

# Capítulo 8

## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO UTILIZANDO A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Diego Scalioni  
Helton Gomes  
Lásara Rodrigues

# AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO UTILIZANDO A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Diego Scalioni  
Helton Gomes  
Lásara Rodrigues

## Resumo

Devido às crescentes exigências impostas pelas organizações, as instituições de ensino superior (IES) do Brasil possuem um importante papel. Elas contribuem, por meio de cursos de graduação e pós-graduação, para o ingresso de milhares de jovens no mercado de trabalho. Muitos esforços visando aumentar a qualidade da educação superior brasileira têm sido realizados. Esses esforços representam altos investimentos e são responsáveis por grande parte do orçamento do governo para a educação e, por isso, seus resultados devem ser avaliados. Porém, a literatura sobre a avaliação de IES no Brasil está carente de modelos quantitativos de avaliação da eficiência que contemplem os múltiplos fatores envolvidos na atividade universitária. Para uma melhor alocação de recursos e avaliação de desempenho nas IES, é necessário o uso de ferramentas de medição de eficiência, já que analisar apenas as saídas ou produtos dessas instituições não propicia uma visão completa em relação ao seu desempenho. Através dessas ferramentas é possível avaliar como os recursos estão sendo utilizados e que resultados esses estão gerando. Sendo assim, esse projeto teve como objetivo avaliar, através da Análise Envoltória de Dados (DEA), a eficiência de programas de pós-graduação em Engenharia de Produção oferecidos no Brasil. Como resultado, foram determinados programas de referência, no qual novos programas a serem abertos, ou programas considerados ineficientes, podem se espelhar. Os resultados obtidos irão auxiliar os gestores das IES na melhor alocação dos recursos disponíveis. A escolha do curso de Engenharia de Produção foi feita devido ao baixo número de programas oferecidos nessa área e, os existentes serem bem diversos, ou seja, abrangem conteúdos bem distintos.

**Palavras-chave:** educação superior, eficiência, dea, pós-graduação, engenharia de produção

## 1. Introdução

Devido as crescentes exigências impostas pelas organizações, as instituições de ensino superior (IES) do Brasil possuem o importante papel de qualificar milhares jovens, possibilitando o ingresso e a ascensão no mercado de trabalho. Muitos esforços visando aumentar a qualidade da educação têm sido realizados, o que representa em altos investimentos, e, portanto, seus resultados devem ser avaliados. Porém, a literatura sobre a avaliação da eficiência de IES no Brasil está carente de modelos quantitativos que contemplem os múltiplos fatores envolvidos na atividade universitária. A eficiência descreve a relação entre os recursos usados e os resultados obtidos na educação (WORTHINGTON, 2001).

Segundo Breu e Raab (1994), a limitação orçamentária e a preocupação com a qualidade do ensino tornaram os gestores das IES mais dispostos a aceitar o conceito de eficiência e a sua mensuração como instrumento de apoio à tomada de decisões. A avaliação da eficiência é uma alternativa aos gestores, à comunidade acadêmica e à sociedade em geral, primeiro, para a obtenção de informações que auxiliem na otimização dos principais recursos utilizados e, segundo, para o estabelecimento de pontos de referência a serem alcançados, objetivando destacar as melhores práticas e eliminar possíveis desperdícios, a partir de melhorias que conduzirão essas instituições a alcançar seu potencial (ABBOTT e DOUCOULIAGOS, 2003). Porém, a eficiência nas IES tem sido medida por meio de diversos indicadores que, quando usados isoladamente, não levam a uma efetiva conclusão acerca da realidade administrativa destas (SOLIMAN *et al.*, 2014). Sendo assim, é necessário o uso de ferramentas de medição para avaliar como os recursos estão sendo utilizados e que resultados estão gerando.

Uma ferramenta quantitativa, ainda pouco utilizada na análise da eficiência de IES, é a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA). A DEA é um método que avalia a eficiência de organizações que utilizam múltiplos recursos para produzir múltiplos produtos ou resultados.

Visto isso, esse trabalho tem como objetivo avaliar, através da DEA, a eficiência de programas/cursos de pós-graduação em Engenharia de Produção oferecidos por IES brasileiras. A escolha do curso de Engenharia de Produção foi feita devido ao baixo número de cursos/programas oferecidos nessa área e, os existentes serem bem diversos. Os resultados obtidos poderão auxiliar aos gestores das IES na melhor alocação dos recursos disponíveis,

ajudando, conseqüentemente, na capacitação dos seus alunos. Além disso, os resultados obtidos auxiliarão as IES na abertura de novos programas/cursos de pós-graduação. Para isso, foram utilizados os modelos DEA clássicos CCR e BCC, orientados à *input* e *output*. Foram selecionados quarenta e dois programas/cursos, dois *inputs* e doze *outputs*.

