 (% do Brasil)					Variação de 2010 para 2016 ( $\Delta\%$ )							
						SE	NE	S	N	CO	BR	SE	NE	S	N	CO		
<b>N= 56</b>						34	25	16	16	9								
<b>EXPEND</b>	<b>30.658</b>	<b>547</b>	<b>471</b>	<b>2.529</b>	<b>95</b>	35	25	20	7	13	<b>15</b>	2	11	38	19	30		
<b>PROFES</b>	<b>73.444</b>	<b>1.311</b>	<b>823</b>	<b>3.703</b>	<b>278</b>	34	27	19	9	11	<b>37</b>	33	40	39	45	36		
<b>EMPLOY</b>	<b>107.855</b>	<b>1.926</b>	<b>1.700</b>	<b>9.445</b>	<b>207</b>	37	31	15	8	10	<b>25</b>	20	34	15	30	36		
<b>DEGREU</b>	<b>238.407</b>	<b>4.257</b>	<b>2.447</b>	<b>10.087</b>	<b>861</b>	31	28	15	15	11	<b>38</b>	38	46	22	45	41		
<b>DEGREP</b>	<b>41.980</b>	<b>750</b>	<b>674</b>	<b>2.754</b>	<b>44</b>	37	25	21	6	11	<b>66</b>	63	62	57	96	88		
<b>PATENT</b>	<b>747</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>70</b>	<b>0</b>	32	36	23	3	6	<b>160</b>	59	427	171	178	223		
<b>THIRDM</b>	<b>30.290</b>	<b>541</b>	<b>603</b>	<b>3.153</b>	<b>1</b>	39	19	23	6	13	<b>52</b>	97	64	32	6	15		

Source: INEP (2010-2016), CAPES(2018), INPI(2018) and SESu/MEC (2018).

As últimas colunas da Tabela 2 apresentam uma síntese da evolução das variáveis no período de 2010 a 2016 para o Brasil e para cada região. As variações no período apresentam padrões regionais diferentes do padrão nacional, principalmente para as variáveis EXPEND, PATENT e THIRDM, sugerindo alguma mudança na dinâmica regional em relação à essas variáveis. Todas as variáveis apresentaram aumento no período, mas com diferentes magnitudes. PATENT apresentou a maior variação (160%) enquanto EXPEND apresentou a menor variação (14,8%). A variável relacionada com pós-graduação (DEGREP) aumentou mais que 65% e a variável relacionada com graduação (DEGREU) aumentou apenas 38%. Por outro lado o número total de professores (não mostrado na Tabela 2) e de funcionários (EMPLOY) aumentou à mesma taxa de 25%, enquanto o número de professores doutores tempo integral equivalente (PROFES) aumentou em 37,4%. Tal fato sugere que PROFES está aumentando também devido a horas de trabalho e/ou ao nível acadêmico do professor. Da mesma forma, os indicadores do censo do ensino superior do INEP indicam que o

número de funcionários com graduação elevou-se em 26% no período. Ou seja, tanto a quantidade como o nível de qualificação tanto de professores como de funcionários está aumentando.

Como inovação metodológica deste trabalho utilizou-se de técnicas robustas para identificar e considerar diferenciadamente as IES consideradas como discrepantes (outliers). Para tanto seguiu-se as orientações e procedimentos recomendados por Wilson (1993, 2010) que partem das estatísticas desenvolvidas por Andrews and Pregibon (1978) e as extrapolam para o caso de múltiplos inputs e múltiplos outputs.

Foram analisados três diferentes modelos DEA, cada um considerando diferentes aspectos do processo de prestação de serviços educacionais das IES: o **Modelo 1** objetiva mensurar o potencial desperdício de recursos financeiros e, para isso, considera apenas EXPEND como input e DEGREU, DEGREP<sup>21</sup>, THIRDM e PATENT como outputs em um modelo VRS com orientação para inputs; o **Modelo 2** objetiva mensurar o aumento potencial da oferta de outputs considerando as mesmas variáveis anteriores em um modelo VRS mas agora com orientação para output; o **Modelo 3** também objetiva mensurar o aumento potencial de outputs mas agora considerando apenas as variáveis humanas como inputs (PROFES e EMPLOY) e as mesmas quatro variáveis anteriores como outputs. Cada modelo foi aplicado para cada ano e também para todo o período de sete anos. Esta última escolha foi realizada com pressupostos CRS e depois repetida com pressupostos de VRS. Desta forma foi possível identificar se cada uma das universidades estava operando acima, abaixo ou ao nível ótimo de escala de produção. O cálculo do índice de Malmquist considerou os valores apenas para o ano inicial e final do período considerado. Assim, a próxima parte do texto apresenta os resultados da aplicação dos procedimentos aqui descritos.

