

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO

**O Papel das Variáveis na Eficiência da nota Enade dos Cursos
de Engenharia de Produção nas Instituições Públicas de Ensino
Superior**

Éden de Oliveira Pinto Coelho

Itajubá, agosto de 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO

Éden de Oliveira Pinto Coelho

O Papel das Variáveis na Eficiência da nota Enade dos Cursos
de Engenharia de Produção nas Instituições Públicas de Ensino
Superior

Dissertação submetida ao Programa
de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção como parte dos requisitos para a
obtenção do título de *Mestre em Ciências
em Engenharia de Produção*

Área de Concentração: Modelagem,
Otimização e Controle

Orientador: Prof. Dr. Rafael Coradi
Leme

Agosto de 2016
Itajubá

As informações são fornecidas pela Biblioteca Mauá - BIM

PINTO COELHO, Éden de Oliveira

P6582 O Papel das Variáveis na Eficiência da nota Enade dos Cursos de Engenharia de Produção nas Instituições Públicas de Ensino Superior / Éden de Oliveira. - 2016.

98 f.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Coradi Leme
Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Itajubá, 2016.

Bibliografia: f. 83-95

1. Modelagem, Otimização e Controle

I. Leme, Rafael Coradi.
II. Universidade Federal de Itajubá.
III. Título.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Professor Doutor Rafael Coradi Leme, pela atenção, paciência e principalmente pela confiança presencial e a distância depositada em mim durante o tempo que estivemos juntos, dando-me otimismo e motivação para que eu pudesse concluir este trabalho. Neste tempo que estivemos juntos, eu tive grandes ensinamentos, os quais me estimularam a desenvolver pesquisas na área educacional.

Agradeço também a minha banca, composta pelo Professor Doutor João Batista Turrioni e pelo Professor Doutor Jorge Muniz Junior, pelas contribuições acrescentadas neste trabalho, enriquecendo-o.

“A educação é um processo social, é desenvolvimento. Não é a preparação para a vida, é a própria vida.”

John Dewey

RESUMO

Este trabalho pretende analisar a função desempenhada pelas variáveis divulgadas no exame Enade e no Censo da Educação Superior na nota Enade. O objetivo principal deste estudo concentra-se em entender o impacto destas variáveis no desempenho dos cursos de graduação das universidades públicas credenciadas pelo Ministério da Educação em atingir a nota máxima neste exame. Para atingir este propósito, foi utilizado a técnica de Análise Envoltória de Dados (AED) com variáveis flexíveis, não-discrecionárias e limitantes orientado a *output*. Como resultado deste estudo, concluiu-se que as variáveis que mais contribuíram, isoladamente, para um melhor desempenho no Enade, foram: Proporção de docentes Mestres, Proporção de docentes Doutores e Regime de dedicação dos docentes que ministram aulas para os cursos de graduação. Estes resultados podem fornecer informações para o apoio à gestão das Instituições de Ensino Superior, além de possibilitar ao Inep priorizar quais dados devem ser coletados para gerar informações estatísticas que auxiliam na tomada de decisão.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados, Ensino Superior, Variáveis Flexíveis.

ABSTRACT

This work intends to analyze the function performed by the variables disclosed in Enade examination and the Census of Higher Education on the Enade note. The goal of this study focuses on understanding the impact of these variables on the performance of graduation courses in public universities accredited by the Ministry of Education of Brazil to achieve the highest score on this exam. To achieve this purpose, it was used the Data Envelopment Analysis (DEA) technique with flexible, non-discretionary and limiting variables oriented textit output. As a result of this study, it was concluded that the variables that contributed alone for better performance in Enade were: Proportion of Masters professors, proportion of Doctors professors and Professors dedication who teach classes for undergraduate courses. These results can provide information to support the management of Higher Education Institutions, in addition to allowing Inep prioritize which data should be collected to generate statistical information to assist in decision making.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Higher Education, Flexible Variables

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – Rendimentos Relativos de trabalhadores com ensino superior nos países membros da OCDE	16
FIGURA 3.1 – Representação de uma DMU	43
FIGURA 3.2 – Diagrama de Farrel	45
FIGURA 3.3 – Eficiência Técnica.....	47
FIGURA 3.4 – Fronteira de Produção estimada pela técnica OLS.....	50
FIGURA 3.5 – Fronteiras de Produção estimadas pelas técnicas OLS e COLS.....	51

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 – Resumo da Análise de Eficiência para o Ensino Superior em alguns países	27
QUADRO 2.2 – Resumo da Análise de Eficiência para o Ensino Superior no Brasil ..	37
QUADRO 3.1 – Técnicas para o cálculo da Eficiência	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 5.1 – Resultados para o ano de 2008	72
TABELA 5.2 – Resultados para o ano de 2011	74
TABELA 5.3 – Resultados para o ano de 2014	76
TABELA 5.4 – Agrupamento dos resultados das DMUs que participaram em pelo menos dois exames	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- BNDES – *Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social*
- CAPES – *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior*
- CNPq – *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*
- COLS – *Corrected Ordinary Least Squares*
- CPC – *Conceito Preliminar de Cursos*
- CRS – *Constant Returns to Scale*
- DEA – *Data Envelopment Analysis*
- DMU – *Decision Making Units*
- Enade – *Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes do ensino superior*
- ENC – *Exame Nacional de Cursos*
- IES – *Instituições de Ensino Superior*
- IFES – *Instituições Federais de Ensino Superior*
- IGC – *Índice Geral de Cursos*
- INEP – *Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais “Anísio Teixeira”*
- OCDE – *Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico*
- OLS – *Ordinary Least Squares*
- SDEA – *Stochastic Data Envelopment Analysis*
- SFA – *Stochastic Frontier Analysis*
- SINAES – *Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior*
- TCU – *Tribunal de Contas da União*
- VRS – *Variant Returns to Scale*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Considerações iniciais.....	14
1.2	Justificativa.....	17
1.3	Objetivos.....	18
1.4	Estrutura do trabalho.....	19
2	ANÁLISE DE EFICIÊNCIA PARA O ENSINO SUPERIOR	20
2.1	Análise de eficiência para o ensino superior em alguns países.....	20
2.1.1	Austrália.....	20
2.1.2	África do Sul.....	21
2.1.3	Alemanha.....	22
2.1.4	China.....	22
2.1.5	Espanha.....	23
2.1.6	Estados Unidos.....	24
2.1.7	Inglaterra.....	25
2.1.8	Portugal.....	26
2.2	Análise de eficiência para o ensino superior no Brasil.....	29
2.2.1	O Exame Nacional de Cursos.....	29
2.3	Modelos utilizados para a análise de eficiência da educação superior no Brasil.....	31
3	ANÁLISE DE EFICIÊNCIA	43
3.1	Produtividade, eficácia e eficiência.....	43
3.2	Técnicas para o cálculo da Eficiência.....	47
3.2.1	Análise de Fronteira Estocástica.....	49
3.2.2	Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos.....	50
3.2.3	Análise Envoltória de Dados.....	51
3.2.3.1	Objetivos da DEA.....	56

3.3	DEA com Variáveis Não-Discrecionárias	57
3.4	DEA com Variáveis Limitantes	59
3.5	DEA com Variáveis Flexíveis	60
4	METODOLOGIA	65
4.1	Descrição da Pesquisa	65
4.2	Coleta de Dados	65
4.3	Tratamento dos Dados	67
4.4	Escolha da Técnica de Eficiência	69
4.5	Aplicação da Técnica DEA	70
5	RESULTADOS	72
6	CONCLUSÕES	81
	REFERÊNCIAS	83
	ANEXO A	96
	ANEXO B	97
	ANEXO C	98

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Nos últimos anos ocorreu um notável aumento na demanda por educação no Brasil. Em 2013, 54% dos adultos com idade entre 25 e 64 anos não tinham completado o ensino médio. No entanto, o país apresentou uma das maiores diferenças entre gerações com relação a esse indicador: enquanto apenas 28% dos indivíduos entre 55 e 64 anos concluíram o ensino médio, este percentual aumentou para 61% entre aqueles de 25 a 34 anos. De fato, se estes padrões se mantiverem, mais de 60% dos jovens brasileiros poderão esperar concluir o ensino médio ao longo da vida (OCDE, 2015). Como consequência disso, é de se esperar que ocorra também um aumento na procura por ensino superior, o que reflete na necessidade do mercado de trabalho por profissionais cada vez mais qualificados.

Devido a mudanças na organização do trabalho, os países avançados começaram a se mover para uma sociedade baseada no conhecimento e desenvolvimento técnico. Neste contexto, as funções de ensino e pesquisa das universidades têm um papel significativo no desenvolvimento de uma nação, particularmente no aperfeiçoamento da mão-de-obra, cada vez mais importante para o aumento da produtividade de bens e serviços (KAMPELMANN, 2012).

Estas mudanças coincidem com o que tem sido tipicamente visto como uma transição de uma economia industrializada para uma economia baseada em um conhecimento versátil, que exige novas demandas e habilidades para o trabalho (HASSARD et. al., 2008). Como consequência desta transição econômica, os trabalhadores têm que se adaptar a flexibilidade do mercado a fim de manter a empregabilidade. Dessa forma, a educação superior tem sido um fator determinante na geração de produtos e técnicas capazes de elevar o ganho de produtividade, o qual é visto como o principal motor para o crescimento econômico, colocando uma nação mais perto da fronteira tecnológica mundial (VANDENBUSSCHE et. al., 2006).

O crescimento da produtividade das economias industrializadas é devido a uma realização intelectual em curso (LUCAS, 2009). Trabalhadores com maiores níveis de instrução geralmente são mais criativos e independentes, se adaptam mais facilmente a um ambiente de mudança, aprendem novas habilidades mais rápido, têm mais capacidade de realizar tarefas complexas e interagem melhor com colegas do que aqueles que têm apenas

a prática necessária para o trabalho. Estes resultados sugerem que os trabalhadores mais qualificados são mais produtivos em toda a carreira devido a competências e capacidades adicionais adquiridas através da educação formal, e os trabalhadores menos qualificados, devido à baixa produtividade e à falta de formação adicional, acabam em empregos menos exigentes a medida que envelhecem (HARTOG, 2000; LEUVEN, OOSTERBEEK, 2011; BATTU, et. al., 1999; DOLTON et. al., 2000; FRENETTE, 2004; MCGUINNESS, 2003; VAN DER MEER, 2006). Desta forma, as universidades são responsáveis por melhorar as competências profissionais da população e pelo desenvolvimento e transferência de tecnologia. Com isso, as pessoas com nível superior de ensino estão em forte demanda. Perspectivas de empregabilidade confirmam o valor alcançado para os altos níveis de educação: em média, 12,8% dos adultos com baixas qualificações estão desempregados, enquanto esse índice chega a 5,1% entre aqueles com ensino superior (OCDE, 2015).

Políticas para a expansão da educação têm exercido pressões para um maior acesso ao ensino superior nos países que compõe a OCDE¹. As universidades podem fornecer uma ampla gama de opções para a aquisição de conhecimentos avançados. No entanto, o ensino contemporâneo não está preocupado somente com a transmissão de conhecimentos, mas também com o desenvolvimento de habilidades e estratégias para a aprendizagem futura.

As universidades são de interesse para o Estado porque a educação superior é uma das principais fontes de crescimento econômico (DENISON, 1962). Segundo Verry et. al. (1976), as universidades são as principais usuárias dos recursos de uma nação, e se é encontrada alguma ineficiência neste setor de ensino, isso pode representar uma má alocação de recursos em outros setores da economia. Assim, fazer melhorias na política educacional poderá influenciar em um maior crescimento econômico.

O aumento dos níveis de educação, principalmente o ensino universitário, na verdade, melhora as habilidades individuais, o que é relevante para o crescimento econômico, mas a expansão educacional também é vista como um importante instrumento de política quando se tenta reduzir a desigualdade econômica (VELASCO, 2014). Assim, um dos resultados sociais resultante do investimento em educação é a renda adicional associada a um maior nível de instrução. Esta renda é o lucro líquido extra esperado para um nível complementar de educação, quando uma pessoa entra no mercado de trabalho. Adultos com ensino superior são 25% mais bem pagos em comparação com os adultos cujo nível mais alto de ensino é o secundário (OCDE, 2015).

¹ *Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico* (OCDE): É uma organização internacional formada por 34 países que aceitam os princípios da democracia representativa e da economia de livre mercado, procurando fornecer uma plataforma para comparar políticas econômicas, solucionar problemas comuns e coordenar políticas domésticas e internacionais. A partir dos indicadores nacionais, o Ministério da Educação fornece informações para projetos internacionais dos quais o Brasil participa. Por meio da comparação internacional, pode-se avaliar o sistema educacional de um país em relação aos demais e, desta maneira, verificar as deficiências e também a eficácia deste sistema, muitas vezes não percebidas dentro dos próprios países.

O potencial para ganhar mais é um incentivo para os indivíduos buscarem uma formação, mesmo quando as recompensas econômicas variam de acordo com a área em que a pessoa deseja atuar (OCDE, 2013). A Figura 1.1 mostra que os Rendimentos Relativos² dos trabalhadores com ensino superior são maiores no Brasil e no Chile, tornando-se ainda mais acentuado quando se observa as pessoas com nível de mestrado, doutorado ou grau equivalente. No Brasil, uma pessoa com estes graus de instrução pode ganhar até quatro vezes mais do que uma pessoa com apenas o ensino secundário (equivalente ao ensino médio).

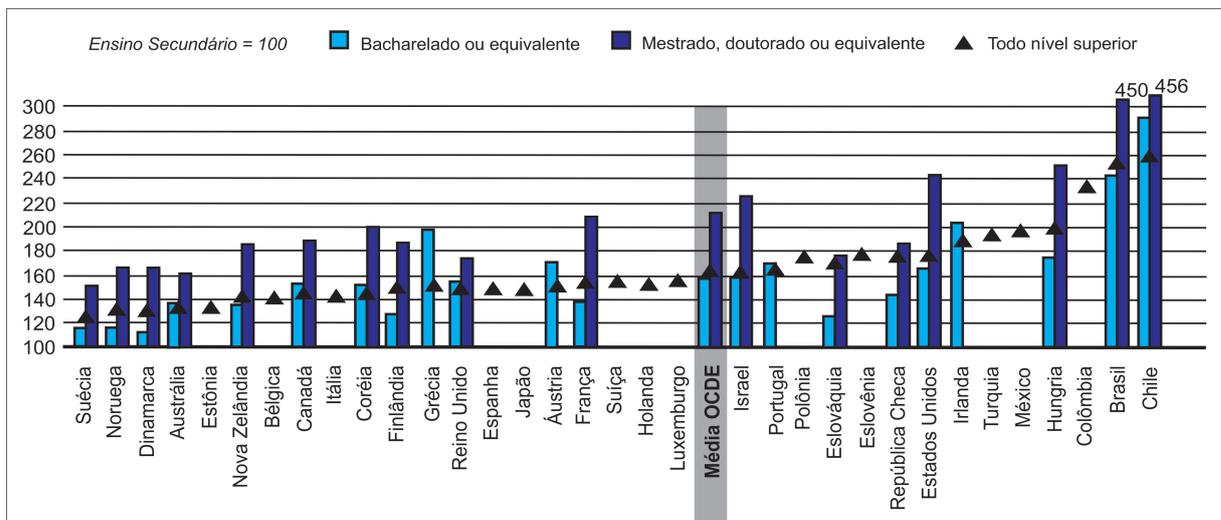


Figura 1.1: Rendimentos Relativos de trabalhadores com ensino superior nos países membros da OCDE

Fonte: OCDE, 2015

Assumindo que a educação, quando analisada corretamente, acaba por ter um impacto positivo sobre o desenvolvimento econômico e social, torna-se então importante entender como ela é produzida. Existem estudos sobre a função de produção na educação, que muitas vezes consideram uma instituição de ensino como uma empresa que transforma entradas em saídas. As entradas geralmente se referem ao ambiente de ensino e aprendizagem, enquanto as saídas são definidas em termos de resultados de testes. Outra questão difícil é que a função de produção da educação envolve a tomada de decisões por parte da sociedade, do governo, dos professores e também dos estudantes (WALDO, 2006).