O restante desse trabalho está organizado como segue. Na seção 2 é apresentada a DEA, bem como uma revisão literária com sua aplicação na educação. É descrito, também, na seção 2, como foram selecionados os modelos, as DMU's, os *inputs* e os *outputs*. Na seção 3 são apresentados e analisados os resultados obtidos. A seção 4 conclui o trabalho. Na seção 6 são feitos os agradecimentos.

## 2. Revisão de literatura e metodologia

### 2.1. Análise Envoltória de Dados - DEA

A DEA (Charnes *et al.*, 1978) é um método de avaliação da eficiência de unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units* – DMU's), que utiliza múltiplos recursos (*inputs*) para produzir múltiplos produtos ou resultados (*outputs*). Ela permite identificar as DMU's de melhor prática, definindo *benchmarks* para as unidades consideradas ineficientes.

A DEA possui diversos modelos que possibilitam várias interpretações. Os modelos DEA clássicos, mais utilizados na literatura, são o Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) e o Banker-Charnes-Cooper (BCC). O modelo CCR (Charnes *et al.*, 1978) trabalha com retornos constantes de escala, enquanto o modelo BCC (Banker *et al.*, 1984) considera situações com variação de escala.

O CCR foi o primeiro modelo DEA apresentado na literatura. Segundo Dreyer (2013), este modelo foi proposto com a meta de maximizar a eficiência das organizações (DMU's). O objetivo do modelo CCR é encontrar os valores ótimos para pesos ( $v$  e  $u$ ), que maximizem a eficiência ( $\theta$ ). Sherman e Zhu (2006) ressaltam, entretanto, que, para esse modelo, múltiplas combinações de  $v$  e  $u$  podem ser geradas como valores ótimos. Já o modelo BCC foi criado como uma adaptação do modelo CCR, capaz de avaliar DMU's que operassem em escalas diferentes. A diferença básica entre os modelos está na variável livre ( $u_o$ ), responsável por indicar se os retornos de escala serão crescentes, decrescentes ou constantes (COOPER *et al.*, 2007). Segundo Coelli *et al.* (2005), é viável a utilização do modelo CCR em situações em que se opera em condições estáveis. Porém, vários problemas encontrados na prática podem

tornar não viável a utilização desse modelo já que o mesmo retorna valores constantes de escala.

A DEA pode ser aplicada a uma imensa variedade de atividades, independente da natureza complexa dos múltiplos *inputs* e *outputs* envolvidos (COOPER *et al.*, 2007). Uma dessas atividades são as provenientes da educação.

## **2.2. DEA aplicada à educação**

Apesar da pouca aplicação da DEA para avaliar a eficiência de IES, alguns trabalhos nessa área podem ser destacados.

Lidia *et al.* (2003) e Alencastro *et al.* (2006) utilizaram o modelo CCR clássico para avaliarem cursos de pós-graduação em engenharia e a gestão de recursos em instituições privadas de ensino, respectivamente. Já Lins *et al.* (2004) utilizaram o modelo CCR e algumas de suas variações para avaliar o desempenho da pós-graduação em Engenharia de Produção. Casado (2007) utilizou os modelos CCR e BCC em suas análises de eficiência na educação superior, enquanto Giacomello *et al.* (2013) e Benício *et al.* (2012) utilizaram os modelos CCR e BCC, respectivamente, para a avaliação de IES. Os autores consideraram somente modelos orientados à *output*. Por fim, Sant'Anna (2002, 2005a, 2005b) apresenta três estudos aplicados a cursos de graduação em Engenharia de Produção, todos utilizando o modelo CCR clássico. Nenhum trabalho foi encontrado considerando os modelos CCR e BCC em suas duas orientações.

Com o propósito de avaliar a eficiência das IES no Brasil, mais especificamente da pós-graduação em Engenharia de Produção, a pesquisa literária sobre o tema auxiliou na determinação dos modelos DEA a serem utilizados, bem como os *inputs* e *outputs*.