## Resultados, análises e discussões

Os resultados do Modelo 1 mostram que, considerando o período de sete anos como um único ciclo de produção, 26 (46,4%) universidades são classificadas como eficientes. A média de eficiência foi 87,0% e, entre as ineficientes, a média de eficiência foi 75,8%. Por região, a médias das eficiências foi de 92,7% para o Centro-Oeste, 87,3% para o Sudeste, 87,3% para o Nordeste, 85,9% para o Sul e 84,1% para o Norte<sup>22</sup>. Para o período de setes anos considerado como um único ciclo produtivo, os resultados gerais não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os três modelos<sup>23</sup>.

Por outro lado, quando se considera as eficiências calculadas ano a ano é possível identificar algumas variações entre os anos para um mesmo modelo<sup>24</sup>, e variações entre modelos para um mesmo ano<sup>25</sup>. Isso ocorre em especial quando compara-se o modelo 2 com o modelo 3. A região Norte também apresentou diferença visualmente perceptível nos resultados dos modelos 1 e 2<sup>26</sup>. Essas variações ao longo do tempo e por regiões podem ser visualizadas na Figura 1, a qual apresenta os valores das médias regionais para cada ano e para cada modelo.

21 Apresenta muito forte e significativa correlação com todas as outras variáveis relacionadas à pesquisa.

22 O teste de Kruskal-Wallis (chi-squared = 1,47, df = 4, p-value = 0,83) não sugere diferença entre regiões.

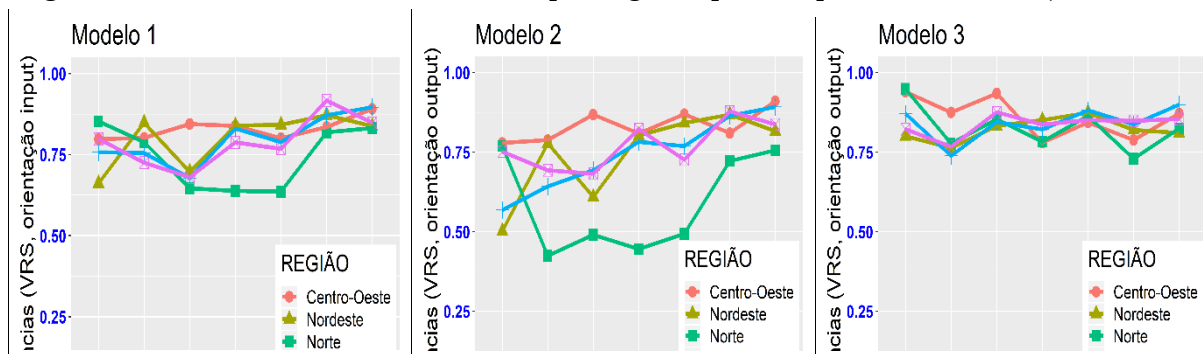
23 O teste de soma de rank de Friedman (chi-squared = 1,39, df = 2, p-value = 0,50) sugere não existir diferenças estatisticamente significativas entre os resultados dos modelos.

24 O teste de Friedman apresentou p-valores < 0,02 para cada modelo, sugerindo haver diferenças.

25 O teste de Friedman apresentou p-valores < 0,05 para cada ano, sugerindo diferenças, com exceção de 2015.

26 Mesmo assim, o teste de Kruskal-Wallis de comparação entre as regiões resultou em p-valores > 0,10, sugerindo não haver diferença. O menor valor foi encontrado para o modelo 2 no ano 2013 (p-valor=0,1518).