Um dos problemas da função de produção educacional é: Como pode ser mensurado os resultados educacionais? Kane et. al. (2002) argumentam que os resultados de testes são indicadores confiáveis de desempenho e variam significativamente para pequenas amostras. Na ausência de uma medida perfeita de produção, os resultados de exames

²Rendimentos Relativos são as porcentagens de ganhos financeiros dos adultos com níveis de educação que sejam no mínimo o superior.

padronizados parecem ser o melhor indicador disponível para mensurar a eficiência no ensino superior (HANUSHEK et. al., 2002).

1.2 Justificativa

Eficiência na educação é um tema de intenso debate entre os políticos, professores e outros cientistas interessados no assunto. Semelhante à outras instituições públicas, as *Instituições de Ensino Superior* (IES) estão sob crescente pressão para aumentar o desempenho no gasto de recursos públicos e procurar ativamente fontes de financiamento alternativas, a fim de competir por uma boa posição no mercado educacional, além de melhorar a qualidade das atividades fornecidas pelas mesmas (BONACCORSI et. al., 2009; NAZARKO et al. 2009).

No entanto, o setor do ensino superior público tem características que tornam difícil mensurar a eficiência: é sem fins lucrativos; há uma ausência de preços dos insumos consumidos e das saídas produzidas; e produzem várias saídas a partir de múltiplas entradas (JOHNES, 2005). Além do mais, este setor é formado por universidades públicas muito complexas, com milhares de estudantes que usam recursos escassos para entregar três produtos básicos que são importantes para a sociedade brasileira: o ensino, a pesquisa e a extensão.

Nesse sentido, em 2003 foi criado o *Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior* (SINAES), o qual é uma ferramenta que visa avaliar o ensino superior de forma sistêmica. Em sua constituição, estão vários instrumentos. Dentre eles destaca-se o *Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes do ensino superior* (Enade), cuja finalidade é analisar o desempenho dos cursos de graduação, através de informações institucionais referentes ao corpo docente e discente.

Considerando a relevância dos resultados apresentados por este sistema de avaliação da educação superior, o presente estudo investigou de que forma as variáveis referentes ao corpo docente (Proporção Mestres, Proporção Doutores, Regime Integral) e ao corpo discente (Ingressantes, Concluintes, Aluno Equivalente, Aluno Tempo Integral, Bolsas) mais influenciaram no desempenho acadêmico (nota Enade) para os cursos de graduação em Engenharia de Produção. Este curso de graduação foi escolhido pois o mesmo inter-vém no processo de produção das organizações, compreendendo o fenômeno produtivo nos níveis estratégico, tático e operacional, além de proporcionar uma ampla visão do processo de otimização dos recursos organizacionais, obtendo como resultado melhorias no desempenho medido através da eficiência, eficácia e efetividade nos negócios. Outro propósito da Engenharia de Produção é o de apoiar a Engenharia nacional e as organizações brasileiras no desenvolvimento de tecnologias de gestão que priorizam os aspectos da

sustentabilidade: responsabilidade social, ambiental, econômica e financeira (QUELHAS, 2000). Além disso, ao detectar os fatores que influenciam no processo de aprendizagem dos estudantes de nível superior, as IES podem adotar estratégias que visam ao aperfeiçoamento do processo de ensino-aprendizagem, bem como alcançar melhores desempenhos no Enade.

1.3 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho concentra-se em, através da utilização de uma técnica de análise de eficiência, verificar qual a função desempenhada pelas variáveis acadêmicas divulgadas no Enade e no Censo da Educação Superior na nota Enade. A partir disso, identificar quais destas variáveis serão prioritárias para cada curso de graduação em Engenharia de Produção das universidades públicas credenciadas pelo Ministério da Educação em atingir a nota máxima neste exame.

Para alcançar este objetivo, será utilizada a técnica de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*), proposta pela primeira vez por Charnes et al. (1978). DEA é uma técnica não-paramétrica que usa programação linear para encontrar as melhores práticas em uma amostra de organizações pertencentes a um conjunto de unidades comparáveis (*Decision Making Units - DMU*). A eficiência relativa de cada DMU é obtida de acordo com a sua localização dentro de um conjunto de produção.

A eficiência pode ser medida de várias maneiras. Farrell (1957) propôs uma medida radial. Utilizando esta medida, o índice de eficiência define a quantidade que uma DMU ineficiente deve reduzir (ou aumentar) a sua entrada (ou saída) a fim de tornar-se eficiente. Assim, a distância radial da DMU ineficiente até a fronteira de produção é considerada uma medida de ineficiência. Em outras palavras, a DEA define as DMUs referências e as metas para que as DMUs ineficientes possam atingir a produção ótima. Quando as entradas e as saídas de cada DMU ineficiente são alteradas simultaneamente em direção à fronteira de produção, tem-se um índice de eficiência não radial (COOPER et. al., 2006; JHONES et. al., 2008).

Basicamente, a técnica DEA pode assumir orientações tanto a entrada (*input*), quanto a saída (*output*). Na primeira orientação, busca-se os recursos mínimos necessários para produzir um dado nível de saídas. Na segunda orientação a saída maximiza a produção para um dado nível de entradas. Dependendo do caso, é possível reduzir as entradas e aumentar as saídas ao mesmo tempo, de modo que podem ser utilizados modelos DEA não-orientados. Em outros casos, no entanto, o papel de algumas variáveis não é pré-estabelecido. Assim, a DEA considera tais variáveis como variáveis flexíveis, as quais podem assumir o papel de uma entrada ou de uma saída.

Além disso, DEA pode ser especificada através de modelos com retornos constantes à escala (*Constant Returns to Scale* (CRS)) ou de modelos com retornos variáveis à escala (*Variante Returns to Scale* (VRS)). O modelo CRS considera que um aumento nas entradas leva um aumento proporcional nas saídas. Assim, a eficiência relativa de uma DMU não é afetada pelo tamanho da mesma. Já o modelo VRS é definido quando a linearidade na entrada e saída deixa de existir. Neste caso, as DMUs têm maior probabilidade de serem comparadas pelo tamanho. Quando os retornos de escala são variáveis, significa que uma DMU pode assumir um retorno crescente, constante ou decrescente de produção.

Com isso, os objetivos específicos deste trabalho, por sua vez, são:

- Definir quais destas variáveis podem ser consideradas em excesso (*input*) ou em falta (*output*) no modelo utilizado para mensurar a influência das mesmas no desempenho dos cursos;
- Analisar o impacto destas variáveis para os cursos de graduação em Engenharia de Produção, a fim de observar a prioridade das mesmas para cada curso, com a intenção de auxiliar na elaboração de um planejamento estratégico para o mesmo.

1.4 Estrutura do trabalho

Além desta introdução, este trabalho apresenta mais 5 (cinco) capítulos. No capítulo 2 é feita uma pesquisa em trabalhos científicos que utilizaram a técnica *Data Envelopment Analysis* (DEA) para mensurar a eficiência nas universidades em alguns países e no Brasil. No capítulo 3 é feita uma revisão teórica sobre produtividade, eficácia e eficiência, seguindo da conceituação das técnicas mais utilizadas para o cálculo de eficiência. O capítulo 4 apresenta a metodologia proposta nesta pesquisa, a qual se baseou nos conceitos fundamentados no capítulo 3. No capítulo 5, é apresentado os resultados gerados a partir da aplicação da técnica DEA aos dados, com uma análise que consiste na organização de tabelas que visam facilitar a compreensão das informações. O capítulo 6 apresenta as conclusões deste trabalho, de acordo com os resultados apresentadas no capítulo anterior, e os possíveis trabalhos futuros que podem ser gerados a partir deste estudo. Por fim, os anexos apresentam os dados utilizados nesta pesquisa.

2 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA PARA O ENSINO SUPERIOR

Este capítulo faz um resumo dos principais trabalhos encontrados na literatura que utilizaram a técnica DEA para mensurar a eficiência de Instituições de Ensino Superior em alguns países do mundo e do Brasil. Para este país, também é feito um estudo da evolução na avaliação de cursos de ensino superior ao longo do tempo.

No final de cada seção é apresentado um quadro-resumo contendo as principais variáveis de entrada e de saída utilizadas em cada país pesquisado, além do modelo DEA aplicado e a principal conclusão obtida em cada trabalho.

2.1 Análise de eficiência para o ensino superior em alguns países

2.1.1 Austrália

Abbott et. al. (2003) estudaram a eficiência técnica no sistema universitário australiano composto por 36 universidades públicas. Para isto, os autores coletaram dados do relatório anual de 1995, publicado pelo Departamento de Emprego, Educação e Formação (DEEF).

O ano de 1995 foi escolhido porque neste ano houve a conclusão da reestruturação do ensino superior, ocorrida no início de 1990. A maioria das universidades australianas são financiadas pelo setor público, e desde o final de 1980, o país mostrou interesse em reduzir as finanças públicas do ensino superior na tentativa de aumentar a eficiência de custos das universidades. Com isso, houve um processo de fusão das universidades e faculdades. O número de instituições, que em 1987 contavam com 19 universidades e 54 faculdades, transformaram-se em 36 universidades em 1995.

Neste estudo, a técnica DEA foi usada para comparar a eficiência técnica das universidades através do modelo DEA BCC orientado a *input*. Para isso, foram utilizadas quatro variáveis de entrada, a saber: total de docentes em tempo integral, total de funcionários não-docentes e despesas administrativas. Como saída, foi utilizada a variável pesquisa *quantum*, que é o montante que o governo dispõe para financiar as pesquisas

produzidas pelas universidades.

A fim de testar a sensibilidade dos escores de eficiência para os insumos utilizados, a análise foi realizada utilizando várias combinações de entradas, incluindo dois, três e quatro variáveis de entrada.

Como resultado, verificou-se que as universidades eficientes tendem a ser as universidades tradicionais. Analisadas em grupo, os resultados não são substancialmente diferentes entre os modelos estudados. Em geral, o nível de eficiência técnica das universidades australianas é elevado. No entanto, não se pode concluir que não há margem para melhorias em eficiência. Os resultados indicaram homogeneidade de desempenho em todo o sistema universitário.

2.1.2 África do Sul

Baseada em uma amostra de 10 das 21 universidades públicas da África do Sul, Taylor et. al. (2002) aplicaram a técnica DEA para calcular a eficiência relativa desta amostra entre 1994 e 1997. Foram analisadas 10 universidades devido ao banco de dados desta pesquisa estar incompleto.

A fim de identificar os fatores que são significativos na influência sobre o desempenho de cada universidade, uma abordagem por etapas foi utilizada para a seleção das variáveis. Quando uma relação causal era percebida entre uma variável e o desempenho que ela resultaria na eficiência de determinada universidade, essa variável tornava-se candidata para a inclusão no modelo DEA. Essa relação foi obtida por meio do cálculo de coeficientes de correlação entre as variáveis utilizadas no modelo. Assim, foram utilizadas neste estudo as seguintes variáveis de entrada: despesas administrativas, capital empregado em pesquisa, número de estudantes e número de funcionários. Foram utilizadas como variáveis de saída o número de estudantes formados e número de publicações em periódicos relacionados a pesquisa de cada universidade analisada.

Como resultado, utilizando o modelo DEA BCC orientado a *output*, a eficiência média das universidades estudadas aumentou de 86% em 1994 para mais de 91% em 1995, recuando no ano seguinte para 89% e, em seguida, caiu ligeiramente para 88% em 1997. Este declínio pode ser devido a tendências negativas nas atividades de pesquisa (aumento dos gastos e diminuição da produção desta atividade).

O aumento inicial da eficiência, em 1995, pode ser atribuído a uma série de fatores, que incluem: um ritmo excepcional de crescimento do número de alunos, aumento na taxa de graduação, aumento do número de diplomados e uma diminuição em despesas correntes e de capital empregado na pós-graduação (estes quatro índices apresentaram um declínio ao longo dos dois anos seguintes).

2.1.3 Alemanha

Warning (2004) calculou a eficiência das universidades alemãs usando DEA para capturar as diferentes dimensões de desempenho das mesmas. As universidades têm missões diferentes e, conseqüentemente, estão focadas em objetivos diferentes. Escolhas tecnológicas e estratégicas determinam a posição de cada universidade no âmbito do sistema de ensino superior. Por esse motivo, as universidades foram agrupadas em grupos com características e estratégias semelhantes. Essa estrutura foi usada para explicar como e por que as universidades diferem no grau em que eles se especializam em ciências naturais e ciências sociais e no que diz respeito aos recursos que dedicam tanto à pesquisa quanto ao ensino.

O conjunto de dados incluiu 73 universidades com financiamento público alemão. Os dados foram fornecidos pelo Escritório Federal de Estatística da Alemanha. Os insumos utilizados neste estudo foram o número de funcionários e as despesas administrativas, incluindo gastos com recursos bibliotecários, serviços de computação e infraestrutura. O produto utilizado foi o número total de publicações entre 1997 e 1999 para as ciências sociais e para as ciências naturais. A eficiência das universidades foi calculada utilizando o modelo DEA CCR orientado a *output*.

Como resultado, a relação de publicação/pós-graduação em ciências sociais e em ciências naturais não tiveram efeito significativo sobre a eficiência. Enquanto o coeficiente da taxa de publicação/pós-graduação foi positivo para ciências sociais, o mesmo foi negativo para as ciências naturais. Nos grupos de alta e baixa eficiência, essas variáveis estratégicas não tiveram um impacto estatisticamente significativo.

A única variável que teve um impacto significativo sobre o desempenho de ambos os grupos é a localização na antiga Alemanha Ocidental, com um coeficiente estatisticamente positivo. Nos 10 anos, desde a reunificação, as universidades localizadas na antiga Alemanha Ocidental receberam mais subsídios do que as universidades da antiga Alemanha Oriental. Assim, este efeito de transição pôde resultar em uma menor eficiência das universidades da Alemanha Oriental.

2.1.4 China

A técnica DEA foi aplicada na China por Johnes (2006) com o propósito de examinar e medir a eficiência de 115 universidades chinesas com base em dados relativos aos anos de 2003 e 2004. Embora existam atualmente mais de 1.500 instituições de ensino superior na China, os dados completos estavam disponíveis apenas para um pequeno subconjunto de 115 instituições, nas quais foram possíveis derivar indicadores relativos a insumos e a produtos. Estes dados foram coletados da base de dados da Universidade

Chinesa Netbig.

Com isso, seis insumos foram incluídos na análise: número de alunos em tempo integral, qualificação do corpo docente, número de alunos na pós-graduação, financiamento a pesquisa, acervo bibliográfico e área predial. Três variáveis foram incluídas para refletir os produtos: índice de atividade de pesquisa, índice de publicação científica, e índice de prestígio da universidade, que mensura o impacto da atividade acadêmica na formação dos discentes.

As universidades chinesas são caracterizadas pela diversidade, pois a maioria é classificada com base em sua área de especialização, constituídas por cursos de curto prazo e de formação profissional. Esta diversidade também existe devido à localização geográfica das IES, que são agrupadas em três grandes zonas de desenvolvimento econômico: a região costeira, com províncias altamente desenvolvidas, a região central com províncias em desenvolvimento; e a área ocidental, que é economicamente menos desenvolvida do que as demais províncias.

Os resultados da aplicação do modelo DEA BCC orientado a *output* para os dois anos analisados mostraram que a eficiência no ensino superior chinês variou entre 55% e 90%, dependendo se a variável índice de prestígio da universidade é incluída como *output*, pois o nível de eficiência das instituições de ensino superior era claramente sensível à inclusão desta variável no modelo.

Uma análise sobre se as diferenças significativas entre as IES estavam associadas a localização geográfica. As IES na região Oeste da China tiveram menor eficiência média do que aquelas localizadas nas regiões costeiras ou central do país. A eficiência média das IES administradas regionalmente foi significativamente maior do que aquelas que eram administradas de forma centralizada, mas apenas no caso em que a variável relacionada ao financiamento a pesquisa foi excluída da análise. Isso pode ser um motivo para incentivar a descentralização do ensino superior chinês.