## **2.3. Seleção dos modelos, DMU's, *inputs* e *outputs***

Os modelos utilizados nesse trabalho foram selecionados com base em sua recorrência na literatura, o que comprovou a aplicabilidade na avaliação das IES. Os modelos selecionados foram o CCR e o BCC, em ambas suas orientações, a *input* e *output*.

Com base na tabela de Cursos Avaliados e Reconhecidos, disponível na Plataforma Sucupira, que apresenta todas as IES com programas/cursos pós-graduação em Engenharia de Produção e suas respectivas áreas de concentração, foram identificados 53 programas/cursos. Buscou-se

então determinar quais IES fariam parte da análise (DMU's). O critério utilizado para essa seleção foi a disponibilidade de dados, uma vez que é necessário ter uma base de dados acessível e confiável. Foi considerada, também, a Regra de Ouro para determinar o número mínimo de DMU's a serem selecionadas.

Na seleção dos dados foi utilizada a Regra de Ouro, a qual recomenda que o número de DMU's deve ser pelo menos igual a três vezes a soma total do número *inputs* e *outputs* envolvidos, ou pelo menos igual ao produto do número de *input* e *output* (BANKER *et al.*, 1989). Adota-se o critério associado ao maior número de DMU's necessárias.

Para determinar quais seriam as IES avaliadas, bem com seus respectivos *inputs* e *outputs*, tomou-se como base a disponibilidade de dados acessíveis e a literatura de temas semelhantes. Sendo assim, foram selecionados dois *inputs*:

1. Número médio de docentes permanentes entre 2013 a 2016 (DP)
2. Proporção entre bolsistas de produtividade e docentes permanentes (TDP)

E doze *outputs*:

1. Número de dissertações defendidas de 2013 a 2016 (DIS)
2. Número de teses defendidas de 2013 a 2016 (THE)
3. Número de patentes concedidas (PTC)
4. Número de artigos no *qualis* A1 com presença de discente (A1D)
5. Número de artigos no *qualis* A2 com presença de discente (A2D)
6. Número de artigos no *qualis* B1 com presença de discente (B1D)
7. Número de artigos no *qualis* B2 com presença de discente (B2D)
8. Número de artigos no *qualis* B3 com presença de discente (B3D)
9. Número de artigos no *qualis* B4 com presença de discente (B4D)
10. Número de artigos no *qualis* B5 com presença de discente (B5D)
11. Número de artigos no *qualis* C com presença de discente (CD)
12. Nota do PPG segundo avaliação da CAPES em 2017 (Nota2017)

Portanto, foram selecionados um total de quatorze variáveis e, segundo a Regra de Ouro:

1.  $3 \times 14 = 42$

$$2. \quad 2 \times 12 = 28$$

Adotando-se o critério de maior valor, para se obter resultados satisfatórios, deve-se analisar pelo menos quarenta e duas DMU's.

Portanto, com base nos critérios adotados, foram selecionadas quarenta e duas IES, as quais não serão apresentadas para preservar suas identidades. Os dados foram coletados de arquivos da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPP) da Universidade Federal de Ouro Preto e dos sites das IES elegíveis como DMU's.

### 3. Resultados e discussões

Para a realizar a avaliação, foi utilizado o *software* OSDEA, a partir do qual é possível obter os valores de eficiência e os grupos de referência das DMU's, que foram enumeradas e randomizadas antes de se obter os resultados de modo a garantir a aleatoriedade dos dados assim como evitar qualquer tendência. Sendo assim, as DMU's passaram a ser denotadas por  $U_i$  para  $i = 1, \dots, 42$ . Na Tabela 1 são apresentados, para cada DMU, os valores coletados para os *inputs* e *outputs*.