**Figura 1:** Médias das eficiências das IES por região e por ano para os Modelos 1, 2 e 3

Fonte: resultados da pesquisa

Entre regiões pode-se observar diferentes padrões, com valor mínimo de eficiência média para a região Norte em 2011 no modelo 2 (39%) e valor máximo para a região Norte em 2010 no modelo 3 (95%). Não obstante as diferenças entre regiões ao longo do tempo, ao fim do período analisado os valores das eficiências convergem para valores entre 75% (Norte, modelo 2) e 89.7% (Sudeste, também no modelo 2). Essas variações podem estar ocorrendo, (principalmente nos modelos 1 e 2) devido à grande variação observada nas despesas financeiras entre um ano e outro para uma mesma universidade. Isso está associado ao fato de algumas despesas serem realizadas em um ano mas efetivamente registradas no ano posterior à sua realização. Assim, considera-se que os resultados obtidos a partir da agregação dos valores para o período de sete anos representem melhor a situação das IES. Além disso, este processo evita com que uma universidade seja considerada eficiente (ou outlier) em um ano e extremamente ineficiente no ano imediatamente posterior<sup>27</sup>. Neste sentido, considerando os valores agregados para o período dos sete anos, a Tabela 3 apresenta os resultados (decomposição das eficiências e tipos de economias de escala) para os modelos 1, 2 e 3 para o Brasil e para cada região.

**Tabela 3:** Retornos de escala para Brasil e regiões - modelos 1, 2 e 3 (2010 a 2016)

Região	N	Modelo 1 (VRS, input)					Modelo 2 (VRS, output)					Modelo 3 (VRS, output)				
		Componentes da eficiência (médias geom.)		número de IES apresentando			Componentes da eficiência (médias geom.)		número de IES apresentando			Componentes da eficiência (médias geom.)		número de IES apresentando		
		pura	escala	IRS	CRS	DRS	pura	escala	IRS	CRS	DRS	pura	escala	IRS	CRS	DRS
<b>Brasil</b>	<b>56</b>	<b>0,85</b>	<b>0,86</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>28</b>	<b>0,85</b>	<b>0,86</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>35</b>	<b>0,87</b>	<b>0,94</b>	<b>9</b>	<b>25</b>	<b>22</b>
Centro-Oeste	5	0,92	0,77	0	0	5	0,94	0,76	1	0	4	0,87	0,92	0	1	4
Nordeste	14	0,85	0,91	3	3	8	0,86	0,90	0	5	9	0,86	0,95	3	7	4
Norte	9	0,82	0,81	5	1	3	0,74	0,89	3	2	4	0,87	0,89	2	3	4
Sudeste	19	0,85	0,89	3	9	7	0,88	0,86	1	6	12	0,89	0,96	2	9	8
Sul	9	0,83	0,86	2	2	5	0,87	0,82	2	1	6	0,83	0,97	2	5	2

Fonte: resultados da pesquisa

As médias geométricas da eficiência pura de cada um dos três modelos são similares quando consideradas as 56 universidades, mas variação um pouco maior quando comparadas as regiões. Centro-Oeste e Norte apresentaram maior variação entre modelos e entre regiões. O mínimo valor de eficiência pura foi de 0,74 (região Norte no modelo 2) e o valor máximo observado foi de 0,94 (Centro-Oeste também no modelo 2).

Em relação ao índice de Malmquist e sua decomposição entre as três fontes de mudança (tecnológica, eficiência pura e escala), a Tabela 4 apresenta os resultados para o Brasil e também para cada região, considerando 2010 como ano inicial e 2016 como ano final. Neste caso são comparados apenas os modelos 2 e 3 por apresentarem ambos a mesma orientação para output.

<sup>27</sup> Por exemplo, se a despesa de um ano foi registrada no ano subsequente (neste caso, o primeiro ano apresentaria menor uso de recursos e o subsequente ano apresentaria um maior uso de recursos).

Tendo em conta apenas recursos financeiros como inputs (modelo 2) o índice de Malmquist sugere forte elevação da eficiência (1,46), sendo 1,07 devido à mudança tecnológica, 1,22 devido à mudança pura da eficiência e 1,11 devido à mudanças de escala. Por outro lado, considerando apenas recursos humanos como inputs (modelo 3), o índice de Malmquist cai para 1,33, e é influenciado praticamente apenas pela componente de mudança tecnológica (1,29), parcialmente compensado pelo decréscimo da eficiência pura (0,98) e com pequena influência da mudança de escala (1,04). Isso sugere que o uso dos recursos financeiros está tornando-se mais eficiente em geral (mesmo que devido à mudanças nas escalas de operação), mas que a eficiência na alocação dos recursos humanos não está crescendo na mesma proporção. Mais importante ainda, essa eficiência no uso dos recursos humanos parece estar ocorrendo apenas devido à mudança da fronteira tecnológica (tecnologia disponível) e nem todas as IES estão conseguindo acompanhar essa mudança (eficiência pura decrescente).