2.1.5 Espanha

Garcia e Palomares (2008) mediram a eficiência relativa de 43 universidades públicas espanholas durante o período de 1994-2004. Os dados desta pesquisa foram coletados da base de dados AQUAMETH (*Advanced Quantitative Methods for the Evaluation of the Productivity of Public Sector Research*), que é uma Rede Européia de Excelência, apoiada pela Comissão Européia.

Neste trabalho, a eficiência das universidades foi calculada utilizando o modelo

DEA CCR orientado a *output*, juntamente com a aplicação do Índice *Malmquist*³ para mensurar se houve ganhos de produtividade durante o período analisado. As entradas incluídas na análise foram gastos totais com pessoal e com pesquisa, e as saídas foram o número de graduados e de publicações.

Os resultados indicaram que o crescimento anual da produtividade foi em grande parte atribuível ao progresso tecnológico, e não à melhoria da eficiência. O fato da eficiência ter contribuído pouco para o desempenho das universidades, sugere que as mesmas estavam operando perto da fronteira das melhores práticas.

As análises em separado considerando apenas o ensino e a pesquisa, sugeriram que a maior parte do crescimento da produtividade foi associada com melhorias na pesquisa, ao invés do ensino. No entanto, a interpretação deste resultado deve ser feita com cuidado, levando em conta que há uma sobreposição entre ensino e insumos de pesquisa.

2.1.6 Estados Unidos

Thomas (2012) utilizou a Análise Envoltória de Dados para investigar a extensão em que as universidades norte-americanas de pesquisa e doutoramento sofreram alterações de produtividade e eficiência, devido ao desempenho gerencial, no período de 2005 a 2009. Para isso, o autor utilizou os dados de 133 universidades, os quais foram adquiridos da base de dados do Sistema Integrado de Educação Pós-Secundária. Neste estudo, foi possível criar um conjunto estável de observações para classificar as universidades controladas publicamente. Dado que as universidades receberam a mesma designação de classificação, a amostra satisfaz as preferências de homogeneidade da técnica DEA.

Foram empregadas cinco variáveis como insumo: três relativas a despesas com mão-de-obra e duas relativas a despesas administrativas. Como produto, as variáveis empregadas incluíam o ensino de graduação, pós-graduação e pesquisa.

Dos recursos destinados para as universidades americanas, a pós-graduação consumiu, em média, 20% destes recursos. Aproximadamente 17% era atribuída à administração. Os salários dos professores, juntamente com as atividades de pesquisa, consumiram mais de 25% destes recursos.

Além da técnica DEA, foi utilizado neste estudo o Índice de *Malmquist*, com a

³Índice *Malmquist*: Deve-se ao trabalho de Sten Malmquist, publicado em 1953, que construiu um índice de quantidade utilizando funções de distância introduzidas por Shephard (1953) dentro do contexto da teoria do consumidor. Posteriormente, Caves et. al. (1982) inseriram esse índice no contexto da teoria da produção e definiram o Índice de Produtividade de *Malmquist* orientado a *inputs* e a *outputs*, com o objetivo de avaliar a evolução da produtividade de cada unidade de produção relativamente à evolução do conjunto de unidades em que se inserem. Färe et al. (1996) propuseram um índice com essas mesmas características, baseado na composição de escores de eficiência gerados pela Análise Envoltória de Dados, chamado Índice de *Malmquist*-DEA.

finalidade de demonstrar melhorias de produtividade. Pressões para melhorar a eficiência operacional das universidades norte-americanas tornaram-se mais intensas devido à crise financeira global de 2008.

Como resultado, utilizando tanto o modelo DEA CCR, quanto o modelo DEA BCC orientado a *input*, a média de eficiência das universidades norte-americanas foi de aproximadamente 80%. No entanto, ocorreu um ligeiro declínio ao longo dos anos analisados. Em parte, este declínio pôde ser explicado pelos cortes no orçamento do ensino superior e pelo aumento simultâneo do número de matrículas, especialmente no nível de pós-graduação.

Com base no Índice de *Malmquist*, com uma média de 0,987, concluiu-se que houve uma ligeira regressão da produtividade média das universidades ao longo dos quatro anos letivos. As mudanças anuais mostraram que a regressão foi confirmada nos períodos de 2006-2007 e 2007-2008 e, em seguida, seguido por um aumento de produtividade no ano letivo de 2008-2009. 50% das universidades tiveram um aumento de eficiência técnica, enquanto 62% perceberam alguma deterioração na mesma. 38% das universidades foram capazes de manter de forma consistente o seu nível de eficiência técnica ou melhorá-lo.

Como conclusão, constatou-se que média de produtividade no período de 2005 a 2009, foi da ordem de 1,3%, havendo uma queda nos anos de 2006 e 2007, mas que foi compensado, em parte, com ganhos de produtividade de 1,5% durante os anos de 2008 e 2009, em meio a cortes orçamentários generalizados acompanhados pelo aumento do número de matrículas.

Um ponto preocupante foi a constatação de que as mudanças de eficiência devido a decisões gerenciais nas universidades tenderam a ter um impacto negativo sobre as mudanças de produtividade. No entanto, esse efeito foi enfraquecido devido ao ganho de produtividade que se desenvolveu durante 2009, que foi creditado a mudanças tecnológicas ocorridas no ensino e na pesquisa.

2.1.7 Inglaterra

Johnes (2005) utilizou-se a técnica DEA para mensurar a eficiência técnica de 109 instituições de ensino superior da Inglaterra. Os dados foram coletados para os anos letivos de 2000 e 2001. As variáveis de saída utilizadas neste estudo foram o número de graduados e pós-graduados e o incentivo financeiro a pesquisa, fornecido pelo Conselho de Financiamento do Ensino Superior da Inglaterra. Como variáveis de entrada, utilizou-se o número de docentes e os gastos administrativos.

Para o cálculo da eficiência, utilizou-se o modelo DEA BCC com orientação a *output*. Como resultado, concluiu-se que a eficiência relativa geral de todas as universidades

inglesas era muito alta: o nível médio de eficiência variou de 93% a 95% e o número de universidades eficientes variou de 51 a 61. Uma possível explicação para este resultado, segundo o autor, é que a DEA produz uma medida de eficiência relativa ao conjunto de universidades sob análise. Assim, enquanto o setor do ensino superior inglês não tem motivação ao lucro, o mesmo tem sido cada vez mais exposto às forças do mercado na última década. Com isso, as universidades inglesas tendem a competir entre si para atrair os melhores estudantes e fundos para a pesquisa, fornecendo, com isso, os incentivos para melhorar a eficiência.

2.1.8 Portugal

O setor do ensino superior português tem sido tradicionalmente financiado pelo governo, apesar de que, na última década, as universidades privadas começaram a surgir como alternativa, aumentando a oferta de vagas para estudantes de nível superior.

Entre os anos de 1993-1994 e 2003-2004, o número total de alunos matriculados na graduação no setor público português aumentou em 64,7%, e, durante o mesmo período, o número total de professores nas instituições de ensino superior públicas em Portugal aumentou em cerca de 48,1%.

Baseando-se nestas evidências, Afonso e Santos (2005) empregaram a DEA para medir a eficiência relativa de 52 instituições públicas de ensino superior portuguesas, usando dados do ano de 2003. As medidas de entrada foram constituídas a partir do número de professores, do gasto total médio por aluno e da relação de professores por estudantes destas instituições, enquanto as medidas de saídas foram associadas com o número de graduados e com o número de teses de doutorado defendidas.

Para o cálculo da eficiência, foi utilizado o modelo BCC, orientado tanto a *input*, quanto a *output*. Como resultado, descobriu-se que a eficiência global dos modelos orientados a entrada estavam entre 0,553 e 0,678, o que implicou que, em média, as instituições analisadas puderam ser capazes de atingir o nível de desempenho ótimo usando entre 32,2% e 44,7% dos recursos disponíveis. Já com relação aos modelos orientados a saída, as eficiências médias globais variaram entre 1,172 e 1,272, o que significou que, com as mesmas entradas, as instituições de ensino superior analisadas obtiveram um desempenho entre 17,2% e 27,2% maior do que deveria.

Com estes resultados, Afonso e Santos (2004) concluíram que, por uma questão de bom senso, deve-se estar ciente de que simplesmente colocar mais dinheiro em uma atividade promissora, ou seja, o ensino superior, não necessariamente melhora proporcionalmente a qualidade de sua saída. E, como uma implicação política relevante, isso poderia sugerir em uma alocação melhor dos escassos recursos financeiros disponíveis ao

ensino superior público de Portugal.

Quadro 2.1 – Resumo da Análise de Eficiência para o Ensino Superior em alguns países

País	Autores	Número de Instituições analisadas	Variáveis de Entrada	Variáveis de Saída	Modelo DEA utilizado	Principal Conclusão
África do Sul	Taylor et. al., 2004	10	Despesas administrativas; Capital empregado em pesquisa; Número de estudantes; Número de funcionários	Número de estudantes formados; Número de publicações em periódicos	VRS orientado a <i>output</i>	O declínio na eficiência média das universidades pode ser devido a tendências negativas em suas atividades de pesquisa.
Alemanha	Warning, 2004	73	Número de funcionários; Despesas administrativas	Número de publicações	CCR orientado a <i>output</i>	As universidades localizadas na antiga Alemanha Ocidental foram as mais eficientes.
China	Johnes, 2006	115	Número de alunos em tempo integral; Qualificação do corpo docente; Número de alunos na pós-graduação; Financiamento a pesquisa; Acervo bibliográfico; Área predial	Índice de atividade de pesquisa; Índice de publicação científica; Índice de prestígio da universidade	BCC orientado a <i>output</i>	As diferenças entre as eficiências das universidades analisadas estão associadas a localização geográfica e a forma como são administradas.

Continua na próxima página

Quadro 2.1 – *Continuação da página anterior*

País	Autores	Número de Instituições analisadas	Variáveis de Entrada	Variáveis de Saída	Modelo DEA utilizado	Principal Conclusão
Espanha	Garcia e Palomares, 2008	43	Gastos totais com pessoal; Gastos totais com pesquisa	Número de graduados; Número de publicações	CCR orientado a <i>output</i>	O crescimento anual da produtividade foi em grande parte atribuível ao progresso tecnológico.
Estados Unidos	Thomas, 2012	133	Despesas com mão-de-obra; Despesas administrativas	Ensino de graduação; Ensino de pós-graduação; Pesquisa	CCR e BCC orientado a <i>input</i>	Houve um declínio na eficiência das universidades ao longo dos anos, devido aos cortes no orçamento do ensino superior e ao aumento do número de matrículas.
Inglaterra	Johnes, 2005	109	Número de docentes; Gastos administrativos	Número de graduados e pós-graduados; Insentivo financeiro a pesquisa	BCC orientado a <i>output</i>	A eficiência média das universidades inglesas é alta, variando de 93% a 95%.

Continua na próxima página

Quadro 2.1 – *Continuação da página anterior*

País	Autores	Número de Instituições analisadas	Variáveis de Entrada	Variáveis de Saída	Modelo DEA utilizado	Principal Conclusão
Portugal	Afonso e Santos, 2005	52	Número de professores; Gasto total médio por aluno; Relação de professores por estudantes	Número de graduados; Número de teses de doutorado defendidas	BCC orientado a <i>input</i> e a <i>output</i>	Investir mais dinheiro no ensino superior não melhora necessariamente a eficiência do mesmo.

2.2 Análise de eficiência para o ensino superior no Brasil

O Brasil vem seguindo a tendência mundial, procurando alternativas de avaliações periódicas do sistema de ensino superior. Aprimorar quantitativamente e qualitativamente é um desafio para o país, uma vez que as instituições de ensino superior vêm progressivamente sofrendo avaliações. Essas avaliações tendem a convergir para um sistema de educação capaz de inserir no mercado de trabalho profissionais diplomados preparados para enfrentar as adversidades de um mundo cada vez mais globalizado.

Segundo o INEP⁴, a qualidade do corpo docente, a organização didático-pedagógica e as instalações físicas, são fatores de desempenho para a Avaliação dos Cursos de Graduação. O objetivo da avaliação das IES é verificar a execução do Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI), que contempla os objetivos, as metas e as ações das organizações, as políticas que valorizam os professores, a infraestrutura, a organização institucional, bem como a gestão acadêmica e as atividades de ensino, pesquisa e extensão.

2.2.1 O Exame Nacional de Cursos

O *Exame Nacional de Cursos* (ENC) foi instituído inicialmente com o propósito de analisar a qualidade da graduação oferecida pelas instituições, por meio da avaliação dos

⁴*Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais “Anísio Teixeira”* (INEP): Autarquia subordinada ao Ministério da Educação responsável por coletar e organizar informações sobre as instituições de ensino superior, tais como: número de alunos matriculados, vagas oferecidas, quantidade de professores, recursos financeiros e informações sobre a estrutura física das instituições. O INEP é responsável também pela elaboração, aplicação e divulgação do resultado do Enade.

conhecimentos dos egressos dos cursos superiores. Num primeiro momento, a avaliação restringia-se a esse propósito, a qual era conhecida como Provão. Num segundo momento, por meio do Decreto nº 2.026/96, foi estabelecida a avaliação dos cursos e das instituições de ensino, com visitas *in loco* para avaliação das condições de oferta (instalações, corpo docente e organização didático-pedagógica) e pelas condições da pós-graduação, quando existente. Nos dois focos da avaliação atribuía-se uma nota consolidada à instituição, posteriormente convertida em conceitos que variavam de A a E, sendo o conceito “A” considerado o melhor e o conceito “E”, o pior ⁵. Esse exame, realizado anualmente, tinha caráter obrigatório para todos os estudantes concluintes dos cursos de graduação, condicionando sua realização ao recebimento do diploma pelos mesmos.

Em agosto de 2003, foi criado o SINAES, que foi formalmente instituído através da Lei 10.861, aprovada em abril de 2004 (BRASIL, 2004). Esse novo sistema incluía uma abordagem diferente para o exame de cursos, denominado Enade ⁶. Desde o início, a responsabilidade pela avaliação das IES e de cursos de graduação foi concedida ao INEP.

Apesar das mudanças na forma de avaliar o ensino superior, ficaram assegurados os principais conceitos norteadores: respeito à diferença, à autonomia, à identidade, além da ênfase na missão pública e nos compromissos e responsabilidades sociais das IES. Enquanto o Provão se prestava a ser um mecanismo de regulação, o Enade passaria a fornecer não só um indicador com esse propósito, mas principalmente seria uma ferramenta de avaliação, através do diagnóstico de competências e habilidades adquiridas ao longo do ciclo de escolarização superior, cruzado com a visão do aluno sobre sua instituição e com seu conhecimento sobre aspectos mais gerais, não relacionados a conteúdo específicos (VERHINE, 2006).

Dentre as diferenças entre o Provão e o Enade, pode-se destacar:

- O Enade é aplicado para estudantes ingressantes e concluintes do curso sob avaliação, desta forma, inclui-se nos resultados uma aproximação da noção de “valor agregado”;

⁵Nestes conceitos, o A correspondia a médias maiores ou iguais a 80 pontos; o B a médias maiores ou iguais a 60 e inferiores a 80; o C a médias maiores ou iguais a 40 e inferiores a 60; o D a médias maiores ou iguais a 20 e menores que 40; o E a médias maiores ou iguais a 0 e menores que 20 pontos. Para os cursos com apenas um graduando presente no exame, cursos sem alunos avaliados ou que tivessem tido problemas operacionais, era atribuído o conceito SC (Sem Conceito).

⁶Este exame foi estruturado em dois componentes: o primeiro, comum a todos os cursos, e o segundo, específico a cada uma das áreas avaliadas. O primeiro, denominado Componente de Formação Geral, possui 8 questões objetivas de múltipla escolha e 2 questões discursivas, as quais têm pesos, respectivamente, iguais a 60,0% e 40,0%. E o segundo, denominado Componente de Conhecimento Específico da Área, possui 27 questões objetivas de múltipla escolha e 3 questões discursivas, as quais têm pesos, respectivamente, iguais a 85,0% e 15,0%. Para a obtenção da nota final do estudante, as notas dos dois componentes foram ponderadas por pesos proporcionais ao número de questões: 25,0% referente ao Componente de Formação Geral e 75,0%, referente ao Componente de Conhecimento Específico (ENADE, 2011).