Tabela 1 - Valores coletados dos *input* e *outputs* selecionados

| DMU | DP    | TDP  | DIS | THE | PTC | A1D | A2D | B1D | B2D | B3D | B4D | B5D | CD | Nota2017 |
|-----|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----------|
| U1  | 23    | 0,00 | 90  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 13  | 3  | 3        |
| U2  | 10    | 0,08 | 100 | 0   | 0   | 4   | 2   | 6   | 3   | 11  | 14  | 7   | 15 | 3        |
| U3  | 15    | 0,02 | 76  | 0   | 0   | 1   | 2   | 0   | 1   | 1   | 7   | 5   | 11 | 3        |
| U4  | 12,75 | 0,28 | 61  | 28  | 0   | 11  | 19  | 9   | 7   | 5   | 3   | 7   | 2  | 6        |
| U5  | 13    | 0,26 | 48  | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 5        |
| U6  | 15,5  | 0,09 | 29  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 2   | 1   | 0  | 3        |
| U7  | 17    | 0,41 | 135 | 91  | 0   | 9   | 8   | 14  | 5   | 15  | 19  | 21  | 6  | 5        |
| U8  | 19,5  | 0,08 | 84  | 32  | 0   | 5   | 2   | 8   | 10  | 27  | 10  | 32  | 21 | 4        |
| U9  | 13,5  | 0,00 | 25  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 1   | 2   | 1  | 3        |
| U10 | 11,5  | 0,00 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0  | 3        |
| U11 | 11,25 | 0,21 | 56  | 19  | 2   | 6   | 8   | 6   | 4   | 6   | 5   | 5   | 4  | 5        |
| U12 | 9     | 0,23 | 73  | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 5        |
| U13 | 9,25  | 0,10 | 40  | 0   | 0   | 2   | 2   | 3   | 0   | 7   | 2   | 12  | 10 | 4        |
| U14 | 10    | 0,00 | 40  | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 3   | 1   | 6   | 7  | 4        |

|     |       |      |     |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
|-----|-------|------|-----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| U15 | 10,25 | 0,05 | 61  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 5  | 7  | 3 |
| U16 | 8     | 0,00 | 32  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 4  | 2  | 1  | 6  | 3 |
| U17 | 16,75 | 0,27 | 55  | 19 | 0 | 11 | 8  | 3  | 3  | 4  | 0  | 0  | 5  | 4 |
| U18 | 10,75 | 0,24 | 81  | 11 | 0 | 16 | 6  | 12 | 9  | 14 | 6  | 12 | 11 | 5 |
| U19 | 26    | 0,15 | 78  | 75 | 0 | 8  | 15 | 17 | 11 | 21 | 17 | 14 | 17 | 4 |
| U20 | 14    | 0,06 | 45  | 0  | 0 | 1  | 1  | 3  | 3  | 6  | 11 | 7  | 4  | 3 |
| U21 | 18,75 | 0,12 | 50  | 43 | 0 | 11 | 4  | 9  | 10 | 9  | 10 | 7  | 8  | 4 |
| U22 | 18,25 | 0,13 | 71  | 47 | 0 | 25 | 13 | 11 | 4  | 8  | 14 | 10 | 12 | 5 |
| U23 | 19,25 | 0,09 | 22  | 0  | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 3 |
| U24 | 16,25 | 0,08 | 68  | 0  | 0 | 6  | 2  | 3  | 5  | 6  | 8  | 5  | 4  | 4 |
| U25 | 10    | 0,13 | 16  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 2  | 3 |
| U26 | 13    | 0,08 | 1   | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3 |
| U27 | 9     | 0,08 | 52  | 24 | 1 | 2  | 1  | 4  | 3  | 7  | 19 | 34 | 34 | 3 |
| U28 | 12    | 0,04 | 47  | 36 | 0 | 2  | 2  | 4  | 14 | 15 | 20 | 20 | 24 | 5 |
| U29 | 9,25  | 0,03 | 70  | 0  | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 4 |
| U30 | 12,75 | 0,02 | 82  | 0  | 0 | 0  | 2  | 2  | 9  | 13 | 5  | 5  | 16 | 4 |
| U31 | 20    | 0,01 | 45  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10 | 8  | 7  | 3 |
| U32 | 11,75 | 0,09 | 61  | 0  | 0 | 0  | 1  | 1  | 2  | 2  | 6  | 9  | 12 | 3 |
| U33 | 12,25 | 0,27 | 58  | 17 | 0 | 12 | 7  | 10 | 6  | 11 | 22 | 14 | 23 | 4 |
| U34 | 12,75 | 0,08 | 81  | 5  | 0 | 4  | 7  | 4  | 8  | 15 | 28 | 19 | 70 | 4 |
| U35 | 10    | 0,07 | 10  | 0  | 0 | 0  | 0  | 1  | 2  | 1  | 2  | 4  | 8  | 3 |
| U36 | 24,25 | 0,10 | 65  | 73 | 0 | 21 | 11 | 31 | 35 | 67 | 61 | 72 | 76 | 5 |
| U37 | 9,5   | 0,00 | 73  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 4  | 3  | 16 | 37 | 3 |
| U38 | 13    | 0,18 | 71  | 55 | 0 | 12 | 6  | 8  | 10 | 19 | 21 | 29 | 31 | 6 |
| U39 | 14,25 | 0,13 | 60  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 2  | 2  | 1  | 5 |
| U40 | 15,75 | 0,12 | 121 | 0  | 0 | 2  | 5  | 18 | 12 | 19 | 52 | 45 | 68 | 3 |
| U41 | 11    | 0,09 | 91  | 0  | 0 | 8  | 3  | 13 | 4  | 11 | 16 | 14 | 35 | 5 |
| U42 | 10    | 0,00 | 51  | 0  | 0 | 0  | 1  | 0  | 0  | 2  | 3  | 0  | 1  | 3 |