Ressalte-se que os efeitos de mudança de escala são mais relevantes em relação à eficiência no uso dos recursos humanos que em relação à eficiência no uso dos recursos financeiros. Ou seja, esses resultados sugerem que, não obstante o aumento da eficiência em ambos os modelos (45% e 33%, respectivamente), a decomposição deste aumento é devida a diferentes fatores em cada modelo<sup>28</sup>. Em relação aos valores financeiros (modelo 2), mesmo ocorrendo alguma variação na fronteira tecnológica (7%, devido aos benchmarks), a maior parte da variação deve-se à aproximação das IES à esta fronteira (22% devido à pura eficiência e 11% devido à mudança de escala). Por outro lado, considerando os recursos humanos (modelo 3), ocorreu grande variação da fronteira tecnológica (29%, devido aos benchmarks), com pequeno efeito das mudanças de escala (4%) e com algumas IES não conseguindo sequer acompanhar essa mudança tecnológica (variação negativa de 2% na eficiência pura). Em geral, pode-se afirmar que a eficiência no uso de ambos os recursos (financeiros e humanos) está variando positivamente, mas devido à fatores diferentes: no caso financeiro, a variação é devida à aproximação das IES à uma fronteira tecnológica que é praticamente estática; no caso dos recursos humanos, a variação é devida à mudança da fronteira tecnológica (as IES de referência estão se tornando mais produtivas) e as demais IES estão minimamente conseguindo acompanhar essa mudança, sem entretanto conseguirem tornar-se mais eficientes em relação às benchmarks.

Analisando-se o índice de Malmquist para cada região é possível perceber algumas peculiaridades em relação ao contexto nacional<sup>29</sup>. Primeiro, as médias para o Sudeste apresentam padrão e valores que são muito similares às médias nacionais. Como essa região representa quase um terço no ensino superior brasileiro, entende-se que é justamente esta região que mais influencia os valores nacionais. Segundo, a região Centro-Oeste apresentou os menores valores de Malmquist, inclusive com valor negativo (-2%) para o modelo 3, mas mesmo assim, apresentando um forte efeito (21%) da mudança tecnológica no modelo 3 e um relevante efeito da mudança pura (17%) no modelo 2. Terceiro, em ambos os modelos os maiores valores de eficiência de escala foram observados para a região Norte (42% e 35%), indicando que as universidades desta região estão aumentando de tamanho e aproveitando os efeitos positivos das economias de escala. Ressalte-se que tais valores de economias de escala foram pequenos ou mesmo negativos para todas as outras regiões.

28 O teste de Friedman para os índices de Malmquist entre os modelos sugere não existir diferença estatisticamente significativa entre eles ( $p$ -valor $>0,05$ ), entretanto o resultado do teste aplicado a cada componente individualmente sugere diferenças estatisticamente significativas ( $p$ -valor  $< 0,05$ ).

29 Os testes de Kruskal-Wallis para o modelo 2 ( $p$ -valor=0,33) e para o modelo 3 ( $p$ -valor = 0,11) sugerem não haver diferença estatisticamente significativa entre os índices de Malmquist entre as regiões (mas considerando cada componente, somente o componente mudança tecnológica no modelo 3 apresentou  $p$ -valor  $<0,06$ , quando da comparação entre regiões).

**Tabela 4:** Índice de Malmquist e componentes (2010 e 2016) para os modelos 2 e 3

Região	N	Modelo 2 Recursos financeiros - VRS output				Modelo 3 Recursos Humanos - VRS output			
		Malmquist	Tecnol.	Pura eficiência	Escala	Malmquist	Tecnol.	Pura eficiência	Escala
Brasil	56	1,45	1,07	1,22	1,11	1,33	1,29	0,98	1,04
Centro-Oeste	5	1,07	0,98	1,17	0,93	0,98	1,21	0,89	0,91
Nordeste	14	1,66	1,14	1,37	1,06	1,35	1,37	0,99	0,99
Norte	9	1,45	1,03	0,99	1,42	1,23	1,04	0,88	1,35
Sudeste	19	1,49	1,07	1,31	1,06	1,44	1,39	1,03	1,01
Sul	9	1,23	1,04	1,10	1,07	1,33	1,32	1,06	0,95

Fonte: resultados da pesquisa

Considerando apenas a eficiência pura e comparando-a entre regiões, os padrões percebidos são diferentes entre os dois modelos. Para o caso dos recursos financeiros, somente a região Norte não apresentou variação positiva nesta componente, enquanto que, considerando os recursos humanos, somente as regiões Sudeste e Sul apresentaram valores positivos, mesmo que pequenos (3% e 6%). Isso reflete justamente a situação nacional.