- O Enade avalia cada curso trienalmente, em lugar da frequência anual do Provão;
- O Enade se propõe a englobar várias dimensões em seu teste, de modo a cobrir a aprendizagem durante o curso (em lugar de apenas medir o desempenho dos alunos ao final do curso) e dar um peso maior para as competências profissionais;
- O Enade parte da premissa de que as instituições e cursos utilizarão seus resultados como ingrediente em um processo avaliativo institucional mais abrangente (VERHINE, 2006).

2.3 Modelos utilizados para a análise de eficiência da educação superior no Brasil

No Brasil, os primeiros trabalhos utilizando a técnica DEA na construção de medidas de avaliação das IES tiveram origem em grupos de pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Destacam-se os trabalhos de Belloni (2000) que em sua tese de doutorado, construiu uma metodologia DEA para avaliar a eficiência produtiva das Universidades Federais Brasileiras. Para isso, o autor utilizou a técnica estatística Análise de Componentes Principais, que permitiu identificar associações estatísticas entre os conjuntos de variáveis, além de avaliar a importância de cada fator na explicação das diferenças entre as instituições analisadas.

As principais fontes de dados desta pesquisa foram o Boletim de Dados Físicos e Orçamentários das Instituições de Ensino Superior supervisionadas pelo Ministério da Educação no ano de 1994, e os resultados dos Exames Nacionais de Cursos de Graduação de 1998, obtidos pelo INEP. A análise restringiu-se a 33 universidades, e quatro universidades federais que não ofereciam programas de pós-graduação em 1993 foram eliminadas da amostra.

Para o cálculo da medida da eficiência desenvolvida neste trabalho, adotou-se o modelo DEA BCC com orientação a *output*. As variáveis utilizadas como entrada foram agrupadas em três categorias: Corpo Docente (número de professores e titulação dos mesmos), Infraestrutura (instalações físicas e arcevo bibliográfico) e Alunado (número de matrículas na graduação e na pós-graduação).

Já as variáveis utilizadas como saída foram agrupadas em duas categorias: Ensino (número de alunos graduados, número de alunos pós-graduados, indicador da qualidade da graduação, indicador da qualidade da pós-graduação) e Pesquisa (número de livros publicados, número de artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais).

Como resultado desta pesquisa, seis instituições foram consideradas eficientes e

duas instituições, UFES (Universidade Federal do Espírito Santo) e UFRS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), obtiveram indicador da eficiência menor ou igual a 1,01, que, para efeitos práticos, essas universidades podem ser consideradas tecnicamente eficientes. Das 25 instituições ineficientes restantes, 5 podem expandir proporcionalmente sua produção em até 10%; 8 podem expandir sua produção entre 10% e 20%; 5 podem expandir sua produção entre 20% e 50%; e, 7 podem expandir sua produção entre 50% e 82%. As diferenças de porte entre as instituições, que constituiu no maior fator de explicação das diferenças entre elas, foram respeitadas com a adoção da hipótese de retornos variáveis à escala. Assim, as universidades federais, quando pequenas, tendem a ser especializadas ou voltadas para as atividades de ensino, com igual ênfase na quantidade e na qualidade; quando de porte médio, tendem a não ser especializadas, com ênfase ou na produtividade ou, alternativamente, à qualidade; quando de porte grande, tendem também a não ser especializadas, mas com ênfase igual na qualidade e na quantidade.

Façanha e Marinho (2001) estudaram as diferenças entre o desempenho das 973 IES localizadas nas grandes regiões brasileiras. O período analisado foi de 1995 a 1998, tendo sido utilizada a metodologia DEA CCR com orientação a *output* para a mensuração da eficiência. O estudo coletou informações extraídas do Censo do Ensino Superior, o qual forneceu dados a respeito das instituições, e suas respectivas agregações (regiões, dependência administrativa, e outros), envolvendo, exclusivamente, atividades de ensino de graduação. As variáveis utilizadas como *input* foram: total de docentes; total de docentes em tempo integral e total de servidores. Como *output*, foram incluídas as variáveis: número de inscrições nos processos seletivos, número de vagas oferecidas nos cursos de graduação e número total de docentes com doutorado. A inclusão do total de docentes com doutorado como *output* resultou na tentativa de remediar, em parte, a inexistência de dados sobre atividades de pós-graduação e pesquisa nos censos educacionais, pois os censos se limitam a atividades de graduação.

O procedimento adotado *a priori* foi classificar, para cada ano, os conjuntos de IES federais, estaduais, municipais e particulares. Como resultado deste estudo, a eficiência relativa das IES municipais foi a mais elevada, seguida da eficiência relativa das IES particulares, estaduais e federais no período analisado. Em compensação, ao longo do mesmo período, houve um declínio nas médias das eficiências relativas das IES particulares, o que pôde ser justificado pelo aumento do número de IES particulares e municipais, observando-se, ao mesmo tempo, aumentos expressivos das médias de eficiência relativa das IES estaduais e federais. Façanha e Marinho (2001) sugeriram ainda que, para melhorar o índice de eficiência, os maiores ajustes estariam localizados nas IES federais e estaduais, contemplando um aumento no número de ingressantes, de matrículas e de cursos ofertados em todas as áreas do conhecimento.

Borges (2005) realizou um estudo com a finalidade de demonstrar a convergência

entre os resultados do ENC e os obtidos através da técnica DEA. Para isso, foi feita uma comparação dos resultados alcançados por 181 cursos de graduação em Administração, cada qual integrando uma IFES ou uma Instituição Privada de Ensino Superior diferente, cobrindo todas as unidades da federação no ano de 2003. O ENC foi escolhido por reunir o maior número de dados disponíveis, tais como: as condições de oferta do curso, as condições de ensino, a aferição do conhecimento dos formandos, entre outras.

Os objetivos do estudo realizado por Borges (2005) foram verificar o grau de convergência entre os resultados da DEA frente aos do ENC e analisar a relação dos *inputs* versus *outputs*, identificando quais seriam os cursos tidos como referência para os demais cursos de Administração analisados. Para o cálculo da eficiência, utilizou-se o modelo DEA BCC como orientação a *input*, adotando como variáveis de entrada: organização didático-pedagógica, corpo docente, instalações físicas e número de vagas oferecidas no curso. Como variáveis de saída, foram adotadas: número de formandos e nota geral no Provão.

Inicialmente procedeu-se à equiparação das avaliações utilizadas pelos dois modelos, através de faixas, uma vez que o ENC trabalhava com conceitos (A até E) e a DEA com valores de eficiência. Assim, a instituição cujo curso de Administração recebeu conceito “A” no ENC, está na primeira faixa da DEA (eficiência variou de 0,95 a 1,00), conceito “B” no ENC, está na segunda faixa da DEA (eficiência variou de 0,85 a 0,95), e os conceitos “C”, “D” ou “E” no ENC, está na terceira faixa da DEA (eficiência menor que 0,85).

Como resultado deste estudo, verificou-se que 41,7% dos cursos que conseguiram conceito A no ENC obtiveram índices de eficiência no intervalo de 0,95 a 1,00 na DEA (1ª faixa), 26,3% dos cursos que conseguiram conceito B no ENC obtiveram índices de eficiência no intervalo de 0,85 a 0,95 na DEA (2ª faixa), e 75,4% dos cursos que conseguiram conceitos C, D ou E no ENC obtiveram índices de eficiência no intervalo de 0,00 a 0,85 na DEA (3ª faixa). Ao todo, consideradas as premissas adotadas, as duas metodologias (DEA e ENC) convergiram em 65,7%.

Através dos resultados, Borges (2005) concluiu que existe uma significativa evasão no ensino superior (cerca de 30%), impactando consideravelmente na análise de eficiência, e que as instituições privadas contribuem para que isso ocorra, por adotarem, no ato da autorização do curso, a estratégia de solicitar um número maior de vagas do que a demanda real. Verificou-se também que as IFES estão mais próximas da eficiência alocativa, tanto na análise de *inputs* como na de *outputs* e que os valores relativamente baixos de formandos e nota no provão levam a um superdimensionamento da organização didático-pedagógica.

Oliveira e Turrioni (2006) avaliaram a eficiência relativa de 19 *Instituições Federais de Ensino Superior* (IFES) no ano de 2004. A coleta de dados foi feita através de pesquisa

documental dos relatórios de gestão das IFES obtidos nos sites das próprias instituições. Foram utilizadas apenas dezenove instituições, pois as demais instituições não possuíam, na época, seus dados atualizados.

Os *inputs* e os *outputs* foram construídos com a utilização dos indicadores do *Tribunal de Contas da União* (TCU). Como variáveis de entrada, foram selecionados os indicadores: custo corrente por aluno equivalente, aluno tempo integral por professor equivalente, aluno tempo integral por funcionário equivalente, funcionário equivalente por professor equivalente, grau de participação estudantil, grau de envolvimento do discente com pós-graduação e índice de qualificação do corpo docente. As variáveis de saída escolhidas foram os indicadores: conceito *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES) referente a pós-graduação e taxa de sucesso na graduação, que é a razão entre o número de alunos diplomados e o número de alunos ingressantes.

O modelo CCR com retornos constantes à escala, tanto orientado para entrada quanto para saída, foi escolhido neste trabalho para análise das IFES. Assim, admitiu-se que a produtividade máxima não variasse em função da escala de produção.

Como resultado, das 19 IFES avaliadas, cinco foram consideradas ineficientes. Com isso, foi possível concluir que a técnica DEA pôde ser aplicada às IFES, permitindo uma melhor avaliação das instituições e da gestão dos recursos administrados pelas mesmas. Percebeu-se também que era possível ter resultados melhores nos indicadores de saída com valores menores nos indicadores de entrada.

Costa, Ramos e Souza (2012), examinaram a eficiência da educação superior pública federal utilizando a técnica DEA no período de 2004 a 2008. As variáveis utilizadas neste estudo foram obtidas pelo MEC e pelo INEP.

O conjunto total das 49 IFES foi analisado em duas etapas. Na primeira, procurou-se minimizar a característica heterogênea do setor, sendo consideradas as realidades de cada instituição, subdividindo-as em dois grupos: no primeiro grupo foram consideradas as instituições que têm uma atuação preponderante no ensino da pós-graduação e na pesquisa; e no segundo, foram consideradas as instituições com pouca ou nenhuma atuação no ensino da pós-graduação e na pesquisa. Na segunda etapa, foi estimado o conjunto da população das IFES selecionadas, ou seja, um modelo com todas as instituições.

Os dois grupos da primeira etapa foram determinados por meio da análise de três indicadores, sendo o primeiro o total de matrículas na graduação. Os outros dois foram obtidos através do *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq), que constituíam: a razão docente/pesquisa; e o total de investimento em bolsas e fomento à pesquisa.

Para o cálculo da eficiência, foi utilizado o modelo DEA BCC com orientação a

output, tendo como insumos: custo corrente por aluno equivalente, aluno tempo integral por docente equivalente, aluno tempo integral por funcionário equivalente e índice de qualificação do corpo docente, e, como produtos: razão de alunos formados por alunos matriculados e o conceito CAPES para a pós-graduação.

Como resultado deste estudo, os autores encontraram que 67% das IFES que conduziram pesquisas estavam na fronteira eficiente de produção no ano de 2008. Para esse mesmo ano, o grupo que conduziu menos pesquisas, 71% das universidades estavam na fronteira. No entanto, o mesmo estudo mostrou que para todos os períodos analisados, as instituições com uma forte atuação no ensino da pós-graduação e na pesquisa, não obtiveram um elevado grau de ineficiência, sendo obtidos os piores scores de eficiência de 0,79; 0,78; 0,79; 0,61 e 0,77 para os anos de 2004, 2005, 2006, 2007 e 2008, respectivamente.

Costa, Ramos e Souza (2012) concluíram que seria necessário examinar o que aconteceu com cada IFES separadamente, para só então tecer algum tipo de consideração sobre as causas de suas ineficiências relativas e de sua perda de produtividade, a fim de que esses resultados possam realmente comprovar a real situação da educação superior pública federal.

Casado (2012) aplicou a técnica DEA para calcular a eficiência técnica dos cursos de graduação presenciais em Engenharia de Produção de instituições de ensino superior, considerando os aspectos de desempenho organizacional e os de qualidade. Desta forma, o autor explorou a principal ferramenta nacional de avaliação dos cursos de graduação, o indicador *Conceito Preliminar de Cursos* (CPC), o qual foi instituído pelo Ministério da Educação com o objetivo fornecer uma medida de qualidade aos cursos de graduação (MEC/INEP, 2004).

Para a avaliação de eficiência, foram selecionadas 8 variáveis que são utilizadas para o cálculo do CPC, das quais seis foram classificadas como *input* (nota infraestrutura, nota organização didático-pedagógica, nota professores mestres, nota professores doutores, nota professores com regime de dedicação integral, número de vagas do curso na instituição) e duas como *output* (nota Enade e número de concluintes). Os dados foram coletados da base de dados do INEP, referente ao ano de 2008.

Dentre os modelos e orientações das variáveis em DEA, este estudo adotou o modelo CCR orientado a produto, sendo utilizado também os conceitos de fronteiras invertidas com o objetivo de amenizar o viés da medição de desempenho. O modelo CCR com orientação a *output*, conforme abordado por Belloni (2000), é o que mais se adéqua à realidade de uma instituição de ensino, visto que a mesma busca maximizar os resultados com os insumos disponíveis.

Segundo o MEC/INEP, em 2008 existiam no Brasil cerca de 245 cursos na área de Engenharia de Produção, divididos praticamente entre todos os estados brasileiros.

No entanto, para efeito de análise de eficiência, foram subtraídos aqueles cursos que não apresentaram conceito no Enade. Desta forma, foram analisados 129 cursos de graduação da área de Engenharia de Produção.

Aplicando o cálculo da eficiência através da DEA, observou-se que 27 cursos obtiveram 100% de eficiência. No entanto, para verificar se estes são “falsos eficientes” através da aplicação do conceito de fronteira invertida, pôde-se observar que apenas o curso da universidade de UNIABC (Universidade do Grande ABC), realmente alcançou 100% da eficiência. Além do mais, de acordo com os resultados, 5 cursos apresentaram eficiência entre 0,00% e 20%; 26 entre 20% e 40%; 39 entre 40% e 60%; 32 entre 60% e 80%; e 27 cursos entre 80% e 100%.

Duenhas (2013) empregou a metodologia DEA para estudar o aumento do número de vagas nas 80 universidades públicas através do ganho de eficiência dessas instituições. Foram analisadas apenas as universidades públicas. As instituições privadas foram excluídas da análise por possuírem uma lógica diferente das instituições públicas, na medida em que aquelas estão inseridas em um ambiente concorrencial orientado pelo mercado, ou seja, há um incentivo maior para que sejam eficientes, pois são financiadas, em última instância, por recursos privados. As instituições públicas, por outro lado, são financiadas por recursos públicos, não tendo o mesmo incentivo de mercado para a eficiência. As demais instituições públicas (faculdades, centros universitários, centros tecnológicos) também não foram incluídas no estudo, pois não têm a obrigatoriedade de conduzir pesquisa e atividades de extensão. Com o intuito de aplicar a metodologia em grupos mais homogêneos, as universidades públicas foram reunidas em três grupos: grande porte, médio porte e pequeno porte. O critério utilizado para o agrupamento foi o de receitas anuais, conforme classificação do *Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social* (BNDES) para pequenas, médias e grandes empresas.

O modelo utilizado no estudo foi o DEA SBM (*Slacks Based Measure*), pois os modelos DEA tradicionais, como o CCR e o BCC, assumem a hipótese de retornos constantes e variáveis de escala, respectivamente. Além disso, é necessário que seja determinado *a priori* qual o tipo de orientação: insumo ou produto. O modelo DEA SBM não exige a determinação dessas orientações. Os dados utilizados para o estudo da eficiência, em relação ao ano de 2008, foram extraídos de duas bases: Censo da Educação Superior e Geocapes, com o intuito de coletar dados referentes a graduação e a pós-graduação, respectivamente.