Fonte: Os Autores

Os valores obtidos após a resolução do modelo CCR orientado a *input* apontaram vinte e três DMU's como eficientes. Os grupos de referência para as DMU's consideradas ineficientes são apresentados na Tabela 2.

Como pode ser visto na Tabela 2, a DMU U38 mostrou-se a principal referência, sendo *benchmarking* para onze das dezenove DMU's ineficientes. Nota-se que as DMU's U9, U11, U16, U19, U33 e U40, apesar de avaliadas como eficientes, não são referência para quaisquer outras ineficientes. A Figura 1 apresenta a relação das DMU's eficientes com as ineficientes.

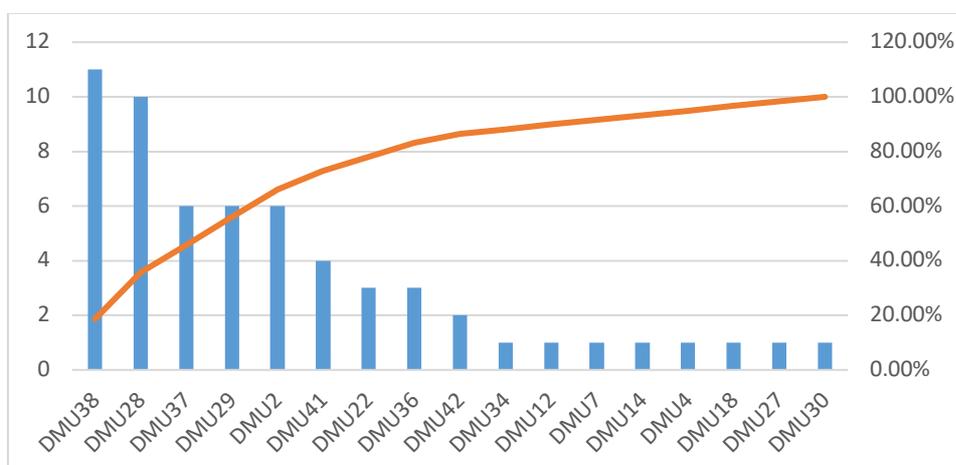
Através do gráfico de Pareto apresentado na Figura 1 é possível afirmar que aproximadamente 30% das principais DMU's *benchmarking* são referência para mais de 60% das ineficientes.

Tabela 2 - Grupos de referência das DMU's ineficientes

| DMU | Grupo de Referência         |
|-----|-----------------------------|
| U1  | U37.                        |
| U3  | U22, U34, U37, U42.         |
| U5  | U12, U38.                   |
| U6  | U28, U29, U38.              |
| U8  | U2, U7, U28, U36, U37.      |
| U10 | U14.                        |
| U13 | U28, U29, U38.              |
| U15 | U2, U29, U37.               |
| U17 | U2, U4, U18, U22, U38, U41. |
| U20 | U2, U28, U29, U30, U41.     |
| U21 | U28, U36, U37, U38.         |
| U23 | U28, U38.                   |
| U24 | U22, U28, U41, U42.         |
| U25 | U28, U38.                   |
| U26 | U28, U38.                   |
| U31 | U36, U37.                   |
| U32 | U2, U27, U29, U38, U41.     |
| U35 | U28, U38.                   |
| U39 | U2, U29, U38.               |

Fonte: Os Autores

Figura 1 - Pareto das principais DMU's *benchmarking* (CCR)



Fonte: O Autor

Em relação ao modelo CCR orientado a *output*, os resultados obtidos foram os mesmos. Isso era de se esperar, uma vez que o modelo orientado a *output* mostra-se como um modelo dual do modelo orientado a *input*.

Os valores obtidos após a resolução do modelo BCC orientado a *input* apontaram vinte e quatro DMU's como eficientes. Apenas uma DMU (U1) a mais foi considerada eficiente em comparação ao modelo CCR. Os grupos de referência são apresentados na Tabela 3.