Por fim, como exercício de simulação, os resultados sugerem que R\$ 2,96 bilhões por ano poderiam ser economizados se todas IES atuassem na fronteira de eficiência, ou que, por outro lado, se esses recursos fossem todos utilizados eficientemente, esperaria-se um aumento de: 11,6% no número de graduados (23.301 formados por ano); 8,7% no número de pós-graduados (2.984 por ano); 8,5% de professores envolvidos com atividades de extensão (2.249 professores por ano); e 7,7% do número de patentes registradas (39 registros por ano). Ainda, considerando-se apenas a alocação eficiente dos recursos humanos, os resultados poderiam aumentar em 9,0%, 7,1%, 6,9% e 5,1%, respectivamente. Importante lembrar que esse exercício pode também ser realizado para cada uma das universidades e esses valores podem ser utilizados como metas para os decisores de políticas públicas e/ou administradores das universidades como forma de subsidiar suas ações. Entretanto, tal objetivo foge ao escopo desta pesquisa.

### Considerações finais

O objetivo principal da presente pesquisa foi mensurar e analisar a eficiência relativa das universidades federais brasileiras para o período de 2010 a 2016 considerando também aspectos regionais da distribuição destas eficiências. Isso foi realizado utilizando-se modelos DEA e índices de Malmquist. Em geral, os resultados sugerem que, considerando o período de sete anos como um todo, 26 (46,4%) das universidades foram eficientes na alocação dos recursos, apresentando uma eficiência média geral de 87%. Por região os resultados foram: Centro-Oeste (93%), Nordeste (87%), Sudeste (87%), Sul (86%) e Norte (84%).

Os valores das eficiências também foram calculados para cada ano e apresentaram grande variação entre os anos e entre os modelos quando considerando os valores de cada universidade. Devido à isso, julgou-se mais prudente considerar os resultados obtidos dos modelos aplicados ao período dos sete anos como um todo. Ainda, também percebeu-se que em geral as eficiências das universidades estão aumentando ao longo do tempo e que isso parece ocorrer devido a dois diferentes fatores em relação à recursos financeiros e recursos humanos. No primeiro caso, a fronteira tecnológica é mais estática e as universidades estão realmente se aproximando da fronteira de produção (ganhando eficiência relativa) e somente a região Norte parece estar apresentando ganhos devido à mudança de escala (crescimento das universidades). Por outro lado, em relação aos recursos humanos, os resultados sugerem que está ocorrendo variação da fronteira tecnológica de produção (as universidades de referência estão aumentando sua produtividade no uso desses recursos) e a maioria das outras universidades está apenas acompanhando esse aumento de produtividade sem, no entanto, conseguir aproximar-se da nova fronteira de produção (mantendo assim a mesma eficiência relativa).

Um avanço neste tipo de investigação será considerar variáveis de qualidade (e não apenas quantidades) nas análises e também considerar variáveis que capturem diferentes características do

ambiente produtivo de cada região (características do ambiente socioeconômico). Da mesma forma, um próximo passo dessa investigação pode ser a busca pela identificação de variáveis que expliquem a eficiência das instituições analisadas.

## Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiado por recursos da CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil.

## Referências

AGASISTI, T.; DAL BIANCO, A. Data envelopment analysis to the Italian university system: theoretical issues and policy implications. **Int. J. Business Performance Management**, v. 8, n. 4, p. 344-367, 2006. Disponível em: <[https://econpapers.repec.org/article/idsijbpm/v\\_3a8\\_3ay\\_3a2006\\_3ai\\_3a4\\_3ap\\_3a344-367.htm](https://econpapers.repec.org/article/idsijbpm/v_3a8_3ay_3a2006_3ai_3a4_3ap_3a344-367.htm)>. Acessado em: 20 jun. 2018.

AGASISTI, T.; SALERMO, C. Assessing the cost efficiency of Italian universities. **Education Economics**, v. 15, n. 4, p. 455-471, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/09645290701273491>>. Acessado em: 20 jun. 2018.