Para o cálculo dos índices de eficiência, foram utilizados como insumos: número de professores em relação ao número de alunos e as receitas das instituições por alunos. Como produtos, foram considerados a número de alunos formados em relação ao número de alunos matriculados, número de atividades de extensão dividida pelo número de alunos, número de pesquisas (teses e dissertações) pelo número de alunos, e a qualidade das

instituições, medida pelo *Índice Geral de Cursos* (IGC).

Como resultado deste estudo, Duenhas (2013) ressaltou que a maioria das universidades de grande porte estava otimizando sua produção. Foram 6 as instituições tidas como ineficientes, das quais 3 estavam com um índice de eficiência acima de 90%. Para as universidades de médio porte, 46% foram consideradas eficientes. Já para as universidades de pequeno porte, 86% foram tidas como eficientes.

A partir destes resultados, foi possível construir um cenário do aumento potencial do número de matrículas no ano de 2008 para aquelas instituições que ficaram aquém da fronteira de eficiência. Considerando, de forma hipotética, uma distribuição proporcional equivalente do aumento de eficiência entre cada produto (número de alunos matriculados, qualidade da educação, número de pesquisas, número de atividades de extensão), uma instituição, por exemplo, que obteve um índice de 0.8 poderia aumentar sua produção geral em 20%, ou seja, 5% de aumento em cada produto (5% no número de matrículas, 5% nos projetos de extensão, 5% no número de pesquisas e 5% na qualidade dos cursos). Desse modo, de acordo com os resultados seria possível um aumento de aproximadamente dez mil alunos nas universidades públicas de grande porte em 2008, para obter um ganho de eficiência sem um aumento na quantidade de recursos.

Quadro 2.2 – Resumo da Análise de Eficiência para o Ensino Superior no Brasil

Autores	Número de Instituições ou cursos analisados	Variáveis de Entrada	Variáveis de Saída	Modelo DEA utilizado	Principal Conclusão
----------------	--	-----------------------------	---------------------------	-----------------------------	----------------------------

Continua na próxima página

Quadro 2.2 – *Continuação da página anterior*

Autores	Número de Instituições ou cursos analisados	Variáveis de Entrada	Variáveis de Saída	Modelo DEA utilizado	Principal Conclusão
Belloni, 2000	33 universidades federais	Corpo Docente; Infraestrutura; Alunado	Variáveis relativas ao Ensino e a Pesquisa	BCC, com orientação a output	As universidades federais, quando pequenas, tendem a ser especializadas e voltadas para as atividades de ensino, com ênfase na quantidade e na qualidade; quando de porte médio, tendem a dar ênfase na produtividade ou na qualidade; quando de porte grande, tendem a dar a mesma ênfase na qualidade e na quantidade.
Façanha e Marinho, 2001	973 instituições de ensino superior	Total de Docentes; Total de Docentes em Tempo Integral; Total de Servidores	Inscrições nos Processos Seletivos; Vagas Oferecidas nos cursos de graduação; Total de Docentes com Doutorado	CCR, com orientação a output	A eficiência das IES municipais é a mais elevada, seguida das IES particulares, estaduais e federais no período analisado. No entanto, houve um declínio da eficiência nas IES particulares, justificado pelo aumento do número de IES particulares.

Continua na próxima página

Quadro 2.2 – *Continuação da página anterior*

Autores	Número de Instituições ou cursos analisados	Variáveis de Entrada	Variáveis de Saída	Modelo DEA utilizado	Principal Conclusão
Borges, 2005	181 cursos de graduação em Administração	Organização didático-pedagógica; Corpo docente; Instalações físicas; Número de vagas oferecidas	Número de formandos; Nota geral no Provão	BCC, com orientação a input	Há uma significativa evasão no ensino superior, o que impacta na eficiência, e as instituições privadas contribuem para que isso ocorra.
Oliveira e Turrioni, 2006	19 IFES	Custo corrente por aluno equivalente; Aluno tempo integral por professor equivalente; Aluno tempo integral por funcionário equivalente; Funcionário equivalente por professor equivalente; Grau de participação estudantil; Grau de envolvimento do discente com a pós-graduação; Índice de qualificação do corpo docente	Conceito CAPES/MEC; Taxa de sucesso na graduação.	CCR, com orientação a input e output	A técnica DEA pode ser aplicada às IFES, e permite uma melhor avaliação das instituições e da gestão dos recursos administrados pelas mesmas.

Continua na próxima página

Quadro 2.2 – Continuação da página anterior

Autores	Número de Instituições ou cursos analisados	Variáveis de Entrada	Variáveis de Saída	Modelo DEA utilizado	Principal Conclusão
Costa, Ramos e Souza, 2012	49 IFES	Custo corrente por aluno equivalente; Aluno tempo integral por docente equivalente; Aluno tempo integral por funcionário equivalente; Índice de qualificação do corpo docente	Razão de alunos formados por alunos matriculados; Conceito CAPES para a pós-graduação	BCC com orientação a output	As instituições com forte atuação no ensino da pós-graduação e na pesquisa, não obtiveram um elevado grau de ineficiência e que seria necessário examinar o que aconteceu com cada IFES separadamente, para só então tecer algum tipo de consideração sobre as causas de suas ineficiências.
Casado, 2012	129 cursos de graduação em Engenharia de Produção	Nota infraestrutura; Nota Organização didático-pedagógica; Nota professores mestres; Nota professores doutores; Nota professores com regime de dedicação integral; Numero de vagas do curso	Nota ENADE; Número de concluintes	CCR com orientação a output	Observou-se que 27 cursos obtiveram eficiência ótima. No entanto, pôde-se observar que apenas o curso da Universidade do Grande ABC realmente alcançou 100% da eficiência.

Continua na próxima página

Quadro 2.2 – Continuação da página anterior

Autores	Número de Instituições ou cursos analisados	Variáveis de Entrada	Variáveis de Saída	Modelo DEA utilizado	Principal Conclusão
Duenhas, 2013	80 universidades públicas	Número de professores em relação ao número de alunos; Receitas das instituições por alunos	Número de alunos formados em relação ao número de alunos matriculados; Número de atividades de extensão pelo número de alunos; Número de pesquisas pelo número de alunos; Qualidade das instituições medida pelo IGC	DEA SBM	Concluiu-se que as universidades brasileiras podem aumentar em 2,8% a quantidade de matrículas a fim de melhorar a eficiência das mesmas, sem aumentar a quantidade de recursos disponíveis.

Todos os trabalhos pesquisados na literatura nacional e internacional buscavam definir um modelo e, então, realizar uma análise de eficiência, comparando universidades, departamentos acadêmicos ou cursos de graduação e pós-graduação. Não foi encontrada uma forma sistemática para identificar o papel das variáveis acadêmicas como de entrada ou de saída com a finalidade de otimizar o desempenho de cada *Decision Making Units* (DMU) sob análise. As variáveis de entrada geralmente aceitas para mensurar o desempenho de instituições universitárias são: Número de alunos em tempo integral, Número de docentes em tempo integral, Instalações físicas, Custos operacionais e salariais. As variáveis de saída normalmente reconhecidas são: Número de diplomados e Número de publicações (THURSBY, 2000; AVKIRAN, 2001).

No entanto, nenhuma destas medidas é a ideal. Por exemplo, o número de graduados mensura a quantidade do produto educacional, mas não a qualidade. A qualidade é melhor avaliada através de resultados de exames (DE WITTE, et. al., 2015). Uma vez que as universidades produzem uma série de saídas, não é fácil medir os resultados obtidos pelas mesmas. Como exemplificado por Salerno (2008): suponha que duas instituições tenham o mesmo número de alunos, mas uma oferece uma excelente educação, enquanto a outra oferece uma educação razoável. Se o número de alunos matriculados fosse usado como saída para medir a produtividade das mesmas, a instituição com o maior número

de alunos por professor seria provavelmente considerada a mais eficiente, o que não é necessariamente verdade.

Através da técnica DEA utilizada neste estudo, pode-se também identificar quais são os cursos de graduação em Engenharia de Produção mais eficientes e ranqueá-los. Porém, há um debate sobre se a qualidade dos cursos pode ser quantificada ou classificada, pois Stella e Woodhouse (2006) apontam que a avaliação de cursos sofre diversas influências, tais como: do conjunto dos indicadores escolhidos, da arbitrariedade em dar ponderações, da inconsistência entre as diferentes classificações, das mudanças na forma de avaliar ao longo do tempo, da dependência de pesquisas de opinião, da validade estatística, da concorrência desleal que ocorre no ensino superior, e dos resultados pseudo-científicos. *Rankings* mal formulados podem enviar informações enganosas e conclusões simplistas podem ser feitas. Por exemplo, um aumento da classificação não corresponde necessariamente a uma melhora na qualidade do ensino prestado por uma determinada instituição (RAUHVARGERS, 2011).

Como as universidades têm missões diferentes, e, portanto, estão focadas em uma infinidade de escolhas tecnológicas e estratégicas, as quais podem determinar a posição de cada uma dentro do sistema de ensino superior, isso seria capaz de explicar as diferenças de desempenho entre as mesmas. Os sistemas de classificação educacional existentes criam *rankings* universitários multidimensionais globais sem reconhecer a diversidade das instituições, promovendo a preferência para certas universidades (MARGINSON et. al., 2007).

Devido a estes motivos, o presente estudo não focou no ranqueamento dos cursos de graduação em Engenharia de Produção, tendo por base o valor da eficiência de cada curso, e sim, através da técnica DEA, identificar em cada curso, qual seria o papel das variáveis acadêmicas divulgadas pelo exame Enade e pelo Censo da Educação Superior, com a intenção de atingir o desempenho máximo neste exame.

3 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA

3.1 Produtividade, eficácia e eficiência

O primeiro conceito a ser desenvolvido para a compreensão das técnicas disponíveis para o cálculo de eficiência, é a respeito da intitulação das unidades organizacionais analisadas para avaliar a produção das operações. Se várias organizações desenvolvem atividades semelhantes, pode-se comparar as suas produtividades e investigar porque razão umas são mais produtivas do que outras.

De forma genérica, uma organização é mais produtiva porque tomou decisões que lhe permitem aproveitar melhor os recursos. Essas decisões podem ser o uso de uma tecnologia mais avançada, a contratação de mão-de-obra mais qualificada, melhores técnicas gerenciais, dentre outras. O importante é que uma maior produtividade é, via de regra, decorrente de alguma decisão tomada.

Portanto, do ponto de vista deste tipo de análise, as unidades produtoras tomam decisões e, por isso são denominadas de Unidades Tomadoras de Decisões – DMU. De acordo com Casa Nova (2002), uma DMU pode ser definida como toda organização que transforma um conjunto dados de entradas (*inputs*) em conjunto dados de saídas (*outputs*), conforme é sintetizado pela Figura 3.1

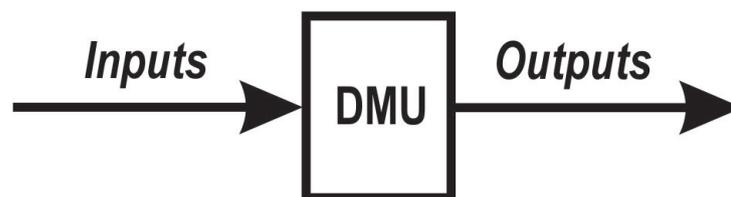


Figura 3.1: Representação de uma DMU

Fonte: Casa Nova (2002)

Uma DMU pode ser representada por um grupo empresarial, uma empresa individual ou uma unidade administrativa, do setor produtivo, de serviço ou até mesmo do setor público, podendo ou não visar lucro (KATHARAKI, 2010).

Uma das formas para avaliar o desempenho de uma DMU é correlacionando os *outputs* e os *inputs* do sistema analisado. A razão entre os *outputs* e os *inputs* de uma DMU é denominado produtividade (CAMPOS, 2004). Logo, a produtividade de uma

DMU com um único *input* e um único *output* pode ser calculada pela Equação 3.1.

$$\mathbf{Produtividade} = \frac{\mathbf{O}}{\mathbf{I}} \quad (3.1)$$

Em que:

O: Quantidade de *output*;

I: Quantidade de *input*.

Porém, devido à complexidade do processo de produção, para DMUs de qualquer natureza, exige-se um procedimento matemático que contempla a situação onde uma DMU pode apresentar múltiplos *inputs* e múltiplos *outputs*. O primeiro trabalho na literatura referente ao cálculo da produtividade de uma DMU com múltiplos *inputs* e múltiplos *outputs* foi proposto por Knight (1933) sendo citado por Lovell (2008).

Segundo Lovell (2008), a fórmula de Knight (1933) pode ser compreendida como o cálculo da produtividade para um único *input* virtual e um único *output* virtual. *Input* virtual e o *output* virtual são definidos, respectivamente, como uma combinação linear de todos os *inputs* e de todos os *outputs* referentes a uma DMU. Desse modo, a produtividade pode ser calculada pela Equação 3.2.

$$\mathbf{Produtividade} = \frac{\mathbf{u}_1\mathbf{y}_1 + \mathbf{u}_2\mathbf{y}_2 + \cdots + \mathbf{u}_j\mathbf{y}_j}{\mathbf{v}_1\mathbf{x}_1 + \mathbf{v}_2\mathbf{x}_2 + \cdots + \mathbf{v}_i\mathbf{x}_i} = \frac{\mathbf{O}_v}{\mathbf{I}_v} \quad (3.2)$$

Em que:

\mathbf{u}_j : Coeficiente de importância do *output* j ;

\mathbf{y}_j : Quantidade do *output* j ;

\mathbf{v}_i : Coeficiente de importância do *input* i ;

\mathbf{x}_i : Quantidade do *input* i ;

\mathbf{O}_v : *Output* virtual;

\mathbf{I}_v : *Input* virtual

Outros conceitos que fazem comparação entre DMUs são a eficácia e a eficiência. A eficácia está ligada apenas ao que é produzido, sem levar em conta os recursos utilizados para a produção. Eficácia é a capacidade de uma unidade produtiva atingir a produção que tinha como meta. Esta meta tanto pode ter sido estabelecida pela própria DMU em análise ou externamente. Aliás, um decisor pode julgar que um processo de produção é eficaz, e outro ter uma opinião contrária, dependendo das expectativas de cada um. Já eficiência é um conceito relativo. Compara o que foi produzido, dado os recursos

disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos. Soares de Mello et. al. (2005) resumem bem esses conceitos ao relacionar eficácia à quantidade produzida, produtividade à razão entre produtos e recursos e enfatizar que a eficiência tem relação com comparações entre produtividades. Com base nisso, uma DMU eficiente é aquela com a maior produtividade dentre as DMUs analisadas.

O economista e sociólogo italiano Vilfredo Pareto (1848-1923) foi um dos primeiros a estudar o conceito de eficiência. A eficiência de Pareto consiste na seguinte definição: se houver uma maneira de melhorar a situação de uma pessoa sem piorar a de outra, haverá uma melhoria de Pareto. Se uma alocação puder realizar uma melhoria de Pareto, ela é dita Pareto-ineficiente. A questão que se levanta é: se há um modo de melhorar alguém sem prejudicar ninguém, por que não o fazer? Se não puder ser feita nenhuma melhoria de Pareto, então a alocação é dita Pareto-eficiente (VARIAN, 2006).

A primeira medida de eficiência técnica surgiu do trabalho de Debreu (1951). A medida intitulada “coeficiente de utilização de recursos” é uma medida radial, orientada para o uso de recursos e calcula a maior redução equiproporcional de todos os insumos sem alterar a quantidade do produto (único). Entretanto, o trabalho que ganhou repercussão na Teoria da Produção, e influenciou significativamente os trabalhos sobre eficiência e produtividade foi o de Farrell (1957).

Baseado no trabalho de Debreu, Farrell construiu uma fronteira linear por partes baseada nas observações. Essa fronteira é calculada usando sistemas de equações lineares, possibilitando definir as unidades eficientes e as não eficientes, e decompõe a medida de eficiência em duas componentes: uma técnica e outra alocativa. O diagrama de Farrell, que está representado na Figura 3.2, auxilia no entendimento das medidas de eficiência.