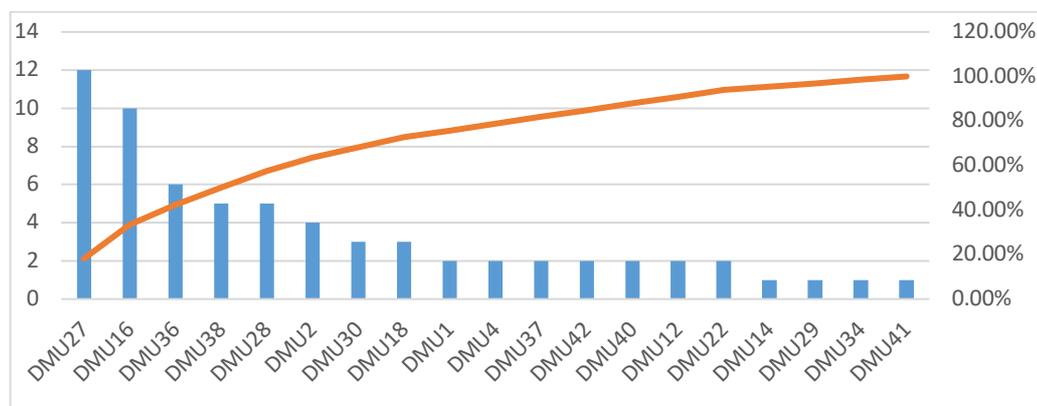
Tabela 3 - Grupos de referência de DMU's ineficientes BCC (Orientado a *input*)

| DMU | Grupo de Referência                |
|-----|------------------------------------|
| U3  | U1, U30, U36, U37, U42.            |
| U5  | U27.                               |
| U6  | U16, U27.                          |
| U8  | U1, U2, U30, U36, U40.             |
| U10 | U14.                               |
| U13 | U4, U16, U18, U27.                 |
| U15 | U2, U12, U16, U27.                 |
| U17 | U4, U16, U18, U22, U38.            |
| U20 | U16, U27, U28, U34, U36, U40, U41. |
| U21 | U22, U27, U28, U36, U38.           |
| U23 | U16, U27, U28, U38.                |
| U24 | U28, U30, U36, U38.                |
| U25 | U16, U27.                          |
| U26 | U16, U27.                          |
| U31 | U36, U37, U42.                     |
| U32 | U2, U12, U16, U18, U27.            |
| U35 | U16, U27, U28.                     |
| U39 | U2, U27, U29, U38.                 |

Fonte: Os Autores

Como pode ser visto na Tabela 3, a DMU U27 mostrou-se como a principal referência, sendo *benchmarking* para doze das dezoito DMU's ineficientes. Tal relação pode ser vista na Figura 2. As DMU's U7, U9, U11, U19 e U33, avaliadas como eficientes, não são referência para quaisquer outras DMU's.

Figura 2 - Pareto das principais DMU's *benchmarking* (BCC orientado a *input*)



Fonte: Os Autores

Com base no gráfico de Pareto apresentado na Figura 2 é possível afirmar, também, que aproximadamente 30% das principais DMU's *benchmarking* são referência para mais de 60% das DMU's ineficientes.

Foi possível notar, também, que todas as DMU's consideradas eficientes no modelo CCR também foram no BCC, mas a recíproca não é verdadeira. A DMU U38, principal referência nos modelos CCR, no modelo BCC orientado a *input* é referência para apenas cinco DMU's. Por outro lado, a DMU U27, principal referência no modelo BCC orientado a *input*, no modelo CCR é referência para somente uma DMU. Outro fator a se considerar é que as DMU's U9, U11, U19 e U33, eficientes para ambos os modelos orientados a *input*, não são referências para quaisquer outras DMU's.

Considerando agora a resolução do modelo BCC orientado a *output*, os valores obtidos apontaram vinte e cinco DMU's como eficientes. Uma DMU a mais (U10) foi considerada eficiente no modelo orientado a *output* em comparação ao modelo orientado a *input*. Os grupos de referência são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Grupos de referência de DMU's ineficientes BCC (Orientado a *output*)