AGASISTI, T.; JOHNES, J. Beyond frontiers: comparing the efficiency of higher education decision-making units across more than one country, **Education Economics**, v. 17, n. 1, 59-79, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/09645290701523291>>. Acessado em: 20 jun. 2018.

ALESKEROV, F. T.; BELOUSA, V. Y.; PETRUSHCHENKO, V. V. Models of data envelopment analysis and stochastic frontier analysis in the efficiency assessment of universities. **Automation and Remote Control**, v. 78, n. 5, p. 902-923, may 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1134/S0005117917050125>>. Acessado em: 20 jun. 2018.

ANDREWS, D. F.; PREGIBON, D. Finding the Outliers that Matter, *Journal of the Royal Statistical Society, Ser. B*, v. 40, p. 85-93, 1978.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984. Disponível em: <<https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>>. Acessado em: 20 jun. 2018.

BITTENCOURT, M. V. L.; GOMES, L. C.; LETTI, A. G.; BRAGANÇA, R. C.. University and Regional Development: Efficiency of Brazilian Universities. Congress of *European Regional Science Association (ERSA)*, 47<sup>o</sup>, *Anais...*, Viena, Áustria, 23-26 ago. 2016.

BLANCHARD, O. The economic future of Europe, **National Bureau of Economic Research**, NBER Working Paper, n. 10310, March 2004. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w10310>>. Acessado em: 20 jun. 2018.

BOGETOFT, P.; OTTO, L. **Benchmarking with DEA, SFA, and R**. International Series in Operations Research and Management Science. Springer, 2011.

CAPES (2018). **GEOCAPES – Sistema de Informações Georreferenciadas**. Disponível em: <<https://geocapes.capes.gov.br/geocapes/>>. Acessado em: 20 jun. 2018.

CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. (1982) The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. **Econometrica**, v. 50, n. 6, p. 1393-1414, nov. 1982. Disponível em: <<https://aae.wisc.edu/aae741/Ref/Caves%20Econometrica%201982.pdf>>. Acessado em: 20 jun. 2018.

- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of DMUs. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429–444, 1978. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)>. Acessado em: 20 jun. 2018.
- DANTZIG, G. B. Maximization of a linear function of variables subject to linear inequalities. In T. KOOPMANS, C. (Ed.). **Activity analysis of production and allocation**. New York: Wiley, 1951.
- DUENHAS, R. A.; FRANÇA, M. T. A.; ROLIM, C. F. C. A expansão do número de matrículas no ensino superior é possível? Uma análise estática e dinâmica da eficiência na gestão das universidades públicas brasileiras. **Espacios**, Caracas-Venezuela, v. 36, n23, p. E-1, 2015. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a15v36n23/153623E1.html>>. Acessado em: 20 jun. 2018.
- FARREL, M. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society, Series A**, v. 120, p. 253–281, 1957.
- FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; LINDGREN, B; ROOS, P. (1992). Productivity changes in Swedish pharmacies 1980–1989: A non-parametric Malmquist approach. **Journal of Productivity Analysis**, v. 3, n.1-2, p. 85-101, jun. 1992. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/BF00158770>>. Acessado em: 20 jun. 2018.
- FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; NORRIS, M.; ZHANG, S. (1994) Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries, **The American Economic Review**, v. 84, n. 1, p. 66-83, mar. 1994. Disponível em: <[https://www.jstor.org/stable/2117971?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/2117971?seq=1#page_scan_tab_contents)>. Acessado em: 20 jun. 2018.
- FORSUND, F. Economic interpretation of DEA. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 61, march 2018, p. 9-15. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.seps.2017.03.004>>. Acessado em: 20 jun. 2018.
- FORSUND, F. R.; KITTELSEN, S. A. C.; KRIVONOZHKO, V. E. (2009). Farrel revisited – visualizing properties of dea production frontiers. **Journal of the Operational Research Society**, v. 60, p. 1535-1545. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1057/jors.2008.185>>. Acessado em: 20 jun. 2018.
- IBGE–Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, [2010].
- INEP – Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Indicadores Financeiros Educacionais**. 2017. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/indicadores-financeiros-educacionais>>. Acessado em: 20 jun. 2018.
- INEP. Censo da Educação Superior. **Microdados**. 2018. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/centso-da-educacao-superior>>. Acessado em: 20 jun. 2018.
- INPI (2018). Estatística. Indicadores de Propriedade Industrial. Dowload das tabelas completas. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/sobre/estatisticas>>. Acessado em: 20 mar. 2018.
- JOHNES, J. Efficiency measurement. Cap. 16, 613-742. In: JOHNES, G.; JOHNES, J. **International Handbook on the Economics of Education**. Cheltenham-UK, Edward Elgar Publishing, 2004.
- JOHNES, J. Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. **Economics of Education Review**, v. 25, n. 3, p. 273-288, June 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2005.02.005>>. Acessado em: 20 jun. 2018.