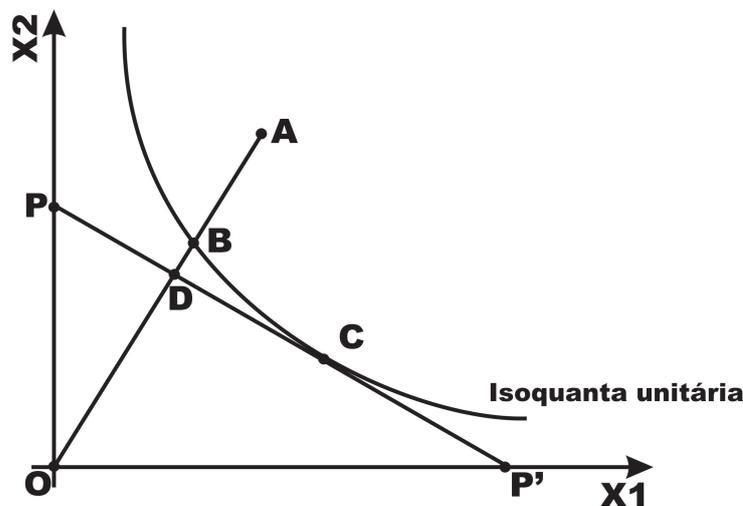


Figura 3.2: Diagrama de Farrell

Fonte: Farrell (1957)

De acordo com a Figura 3.2, são dados dois insumos, x_1 e x_2 , utilizados para gerar um produto qualquer. A linha PP' representa a razão ótima dos preços relativos dos insumos. Pode-se definir como medidas de eficiência as distâncias radiais a partir da origem O . As unidades B e C são eficientes na utilização de recursos, pois estão sobre a curva de máxima produção (Isoquanta unitária), no entanto, somente a unidade C é eficiente tanto na utilização de recursos, quanto em relação aos preços. Assim pode-se dizer que C é eficiente técnica e alocativamente.

Assim, eficiência da unidade A pode ser calculada da seguinte forma:

- Eficiência técnica: é dada pela razão $\frac{\overline{OB}}{\overline{OA}}$ e está associada à utilização de recursos;
- Eficiência alocativa: é dada pela razão $\frac{\overline{OD}}{\overline{OA}}$ e está associada aos preços dos insumos;
- Eficiência econômica global: é dada pela razão $\frac{\overline{OB}}{\overline{OD}}$ ou $\frac{\overline{OB}}{\overline{OA}} \times \frac{\overline{OA}}{\overline{OD}}$

A eficiência técnica é definida como a capacidade de produzir uma certa quantidade de produto com o mínimo de insumos. Já a eficiência alocativa é descrita como um reflexo da capacidade de absorver as entradas em uma proporção ótima, considerando os custos dos insumos. A combinação da eficiência técnica e alocativa constitui a eficiência econômica global (COELLI et. al., 2002).

Enquanto os conceitos de Pareto e Koopmans estão ligados à economia como um todo, a medida de Farrell possibilitou analisar o desempenho das unidades em relação às saídas e entradas utilizadas. O trabalho empírico de Farrell ficou restrito a casos de somente um produto, embora tivesse tentado estender para os casos com mais de um produto (COOPER et al., 2004). A medida radial é conhecida em grande parte da literatura como medida de eficiência Debreu-Farrell.

Assim, a medida de Debreu-Farrell traz um novo conceito de eficiência técnica: é a máxima redução (nas entradas) ou expansão (nas saídas) possível dentro da tecnologia mantendo a mesma produção ou o mesmo consumo, dependendo da orientação. Embora seja largamente utilizada, a definição de eficiência técnica de Debreu-Farrell não coincide com a definição de eficiência técnica de Pareto-Koopmans. A eficiência técnica Debreu-Farrell é necessária, mas não é suficiente para se obter a eficiência técnica segundo Pareto-Koopmans (FRIED, LOVELL e SCHMIDT, 2008).

Para entender as diferenças entre os dois conceitos, tem-se representado na Figura 3.3 os conjuntos de possibilidades de produção para dois insumos.

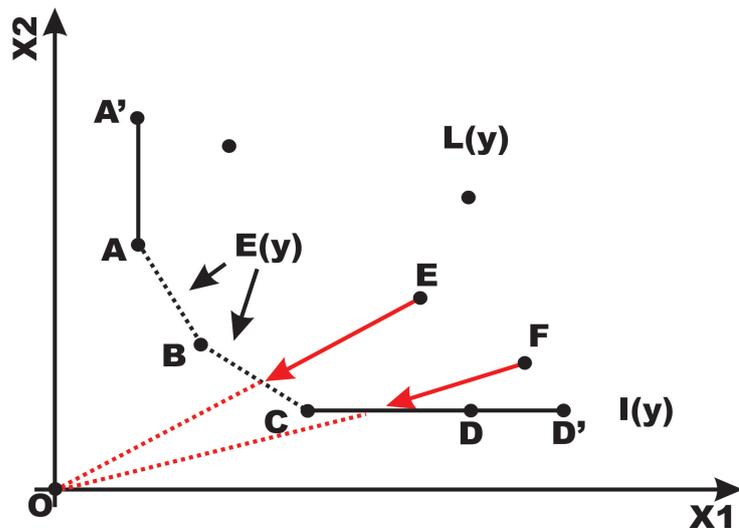


Figura 3.3: Eficiência Técnica

Fonte: Fried, Lovell e Schmidt, 2008

O subconjunto eficiente $E(y)$ atende ao conceito de Pareto-Koopmans, uma vez que os seus planos de operação A, B e C não possuem desperdício de recursos. Já a unidade D poderia produzir a mesma quantidade (se mantendo na isoquanta $I(y)$), porém utilizando menos do insumo X_1 . Assim a unidade D pode ser considerada eficiente segundo Debreu-Farrell, por não comportar mais reduções radiais, mas não é eficiente segundo Pareto-Koopmans.

Comumente diz-se que as unidades A, B e C são ótimos de Pareto e D é uma unidade Pareto dominada. Para se situar no conjunto eficiente, a unidade E precisa reduzir radialmente seus insumos, de acordo com a definição Debreu-Farrell. Já a unidade F, reduzindo radialmente seus insumos alcança a eficiência Debreu-Farrell, mas não atende ao conceito de eficiência Pareto-Koopmans, pois mesmo estando na isoquanta, ainda possui excesso do insumo X_1 .

Verifica-se, então, que a medida de eficiência Debreu-Farrell não contempla todas as ineficiências presentes nos planos de operação. Entretanto a medida de Farrell foi de extrema importância para alavancar os estudos de eficiência e de estimação de fronteiras de produção.

3.2 Técnicas para o cálculo da Eficiência

Segundo Lorenzetti (2004), a eficiência de uma DMU pode ser obtida por meio de dois tipos de abordagens: as paramétricas e as não-paramétricas. A abordagem paramétrica possui duas técnicas para o cálculo da eficiência: a técnica de Mínimos Quadrados

Ordinários Corrigidos (*Corrected Ordinary Least Squares* (COLS)) e a técnica de Análise de Fronteira Estocástica (*Stochastic Frontier Analysis* (SFA)), que têm como objetivo avaliar a eficiência tomando como base uma função de produção específica, relacionando variáveis independentes às variáveis dependentes. De acordo com o autor, o grande problema destas técnicas é que elas apresentam como resultado uma função produção média, e não uma função produção máxima, pois não contemplam os princípios teóricos sobre uma fronteira de produção.

Ao contrário do que ocorre com as abordagens paramétricas, cujo objetivo configura-se em otimizar um único plano de regressão através dos dados, na abordagem não-paramétrica cada observação individual é otimizada com o objetivo de calcular uma fronteira discreta pedaço a pedaço, determinada pelo conjunto das DMUs Pareto eficientes. Na verdade, tanto a abordagem paramétrica quanto a não-paramétrica utilizam toda a informação contida nos dados. No entanto, a abordagem não-paramétrica otimiza a medida de desempenho de cada DMU, em vez da descrição de uma DMU média. O foco da abordagem não-paramétrica está nas observações individuais, em contraste com o foco nas médias e estimações de parâmetros que estão associados com abordagens de uma única otimização estatística (CHARNES, 1994).

Assim como na abordagem paramétrica, a abordagem não-paramétrica possui duas técnicas para o cálculo da eficiência: a técnica de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* (DEA)) e a técnica de Análise Envoltória de Dados Estocástica (*Stochastic Data Envelopment Analysis* (SDEA)), conforme é sintetizado no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Técnicas para o cálculo da Eficiência

Modelo Abordagem	Determinístico	Estocástico
Paramétrica	Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos (COLS, <i>Corrected Ordinary Least Squares</i>)	Análise de Fronteira Estocástica (SFA, <i>Stochastic Frontier Analysis</i>)
Não-Paramétrica	Análise Envoltória de Dados (DEA, <i>Data Envelopment Analysis</i>)	Análise Envoltória de Dados Estocástica (SDEA, <i>Stochastic Data Envelopment Analysis</i>)

O modelo determinístico não faz suposições sobre a distribuição das ineficiências. Uma desvantagem deste modelo é que ele não fornece estimativas de significância dos parâmetros analisados (GEVA-MAY, 2001). Já o modelo estocástico é baseado na premissa de que os desvios da função de produção são uma consequência não apenas da ineficiência, mas também dos resíduos decorrentes de erros de mensuração e ruídos estatísticos. O objetivo do modelo estocástico, é, por conseguinte, separar estes resíduos em dois componentes: o resultado de uma ineficiência e um erro aleatório. Na prática isto envolve

assumir uma distribuição específica para cada componente. Os métodos estocásticos, portanto, têm a vantagem da eficiência medida ao incorporar os erros de medição. Métodos determinísticos, ao contrário, assumem que qualquer desvio no produto observado, a partir da fronteira de produção é apenas uma consequência da ineficiência (ONDRICH et al., 2001).

3.2.1 Análise de Fronteira Estocástica

A técnica de Análise de Fronteira Estocástica (SFA), desenvolvida por Aigner et al. (1977), impõe uma forma funcional entre o conjunto das variáveis explicativas (*inputs*) e as variáveis dependentes (*outputs*). Por ser uma técnica paramétrica, o que implica na ocorrência de erros estocásticos nos dados, o conjunto de resíduos que atribuem às observações usadas na estimativa dos parâmetros dependentes são decompostos em dois componentes: o primeiro é um componente não normal que reflete na eficiência, e o segundo é um componente normal análogo aos resíduos que são gerados por uma análise de regressão estatística, conforme representado na Equação 3.3.

$$\mathbf{y}_i = \boldsymbol{\alpha} + \boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}_i + \phi_i \pm \mathbf{t}_i \quad (3.3)$$

Nesta equação, \mathbf{y}_i denota a variável dependente da unidade i avaliada, $\boldsymbol{\alpha}$ é o termo independente da função de regressão, $\boldsymbol{\beta}'$ refere ao vetor de parâmetros a ser estimado, \mathbf{x}_i é o vetor de insumos utilizados pela i -ésima unidade produtora, ϕ_i denota o ruído atribuído a erros de medição pela i -ésima unidade avaliada e é normalmente distribuído, e \mathbf{t}_i é um segundo termo residual que destina a captar as diferenças das eficiências nas observações da i -ésima unidade. Este último termo é adicionado ou subtraído aos outros termos se uma função de custo ou de produção está sendo estimada, respectivamente. A presença de resíduos permite que uma ferramenta de inferência estatística possa ser empregada, e isto é considerado como uma vantagem desta técnica.

Com isso, a técnica de SFA permite estimar a eficiência para cada unidade de observação, que, combinados com a estimativa de parâmetros, permite calcular o potencial de economia de escala. Devido a esta característica, esta técnica tornou-se popular entre os economistas da área de educação. Assim, numerosas aplicações da SFA na educação podem ser encontradas na literatura (ABBOTT et al., 2009; JOHNES, 2014; JOHNES, et al., 2008; JOHNES et al., 2011; MCMILLAN et al., 2006; STEVENS, 2005; ZOGHBI, et al., 2013).

3.2.2 Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos

A técnica de Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos (COLS) foi inicialmente proposta por Richmond (1974). Esta técnica se processa em duas etapas.

Na primeira etapa, estima-se os parâmetros para a função de produção utilizando a técnica de otimização matemática denominada de Mínimos Quadrados Ordinários (*Ordinary Least Squares* (OLS)). Esta técnica procura encontrar o melhor ajustamento para um conjunto de dados de forma a minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre a função de regressão ajustada e os dados (chamados de resíduos), conforme ilustra a Figura 3.4.

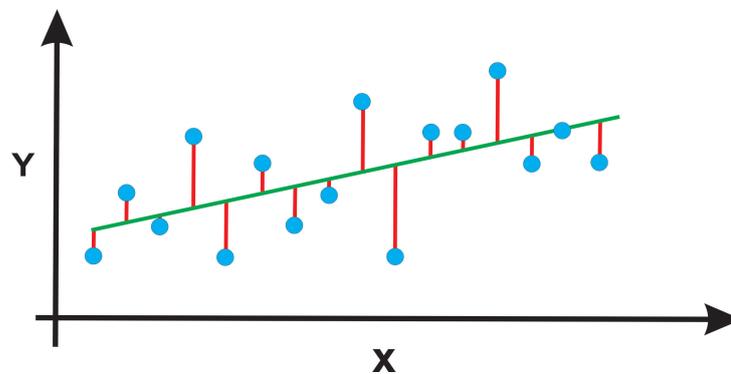


Figura 3.4: Fronteira de Produção estimada pela técnica OLS

Fonte: Ribeiro, 2009

Nesta figura, tem-se os valores observados das variáveis representados pelos pontos azuis e a reta de regressão em verde. Para cada valor real observado da variável independente (variável X), há dois valores: o Y da variável dependente previsto pela função de regressão e o Y', valor real observado das variáveis. A diferença entre estas duas variáveis é o valor residual, representado pelas retas vermelhas (distâncias verticais de cada um dos pontos em relação à curva de regressão). Assim sendo, a técnica OLS tem como premissa, para a estimação da reta de regressão, a minimização dos quadrados desses valores residuais.

Na segunda etapa, a função de regressão estimada pela técnica OLS é ajustada até que todos os resíduos (diferenças entre Y e Y') sejam positivos, exceto para as unidades consideradas eficientes, as quais o resíduo é igual a zero. Assim, a função de regressão é deslocada até o plano de produção da unidade que apresentar a maior produtividade média dentro do grupo analisado, de tal forma que as observações estejam abaixo ou sobre a função, com pelo menos uma observação pertencendo a ela. Esse ajuste da equação estimada torna a fronteira (equação ajustada) determinística, uma vez que toda projeção de uma unidade qualquer à fronteira encontrará apenas um único ponto sobre ela, conforme ilustra a Figura 3.5.

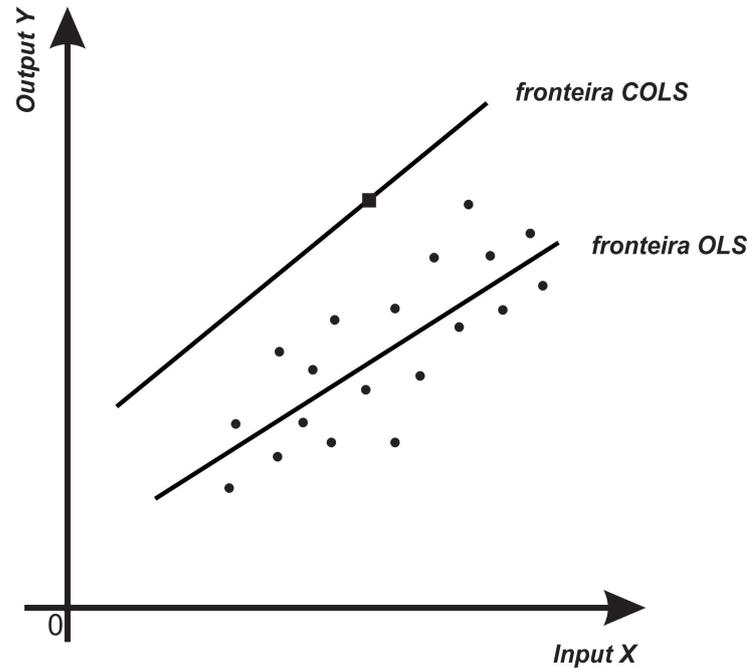


Figura 3.5: Fronteiras de Produção estimadas pelas técnicas OLS e COLS

Fonte: Pessanha e Souza, 2003

Segundo Deutsch et. al. (2013), a técnica COLS raramente tem sido usada para analisar a eficiência na educação, no entanto, eles citam alguns autores que trabalharam com esta técnica para mensurar o desempenho em instituições de ensino, tais como: BARBETTA et. al., 2003; DE WITTE, et. al, 2013; DOLTON, et. al., 2001; IZADI, et. al., 2002.