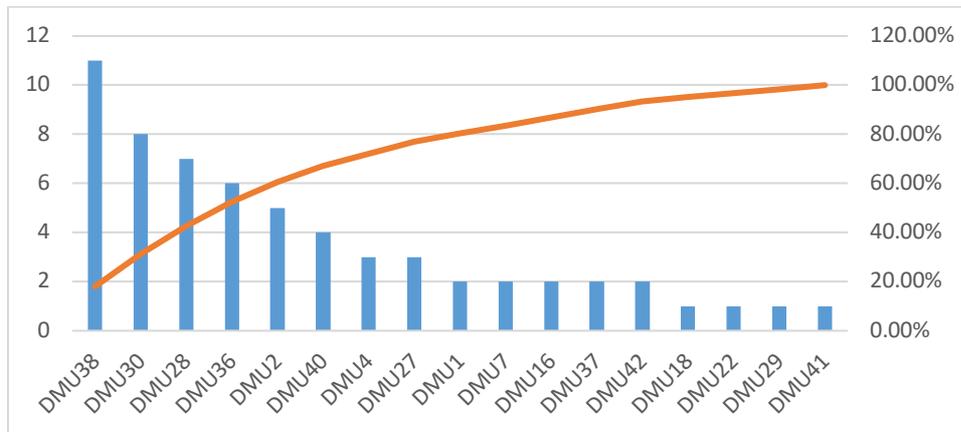
| <b>DMU</b> | <b>Grupo de Referência</b> |
|------------|----------------------------|
| U3         | U1, U30, U36, U42.         |
| U5         | U2, U7, U38.               |
| U6         | U28, U38.                  |
| U8         | U1, U2, U30, U36, U40.     |
| U13        | U4, U16, U18, U27.         |
| U15        | U2, U29, U30, U37.         |
| U17        | U4, U7, U22, U38.          |
| U20        | U28, U30, U36, U38, U40.   |
| U21        | U2, U28, U30, U36, U38.    |
| U23        | U28, U38.                  |
| U24        | U28, U30, U36, U38.        |
| U25        | U4, U27, U38.              |
| U26        | U28, U38.                  |
| U31        | U36, U37, U42.             |
| U32        | U2, U30, U38, U40, U41.    |
| U35        | U16, U27, U28.             |
| U39        | U30, U38, U40.             |

Fonte: Os Autores

Como pode ser visto na Tabela 4, a DMU U38 mostrou-se como a principal referência, sendo *benchmarking* para onze das dezessete DMU's ineficientes. As DMU's U9, U10, U11, U12, U14, U19, U33 e U35, avaliadas como eficientes, não são referência para quaisquer outras DMU's. Essa relação é mostrada na Figura 3.

Através do gráfico de Pareto, apresentado na Figura 3, mais uma vez é possível afirmar que, aproximadamente, 30% das principais DMU's *benchmarking* são referência para mais de 60% das DMU's ineficientes.

Figura 3 - Pareto das principais DMU's benchmarking (BCC orientado a *output*)



Fonte: Os Autores

O modelo BCC orientado a *output* apresentou resultados parecidos com os modelos CCR, como a DMU U38 sendo a principal referência, influente para onze DMU's ineficientes em ambos os modelos. Das onze DMU's influenciadas, nove coincidem para ambos os modelos. As DMU's U9, U11, U19 e U33, apesar de eficientes para todos os modelos, não são referências em nenhum deles.

Foi possível verificar que algumas DMU's possuem apenas uma DMU eficiente como referência, enquanto outras possuem um grupo maior de possibilidades, de modo que podem trabalhar em diferentes variáveis, isto é, podem tanto maximizar seus produtos caso estes estejam abaixo das DMU's referência, quanto minimizar seus insumos caso estejam acima.

Cada modelo pode ter uma aplicação mais adequada de acordo com a situação. Como este estudo utilizou uma base de dados de escala semelhante para todas as variáveis, todos os modelos escolhidos são aceitáveis.

#### 4. Conclusões

Esse artigo teve como objetivo avaliar, através da DEA, a eficiência de quarenta e dois programas/cursos de pós-graduação em Engenharia de Produção oferecidos por IES brasileiras. Pretendeu-se, com isso, determinar programas/cursos referências, no qual novos programas a serem abertos ou programas considerados ineficientes podem se espelhar. As DMU's avaliadas e os respectivos *inputs* e *outputs* foram selecionados de acordo com a disponibilidade dos dados e com base na literatura do tema. Os dados foram obtidos através

da PROPP-UFOP e nos sites das IES elegíveis. Os modelos DEA utilizados foram o CCR e o BCC, em ambas suas orientações, totalizando quatro modelos.

Em relação aos modelos CCR, ambos obtiveram a mesma solução. Nos resultados obtidos pelos dois modelos, vinte e três DMU's analisadas mostraram-se eficientes, sendo a U38 a principal referência para as consideradas ineficientes.