JOHNES, J.; JOHNES, G. Efficiency in the higher education sector: a technical exploration. **BIS Research Paper**, n. 113, September 2013. Disponível em: <<http://dera.ioe.ac.uk/18264/1/bis-13-918-efficiency-in-higher-education-sector.pdf>>. Acessado em: 20 jun. 2018.

JOHNES, G.; TONE, K. The efficiency of higher education institutions in England revisited: comparing alternative measures. **Tertiary Education and Management**, v. 23, n. 3, p. 191-205, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/13583883.2016.1203457>>. Acessado em: 20 jun. 2018.

LETTI, A. G.; BITTENCOURT, M. V. L.; Regional development and the relative efficiency of Brazilian Universities. Congress of *European Regional Science Association (ERSA)*, 48º, Anais..., Groningen, Netherlands, 28 ago./01 set., 2017.

LETTI, A. G.; VILA, L. E.; BITTENCOURT, M. V. L.; The relative efficiency of Brazilian Public Universities (2010 - 2016): an analysis through time and space. Congresso da *European Regional Science Association (ERSA)*, 49º, Anais..., Cork, Ireland, 28 ago./01 set., 2018.

MALMQUIST, S. Index numbers and indifference curves. **Trabajos de Estadística**, v. 4, n. 1, p. 209-242, 1953.

OECD. **Education at a Glance 2015: OECD Indicators**. OECD Publishing, 2015. Disponível em: <[www.oecd.org/education/education-at-a-glance-19991487.htm](http://www.oecd.org/education/education-at-a-glance-19991487.htm)>. Acessado em: 20 jun. 2018.

SAMPAIO, Carlos Eduardo Moreno – **Diretoria de Estatísticas Educacionais**. 26 abril 2017. Disponível em: <<http://www.andifes.org.br/wp-content/uploads/2017/04/INEP-Censo-da-Educa%C3%A7%C3%A3o-Superior-Andifes-16042017.pdf>>. Acessado em: 20 jun. 2018.

SESu/MEC. **Orientações para o cálculo dos indicadores de gestão**. Decisão TCU n. 408/2002-Plenário. Versão revisada em março/2004. 2018. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/indicadores.pdf>>. Acessado em: 20 jun. 2018.

SHEPARD, R. W. **Theory of cost and production functions**. Princeton University Press: New Jersey, 1970.

TACHIBANA, T. Y.; MENEZES-FILHO, N.; KOMATSU, B. Ensino superior no Brasil. Insper – Centro de Políticas Públicas. **Policy Paper**, n. 14. Dezembro, 2015.

THANASSOULIS, E.; KORTELAINEN, M.; JOHNES, G.; JOHNES, J. Cost and efficiency of higher education institutions in England: a DEA analysis. **Journal of the Operational Research Society**, v. 62, n. 7, p. 1282-1297, July 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1057/jors.2010.68>>. Acessado em: 20 jun. 2018.

TONE, K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, 130, 498-509, 2001.

VILA, L. E. The non-monetary benefits of education. **European Journal of Education**, 35,1, p. 21-32, 2000. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/1503615>>. Acessado em: 20 jun. 2018.

VILLELA, J. A. Eficiência universitária: uma avaliação por meio de Análise Envoltória de Dados. 2017. 81 f., il. **Dissertação** (Mestrado Profissional em Economia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

WILSON, P. W. Detecting outliers in deterministic nonparametric frontier models with multiple outputs, **Journal of Business and Economic Statistics**, 11, 319-323, 1993.

WILSON, P. W. Detecting Outliers in Deterministic Nonparametric Frontier Models with Multiple Outputs: Correction. **Unpublished working paper**, Department of Economics, Clemson University.

2010. Disponível em: <<http://media.clemson.edu/economics/faculty/wilson/Papers/ap-corrected.pdf>>. Acessado em: 20 jun. 2018.



*Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.*