3.2.3 Análise Envoltória de Dados

Desde o final da década de setenta, a técnica conhecida como Análise Envoltória de Dados (DEA) é utilizada na avaliação da eficiência produtiva de unidades educacionais. A própria origem da DEA está em um trabalho voltado para a avaliação da eficiência de programas escolares no Estado do Texas – EUA (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978). Esta técnica verifica se cada DMU opera de maneira eficiente ou não, relativamente a um elenco específico de recursos utilizados e de resultados obtidos, em comparação com as DMUs consideradas similares por seus administradores, sem a necessidade de conhecer *a priori* qualquer relação de importância (pesos) entre as variáveis consideradas.

A técnica de Análise Envoltória de Dados, uma abordagem não-paramétrica, é subdividida em duas técnicas para o cálculo da eficiência: uma determinística, denominada de Análise Envoltória de Dados (DEA) e uma estocástica, denominada de Análise Envoltória de Dados Estocástica (SDEA). Esta última tem por objetivo acomodar as influências de

variáveis estocásticas na eficiência. O que a torna vantajosa em relação a DEA é o fato de a SDEA pressupor que nem todos os desvios da fronteira de produção são devidos a ineficiência. Em essência, a SDEA maximiza eficiência de cada DMU, atribuindo uma função de probabilidade para cada restrição a ser satisfeita (SARAFIDES, 2002).

Como resultado, tem-se diferentes índices de eficiência para cada DMU, de acordo com a probabilidade que é atribuída nas restrições. Assim, quanto maior a probabilidade de uma restrição ser satisfeita para uma DMU, menor será a distância entre esta DMU e a fronteira SDEA. Devido a ruído nos dados, algumas DMUs irão situar-se acima da fronteira de produção, e portanto, elas poderão ser caracterizadas como "super-eficientes".

A técnica SDEA tem sido pouco utilizada no meio acadêmico, pois o principal problema desta técnica é a introdução do modelo probabilístico, o que pode tornar os resultados muito sensíveis devido a uma variação dos dados amostrais (SARAFIDES, 2002).

Assim como a técnica SDEA, a DEA é capaz de avaliar organizações complexas a partir da sua eficiência comparativa, na qual não seja e não se deseja converter todas as variáveis a uma unidade de medida, tendo em vista um único aspecto, geralmente o financeiro.

Organizações complexas são aquelas que:

- Utilizam insumos múltiplos e/ou produzem produtos/serviços múltiplos;
- Realizam a transformação de insumos em produtos com tecnologia desconhecida;
- Cujos preços dos insumos ou produtos sejam de difícil mensuração (FAÇANHA et. al., 2001).

Isto possibilita o uso desta técnica no setor público, onde muitas vezes não é possível realizar esta mensuração. A eficiência comparativa vem da utilização de dados observados das próprias DMUs avaliadas, e não de metas estabelecidas (FAÇANHA et. al., 2001).

A literatura apresenta dois modelos para o cálculo da eficiência por meio da técnica DEA: o modelo CCR e o modelo BCC. A diferença entre esses dois modelos é que o CCR calcula a eficiência técnica e o BCC calcula a eficiência econômica global.

Charnes, Cooper e Rhodes (1978) desenvolveram o primeiro modelo matemático para a técnica DEA. O modelo CCR recebeu esse nome em homenagem aos seus autores, porém ele também é conhecido como modelo de retornos constantes a escala (CRS), isto é, qualquer variação nas entradas (*inputs*) produz uma variação proporcional nas saídas (*outputs*).

Segundo Biondi Neto (2001), a característica essencial do modelo CCR é a redução de múltiplos produtos e múltiplos insumos, de cada DMU, para um único produto virtual e um único insumo virtual. Para uma DMU, a razão entre esse produto virtual e o insumo virtual fornece uma medida de eficiência, que é denominada de função dos multiplicadores. Essa função, que será maximizada, forma a função-objetivo para que a DMU Observada (DMU O) seja avaliada.

A eficiência técnica da DMU O será obtida através de um PPNL (Problema de Programação Não-Linear), utilizando a fórmula das Equações 3.4 a 3.7.

$$\mathbf{Max} \quad h_o = \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jo}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{io}} \quad (3.4)$$

Sujeito a

$$\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1, \quad \forall \quad k = 1, \dots, n \quad (3.5)$$

$$u_j \geq 0, \quad \forall \quad j = 1, \dots, s \quad (3.6)$$

$$v_i \geq 0, \quad \forall \quad i = 1, \dots, r \quad (3.7)$$

Onde:

h_o : eficiência da DMU O (DMU Observada);

s : quantidade total de *outputs*;

r : quantidade total de *inputs*;

u_j : peso referente ao *output j*;

y_{jo} : quantidade de *output j* para a DMU O;

v_i : peso referente ao *input i*;

x_{io} : quantidade de *input i* para a DMU O;

y_{jk} : quantidade de *output j* para a DMU k ;

x_{ik} : quantidade de *input i* para a DMU k ;

n : quantidade total de DMU.

Na solução deste problema de otimização, a eficiência da DMU O é maximizada sob a condição de que a eficiência de cada uma das unidades não exceda o valor 1. Assim, uma DMU n será considerada eficiente, sob o ponto de vista da DMU O, quando sua medida de eficiência relativa (calculada com as taxas de substituição da DMU O) for igual a 1, e considerada ineficiente quando esta medida for menor do que 1.

O modelo definido nas Equações 3.4 a 3.7 caracteriza-se por um problema de programação fracional, que pode ser transformado alterando a função objetivo da Equação 3.4, na qual resulta em dois problemas de programação linear: um que minimiza o consumo agregado, mantendo constante a produção agregada (orientação a *input*), e outro que mantém constante o consumo agregado e busca maximizar a produção agregada (orientação a *output*). Este último é formulado pelas Equações 3.8 a 3.11.

$$\mathbf{Min} \quad \mathbf{h}_o = \sum_{i=1}^r \mathbf{v}_i \mathbf{x}_{io} \quad (3.8)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^s \mathbf{u}_j \mathbf{y}_{jo} = \mathbf{1} \quad (3.9)$$

$$\sum_{j=1}^s \mathbf{u}_j \mathbf{y}_{jk} - \sum_{i=1}^r \mathbf{v}_i \mathbf{x}_{ik} \leq \mathbf{0}, \quad \forall \quad \mathbf{k} = \mathbf{1}, \dots, \mathbf{n} \quad (3.10)$$

$$\mathbf{u}_j \geq \mathbf{0}, \quad \forall \quad \mathbf{j} = \mathbf{1}, \dots, \mathbf{s} \quad (3.11)$$

As formulações das Equações 3.8 a 3.11 são chamados problemas dos multiplicadores, pois os vetores \mathbf{u}_j e \mathbf{v}_i expressam as taxas de substituição entre recursos e entre resultados que definem a fronteira de eficiência na qual a DMU \mathbf{O} é projetada. O conceito de desempenho que está sendo mensurado em cada um destes vetores torna-se mais claro quando se analisa seu respectivo problema dual, representado nas Equações 3.12 a 3.15.

$$\mathbf{Max} \quad \mathbf{h}_o \quad (3.12)$$

Sujeito a

$$-\mathbf{x}_{io} + \sum_{k=1}^n \mathbf{x}_{ik} \lambda_k \leq \mathbf{0}, \quad \forall \quad \mathbf{i} = \mathbf{1}, \dots, \mathbf{r} \quad (3.13)$$

$$\mathbf{h}_o \mathbf{y}_{jo} - \sum_{k=1}^n \mathbf{y}_{jk} \lambda_k \leq \mathbf{0}, \quad \forall \quad \mathbf{j} = \mathbf{1}, \dots, \mathbf{s} \quad (3.14)$$

$$\lambda \in \mathfrak{R}, \quad \lambda_k \geq \mathbf{0}, \quad \forall \quad \mathbf{k} = \mathbf{1}, \dots, \mathbf{n} \quad (3.15)$$

A região de viabilidade das Equações 3.12 a 3.15 caracteriza o conjunto de possibilidades de produção associado ao vetor de consumo da DMU observada. A variável λ_k representa o coeficiente dos planos de operação das entradas (\mathbf{x}_k) e saídas (\mathbf{y}_k) nas combinações lineares que definem a tecnologia de produção.

O valor ótimo para \mathbf{h}_o na Equação 3.12, representado por \mathbf{h}_o^* , é a expansão máxima possível no vetor de resultados da DMU observada, mantendo-se constante o vetor de

recursos utilizados. Se $h_o^*=1$, então nenhuma expansão é possível e a DMU \mathbf{O} é dita eficiente de acordo com o conjunto de possibilidades de produção. Se $h_o^*>1$, então a DMU \mathbf{O} é dita ineficiente e seus resultados podem ser expandidos de \mathbf{y}_o para $h_o^*\mathbf{y}_o$ sem acréscimo de recursos. O valor h_o^* define o indicador da eficiência produtiva da DMU \mathbf{O} , orientado para o aumento da produção de resultados.

O modelo BCC foi desenvolvido em 1984 por Banker, Charnes e Cooper (1984) e incorpora ao modelo CCR os conceitos de economia de escala. Dessa maneira, o modelo BCC pode ser intitulado como o modelo de retornos variáveis a escala (VRS), sejam eles crescentes, decrescentes ou constantes. Este modelo propõe comparar apenas DMUs que operam em escala semelhante. Assim, a eficiência de uma DMU é obtida dividindo-se sua produtividade pela maior produtividade dentre as DMUs que apresentam o mesmo tipo de retorno a escala, permitindo que a produtividade máxima varie em função da escala de produção.

O problema dual do Modelo BCC se diferencia do seu equivalente no Modelo CCR pela adição da restrição $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$. Com essa restrição, o modelo não admite que os planos de operação sejam expandidos ilimitadamente ou contraídos até a origem, caracterizando a hipótese de retornos variáveis à escala de operação.

Uma análise dos problemas duais permite uma comparação entre os modelos CCR e BCC. Esses problemas têm a mesma função objetivo e distinguem-se por regiões de viabilidade distintas. A região viável do BCC é mais restrita em função da restrição de convexidade imposta às combinações dos planos de operação, e esta distinção traduz as diferentes hipóteses de retornos à escala de operação adotadas. Em consequência, o indicador da eficiência técnica obtido com o Modelo BCC é menor ou igual ao indicador da eficiência técnica obtido com o Modelo CCR, e a diferença entre eles está associada ao tipo de retorno à escala de produção da DMU sob análise.

Segundo Almeida, et. al.(2006), existem três tipos de retorno à escala de produção: (a) crescente; (b) constante; e (c) decrescente.

- (a) No retorno crescente, o aumento no número de *inputs* ocasiona um aumento desproporcionalmente maior no número de *outputs*, o que ocorre quando uma DMU está operando acima da capacidade ótima;
- (b) No retorno constante, o aumento do número de *inputs* ocasiona um aumento proporcional nos *outputs*, o que ocorre quando uma DMU está operando na capacidade ótima;
- (c) No retorno decrescente, o aumento do número de *inputs* ocasiona um aumento desproporcionalmente menor no número de *outputs*, o que ocorre quando uma DMU está operando abaixo da capacidade ótima.

Retorno variável à escala significa que as DMUs podem apresentar qualquer um destes três tipos de retorno de escala.

3.2.3.1 Objetivos da DEA

Os principais objetivos da técnica DEA, podem ser resumidos, conforme Gomes (2001):

- Comparar um certo número de DMUs que realizam tarefas similares e se diferenciam nas quantidades de *inputs* que consomem e de *outputs* que produzem;
- Determinar a eficiência relativa das DMUs, contemplando cada uma, relativamente a todas as outras que compõem o grupo a ser estudado. Assim, sob determinadas condições, DEA pode ser usada como uma ferramenta multicritério de apoio à decisão;
- Subsidiar estratégias de produção que maximizam a eficiência das DMUs avaliadas, corrigindo as ineficientes através da determinação de alvos;
- Estabelecer taxas de substituição entre as entradas, entre as saídas e entre entradas e saídas, permitindo a tomada de decisões gerenciais;
- Considerar a possibilidade de um *outlier*⁷ não representar apenas desvio em relação ao comportamento “médio”, mas um possível *benchmark*⁸ a ser analisado pelas demais DMUs. Os *outliers* podem representar as melhores práticas dentro do universo investigado.

Com relação às limitações da técnica DEA, Azambuja (2002) apresenta algumas limitações:

1. Pode ocorrer erros de medição nos valores das variáveis, e com isso, comprometer o resultado, devido a técnica ser determinística;
2. A inclusão de uma nova DMU no grupo analisado influencia o resultado, podendo reduzir os índices de eficiência já estabilizados;

⁷*outlier* (fora de série): Algo que está afastado ou é classificado diferente de um corpo principal. Observação estatística cujo valor na amostragem é marcadamente diferente dos demais (GLADWELL, 2008).

⁸*benchmark* (referência): É definido como "o processo contínuo de medir produtos, serviços e práticas contra os concorrentes mais difíceis ou as empresas reconhecidas como líderes em um determinado setor"(CAMP, 1989). Costa (2006) exorta a importância desta concepção como um conjunto de indicadores que efetivamente apoia as empresas na criação de medidas de melhoria.

3. Os resultados obtidos com a DEA são enviesados⁹ com a inclusão ou exclusão de insumos e de produtos;
4. A relação entre a habilidade de discriminação das DMUs e o aumento do número de variáveis no modelo é inversamente proporcional, tendo em vista o aumento das relações dimensionais entre produtos, insumos e DMUs na formação da fronteira de produção. Quando há muitas variáveis no modelo, sejam elas insumos ou produtos, a tendência é que se tenha muitas DMUs sobre a fronteira;
5. A adição de uma DMU extra não pode resultar em aumento da eficiência técnica das DMUs. Todavia, pode resultar em aumento da ineficiência;
6. A DEA faz uso de programação linear para cada DMU, em virtude disso, problemas extensos podem exigir um tempo computacional elevado.

Adicionalmente, Badin (1997) afirma que a DEA possui como limitação a quantidade de DMUs analisadas, o que exige que o número de DMUs seja, no mínimo, igual ao dobro do número de insumos e produtos considerados para que o modelo apresente resultados consistentes.

3.3 DEA com Variáveis Não-Discrecionárias

Variáveis não-discrecionárias, ou variáveis contextuais, são aquelas que não estão sujeitas ao controle de gestão, mas que precisam ser consideradas na obtenção do índice de eficiência, por interferirem significativamente neste índice, e por consequência, no desempenho acadêmico. Uma das principais e mais polêmicas conclusões do relatório de Coleman (1966) era que os recursos educacionais explicavam apenas 10% da eficiência acadêmica, enquanto que 90% dessa eficiência dependia das variáveis econômicas e do ambiente familiar em que os alunos estavam inseridos. O principal foco na literatura sobre eficiência educacional tem sido estudar, através de diferentes abordagens metodológicas, a influência das variáveis econômicas estruturais, institucionais e socioeconômicas no desempenho acadêmico (WORTHINGTON, 2001).

Assim como acontece com as variáveis discrecionárias, pode-se identificar diferentes categorias de variáveis não-discrecionárias no ambiente familiar, institucional e comunitário no qual o estudante está inserido. Mesmo que não-discrecionárias, é importante ressaltar que tais variáveis podem refletir na medida de eficiência.