Para os modelos BCC, na solução do modelo orientado à *input* verificou-se que vinte e quatro DMU's mostraram-se eficientes, sendo a U27 a principal referência. Já na solução do modelo orientado à *output*, verificou-se que vinte e cinco DMU's mostraram-se eficientes, sendo a U38 a principal referência.

Para todos os quatro modelos utilizados foi possível verificar que aproximadamente 30% das principais DMU's *benchmarking* são referência para mais de 60% das DMU's ineficientes.

Determinadas as IES de referência, os gestores das consideradas ineficientes podem se espelhar, buscando a melhor utilização de seus recursos e elevando, dessa forma, seu nível de eficiência. Além disso, os resultados obtidos auxiliarão IES que pretendem abrir um programa/curso de pós-graduação em Engenharia de Produção.

### **Agradecimentos**

Os autores gostariam de agradecer à UFOP pelo incentivo e apoio no desenvolvimento desse trabalho que teve origem em um projeto de iniciação científica.

### **REFERÊNCIAS**

ABBOTT, M. & DOUCOULIAGOS, C. The Efficiency of Australian Universities: a Data Envelopment Analysis. *Economics of Education Review*, v. 22, 2003.

ALLENCASTRO, L.; FOCHEZATTO A. Eficiência técnica na gestão de recursos em instituições privadas de ensino superior. *Análise*, 17, p. 236-239, 2006.

BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some Models for Estimating Technical Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, 1984.

BANKER, R. D. et al. An Introduction to Data Envelopment Analysis with Some of its

Models and Their Uses. *Research in Governmental and Non-Profit Accounting*, v. 5, p. 125-163, 1989.

BREU, T. M. & RAAB, R. L. Efficiency and Perceived Quality of the Nation's "Top 25" National Universities and National Liberal Arts Colleges: An Application of Data Envelopment Analysis to Higher Education. *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 28, 1994.

CASADO, F. L. Análise Envoltória de Dados: Conceitos, Metodologia e Estudo da Arte na Educação Superior. *Revista Sociais e Humanas*, v. 20, 2007.

CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, 1978.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. An introduction to efficiency and productivity analysis. Nova York: Springer-Verlag, 2005.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. Data Envelopment Analysis. Boston, MA: Springer US, 2007.

DREYER, K. A.; The Evaluation of Case-Mix Adjusted Efficiency Scores: The Case of the South African Private Hospital Industry. 2013. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Negócios) – University of Cape Town, Cape Town. 2013.

GIACOMELLO, CINTIA P.; OLIVEIRA, R. L. DE. Análise Envoltória de Dados (DEA): uma proposta para avaliação de desempenho de unidades acadêmicas de uma universidade. *Revista GUAL*, v. 7, n. 2, p. 130–151, 2014.

LINS, M. P. E.; ALMEIDA, B. F. DE; JUNIOR, R. B. Avaliação de desempenho na pós-graduação utilizando a Análise Envoltória de Dados: o caso da Engenharia de Produção. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, n.1, p. 43-49, 2004.

PLATAFORMA SUCUPIRA. Cursos Avaliados e Reconhecidos. Disponível em: <<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/programa/quantitativos/quantitativos>>

ativoIes.jsf?areaAvaliacao=13&areaConhecimento=30800005>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2018.

SANT'ANNA, A.P. Cálculo probabilístico de produtividades globais no ensino de pós-graduação em Engenharia de Produção. Anais do VIII Encontro de Educação em Engenharia. Petrópolis, 2002.

SANT'ANNA, A. P. Modelagem e avaliação de produtividade de cursos de mestrado em Engenharia de Produção. Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba, 2002.

SANT'ANNA, A. P. Composição Probabilística e Análise Envoltória de Dados na Avaliação Dinâmica de Cursos. Anais XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Gramado, 2005.

SHERMAN, H. D.; ZHU, J. Service Productivity Management: Improving Service Performance using Data Envelopment Analysis (DEA). Nova York: Springer US, 2006.

SOLIMAN, M.; SILUK, J. C. M.; NEUENFELDT JR, A. L.; CASADO, F. L.; PARIS, S. R. Modelagem para avaliação da eficiência técnica de unidades universitárias. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 9, nº 1, 2014.

WORTHINGTON A. An Empirical Survey of Frontier Efficiency Measurement Techniques in Education. Education Economics, v. 9, n. 3, 2001.