⁹A eficiência observada é sempre maior do que a eficiência real. Isso ocorre porque existe a tendência de selecionar determinadas variáveis em detrimento de outras. Normalmente obtém-se resultados enviesados quando existe a intervenção do fator humano.

Algebricamente, representa-se a seguinte formulação modificada do modelo CCR orientado a *output*, referentes as equações 3.12 a 3.15, incluindo o conjunto de variáveis não-discricionárias.

$$\mathbf{Max} \quad \mathbf{h}_o + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^r \mathbf{S}_i^- + \sum_{r \in D} \mathbf{S}_o^+ \right) \quad (3.16)$$

Sujeito a

$$\mathbf{x}_{io} = \sum_{i=1}^r \mathbf{x}_{ik} \lambda_k + \mathbf{S}_i^- \quad (3.17)$$

$$\mathbf{y}_{jo} = \sum_{j=1}^s \mathbf{y}_{jk} \lambda_k - \mathbf{S}_o^+, \quad \mathbf{o} \in \mathbf{ND} \quad (3.18)$$

$$\mathbf{h}_o \mathbf{y}_{jo} = \sum_{j=1}^s \mathbf{y}_{jk} \lambda_k - \mathbf{S}_o^+, \quad \mathbf{r} \in \mathbf{D} \quad (3.19)$$

$$\lambda_k \geq \mathbf{0}, \quad \forall \quad \mathbf{k} = \mathbf{1}, \dots, \mathbf{n} \quad (3.20)$$

Os símbolos D e ND referem-se aos conjuntos de insumos "discricionários" e "não-discricionários", respectivamente. Nota-se que a variável \mathbf{h}_o não é aplicada na restrição 3.18, isso porque esta é exogenamente¹⁰ fixa e, por conseguinte, não é possível variá-la ao critério do gestor. Isto é reconhecido por introduzir todas variáveis pelo valor fixo (observado).

Na função objetivo 3.16, o símbolo $\varepsilon > \mathbf{0}$ mensura as variáveis de folga (\mathbf{S}_i^- , relacionada a cada *input* \mathbf{i} e \mathbf{S}_o^+ , relacionada a quantidade de total *output*) que serão tratadas em uma segunda fase, de forma que não perturbe a maximização de \mathbf{h}_o em atingir um valor ótimo \mathbf{h}_o^* . Nota-se também que a variável de folga \mathbf{S}_o^+ , $\mathbf{o} \in \mathbf{ND}$ é omitida da função objetivo. Assim, os insumos não-discricionários não entram diretamente nas medidas de eficiência que estão sendo otimizadas, no entanto, eles podem afetar no cálculo da eficiência em virtude da presença nas restrições.

A fim de esclarecer melhor a maneira em que as variáveis não-discricionárias afetam na eficiência, tem-se o seguinte modelo multiplicador, derivado das Equações 3.16 a 3.20:

$$\mathbf{Min} \quad \sum_{i=1}^r \mathbf{v}_i \mathbf{x}_{io} - \sum_{i \in \mathbf{ND}} \mathbf{v}_i \mathbf{x}_{io} \quad (3.21)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^s \mathbf{u}_j \mathbf{y}_{jk} - \sum_{i \in \mathbf{ND}} \mathbf{v}_i \mathbf{x}_{ik} - \sum_{i \in \mathbf{D}} \mathbf{v}_i \mathbf{x}_{ik} \leq \mathbf{0}, \quad \forall \quad \mathbf{i} = \mathbf{1}, \dots, \mathbf{r} \quad (3.22)$$

¹⁰exogenamente: Aquilo que é de origem externa. Produzido por fatores externos a um objeto, processo ou fenômeno (Dicionário Aurélio).

$$\sum_{i \in D} u_j y_{jk} = 1, \quad \forall j = 1, \dots, s \quad (3.23)$$

$$v_i \geq \varepsilon, \quad i \in D \quad (3.24)$$

$$v_i \geq 0, \quad i \in ND \quad (3.25)$$

$$u_j \geq \varepsilon, \quad \forall j = 1, \dots, s \quad (3.26)$$

$$k = 1, \dots, n \quad (3.27)$$

Neste modelo, as variáveis de entrada não-discricionárias entram na função objetivo 3.21. Os multiplicadores associados as entradas não-discricionárias podem ser zero, conforme a restrição 3.25, mas as demais variáveis devem ser sempre positivas, de acordo com as restrições 3.24 e 3.26. As interpretações agora fornecem o que é chamado de "princípio da frouxidão complementar" da programação linear. Por este princípio, se a restrição 3.23 é estritamente satisfeita para um valor ótimo de u_j , então $v_i^* = 0$ está associado a esta restrição e o valor de $x_{io}^* = 0$ não afeta a avaliação da eficiência na função 3.21. Por outro lado, se $v_i^* > 0$ para qualquer $i \in ND$, a eficiência da função objetivo 3.21 é reduzida pelo multiplicador de x_{io} para a DMU observada.

Isso decorre do teorema dual da programação linear:

$$h_o^* + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^r S_i^- + \sum_{r \in D} S_o^+ \right) = \sum_{i=1}^r v_i^* x_{io} - \sum_{i \in ND} v_i^* x_{io} \quad (3.28)$$

Na relação a cima, um aumento no valor de x_{io} , $i \in ND$ decorre de uma diminuição da expressão à esquerda da igualdade, resultando em um aumento da eficiência sob uma restrição de um conjunto de variáveis não-discricionárias.

3.4 DEA com Variáveis Limitantes

Em muitas aplicações da vida real não é possível alcançar determinados planos de produção, uma vez que algumas variáveis de entrada e/ou de saída são delimitadas. De acordo com Podinovski (2004), o modelo CCR exige a presunção de proporcionalidade entre todas as entradas e saídas. Isso torna possível alcançar uma DMU viável no conjunto de produção. Portanto, algumas variáveis de entrada e/ou de saída podem assumir valores limitados específicos.

Como exemplo de uma aplicação que utiliza DEA com variáveis limitantes, pode-se citar o trabalho desenvolvido por Kazemi et. al., 2009. Neste trabalho, os autores mensuraram o desempenho de 42 departamentos acadêmicos de uma universidade iraniana, no qual uma das variáveis de saída assume valores inteiros entre 1 e 4. Caso os autores utili-

zassem o modelo de eficiência técnica proposto por Debreu-Farrell (1957) para mensurar o desempenho destes departamentos, eles poderiam ter encontrado como resultado um aumento do nível desta variável de saída para um número inteiro maior do que 4, o que é sem sentido. Assim, para contornar este problema, foi necessário impor certos limites no conjunto de possibilidades de produção.

A fim de lidar com situações nas quais são impostas um limite superior e inferior para as variáveis de saída, há a necessidade de relaxar a restrição controlável 3.20 em uma restrição com limites superiores e inferiores:

$$l_o^{Dy} \leq \sum_{j=1}^s \lambda_k y_{jk} \leq u_o^{Dy}, \quad \forall k = 1, \dots, n \quad (3.29)$$

onde l_o^{Dy} e u_o^{Dy} são os vetores dos limites inferior e superior para as saídas discricionárias da DMU observada. Assim, tem-se o modelo CCR orientado a *output*, incluindo o conjunto de variáveis discricionárias delimitantes:

$$\text{Max } h_o \quad (3.30)$$

Sujeito a

$$-x_{io} + \sum_{i=1}^r \lambda_k x_{ik} \leq 0, \quad i \in D \quad (3.31)$$

$$h_o y_{jo} - \sum_{j=1}^s \lambda_k y_{jk} \leq 0, \quad j \in D \quad (3.32)$$

$$l_o^{Dy} \leq \sum_{j=1}^s \lambda_k y_{jk} \leq u_o^{Dy} \quad (3.33)$$

$$\lambda_k \geq 0, \quad \forall k = 1, \dots, n \quad (3.34)$$

3.5 DEA com Variáveis Flexíveis

Na Análise Envoltória de Dados convencional, presume-se que as variáveis de entrada e saída sejam conhecidas. No entanto, em algumas situações, certas medidas de desempenho podem ser consideradas tanto como variáveis de entrada quanto como variáveis de saída. Nestas situações, essas medidas de desempenho são denominadas de variáveis flexíveis (AMIRTEIMOORI, et. al., 2013).

Como exemplo de uma variável flexível, pode-se citar o problema relacionado a alocação de fundos por parte de agências financiadoras no Canadá (NSERC - *Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada*) e nos Estados Unidos (NSF -

National Science Foundation) aos pesquisadores das universidades destes países, descrito por Beasley (1995). Neste estudo, o autor relata que o número de alunos de graduação pode desempenhar tanto o papel de uma variável de entrada (recursos disponíveis para cada membro do corpo docente, refletindo na produtividade do mesmo), quanto de uma variável de saída (número de alunos graduados, um benefício resultante da pesquisa).

No caso da agência financiadora, a decisão sobre se o número de estudantes deve ser considerado como uma variável de entrada ou de saída pode ter consequências nos fundos recebidos pela instituição de ensino. Por isso, é do interesse da agência usar o mais justo e o menos controverso método para avaliar a eficiência das pesquisas realizadas pelas universidades e dos investimentos alocados nas mesmas.

A fim de solucionar problemas que contém variáveis flexíveis, como exemplificado por Beasley (1995), Cook e Zhu (2007) alteraram o modelo de retorno constante de escala padrão, conforme descrito nas Equações 3.8 a 3.12, e introduziram o Problema de Programação Linear Inteira Mista (PPLIM).

Este problema consiste em supor que existam L variáveis flexíveis, as quais deseja-se saber se as mesmas serão classificadas como variáveis de entrada ou de saída, otimizando a eficiência de cada DMU_k ($k = 1, \dots, n$) analisada. Denota-se o peso assumido por cada DMU_k como w_{lk} , ($l = 1, \dots, L$). Para cada medida l , é introduzido um índice binário $d_l \in \{0, 1\}$, onde $d_l = 1$ indica que a variável flexível w_{lo} é de saída, e $d_l = 0$ indica que a variável flexível w_{lo} é de entrada.

Assim, a eficiência técnica da DMU observada será obtida através do seguinte modelo CCR:

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^r v_i x_{io} + \sum_{l=1}^L (1 - d_l) \gamma_l w_{lo} \quad (3.35)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + \sum_{l=1}^L d_l \gamma_l w_{lo} = 1, \quad \forall k = 1, \dots, n \quad (3.36)$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + 2 \sum_{l=1}^L d_l \gamma_l w_{lo} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - \sum_{l=1}^L \gamma_l w_{lo} \leq 0 \quad (3.37)$$

$$d_l \in \{0, 1\}, \quad \forall l = 1, \dots, L \quad (3.38)$$

$$u_j, v_i, \gamma_l \geq 0, \quad \forall i, j, l \quad (3.39)$$

A função de otimização 3.35 permite que cada DMU escolha qual é o melhor valor de d_l , (0 ou 1), para designar uma variável como entrada ou saída, respectivamente. O problema a cima pode ser linearizado por meio da substituição da expressão $d_l \gamma_l$ por δ_l ,

onde: $\delta_l = d_l \gamma_l$, e, para cada variável flexível w_{lo} , impor as restrições:

$$0 \leq \delta_l \leq M d_l \quad (3.40)$$

$$\delta_l \leq \gamma_l \leq \delta_l + M(1 - d_l) \quad (3.41)$$

em que M é um número grande e positivo.

Estas restrições lineares inteiras capturam a expressão não-linear $\delta_l = d_l \gamma_l$, sem realmente ter que especificá-la diretamente no modelo de otimização. Note que se $d_l = 1$, então $\delta_l = \gamma_l$, e se $d_l = 0$, então $\delta_l = 0$. Assim, tem-se o seguinte Problema de Programação Linear Inteira Mista (PPLIM):

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^r v_i x_{io} + \sum_{l=1}^L \gamma_l w_{lo} - \sum_{l=1}^L \delta_l w_{lo} \quad (3.42)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jo} - \sum_{l=1}^L \delta_l w_{lo} = 1 \quad (3.43)$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + 2 \sum_{l=1}^L \delta_l w_{lj} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - \sum_{l=1}^L \gamma_l w_{lj} \leq 0, \quad \forall \quad k = 1, \dots, n \quad (3.44)$$

$$0 \leq \delta_l \leq M d_l \quad (3.45)$$

$$\delta_l \leq \gamma_l \leq \delta_l + M(1 - d_l) \quad (3.46)$$

$$d_l \in \{0, 1\} \quad (3.47)$$

$$u_j, v_i, \gamma_l, \delta_l \geq 0, \quad \forall \quad i, j, l \quad (3.48)$$

O principal problema deste modelo é a existência de soluções ótimas compartilhadas nas quais não é simples reconhecê-las. Isso acontece quando uma DMU não deixa de ser eficiente se uma determinada variável flexível for classificada tanto como uma variável de entrada quanto como uma variável de saída. Para contornar este problema, Toloo (2009) ajustou o modelo proposto por Cook e Zhu (2007) a fim de acomodar as variáveis flexíveis de modo que elas não sejam compartilhadas simultaneamente. Para isso, Toloo (2009) utilizou-se de equações duais do modelo CCR orientado a *output*:

$$\text{Max} \quad h_o \quad (3.49)$$

Sujeito a

$$-x_{io} + \sum_{i=1}^r x_{ik} \lambda_k \leq 0, \quad \forall \quad k = 1, \dots, n \quad (3.50)$$

$$-h_o y_{j_o} + \sum_{j=1}^s y_{jk} \lambda_k \leq 0, \quad \forall \quad k = 1, \dots, n \quad (3.51)$$

$$\sum_{k=1}^n w_{lk} \lambda_k \leq w_{l_o} + M d_l, \quad \forall \quad l = 1, \dots, L \quad (3.52)$$

$$-\sum_{k=1}^n w_{lk} \lambda_k \leq -\theta w_{l_o} + M(1 - d_l), \quad \forall \quad l = 1, \dots, L \quad (3.53)$$

$$d_l \in \{0, 1\} \quad \forall \quad l \quad (3.54)$$

$$\lambda_k \geq 0, \quad \forall \quad k = 1, \dots, n \quad (3.55)$$

O modelo a cima garante que apenas uma das duas restrições (3.52 ou 3.53) deve estar ativa ao mesmo tempo. Se $d_l = 0$, a restrição 3.52 é ativada e a restrição 3.53 torna-se redundante; caso contrário, se $d_l = 1$, a restrição 3.53 fica ativa e a restrição 3.52 passa a ficar redundante. Em outras palavras, o valor assumido pela variável d_l (0 ou 1) vai acabar com uma saída, $d_l = 0$, ou com uma entrada, $d_l = 1$.

A fim de incluir apenas variáveis não-discricionárias no modelo anterior, Toloo e Barat (2015) propuseram a aplicação de um novo modelo de otimização em que as entradas, as saídas e as variáveis flexíveis possam modificar a forma envoltória original do modelo CCR. A ideia é aumentar radialmente os níveis de saídas ao máximo, enquanto as entradas permanecem invariáveis. Assim, as variáveis flexíveis passam a ser consideradas como não-discricionárias. Com isso, o modelo de programação matemática é estabelecido:

$$\mathbf{Max} \quad h_o \quad (3.56)$$

Sujeito a

$$-x_{i_o} + \sum_{i=1}^r \lambda_k x_{ik} \leq 0, \quad \forall \quad k = 1, \dots, n \quad (3.57)$$

$$-h_o y_{j_o} + \sum_{j=1}^s \lambda_k y_{jk} \leq 0, \quad \forall \quad k = 1, \dots, n \quad (3.58)$$

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k w_{lk} \leq w_{l_o} + M d_l, \quad \forall \quad l = 1, \dots, L \quad (3.59)$$

$$-\sum_{k=1}^n \lambda_k w_{lk} \leq -w_{l_o} + M(1 - d_l), \quad \forall \quad l = 1, \dots, L \quad (3.60)$$

$$d_l \in \{0, 1\} \quad \forall \quad l = 1, \dots, L \quad (3.61)$$

$$\lambda_k \geq 0, \quad \forall \quad k = 1, \dots, n \quad (3.62)$$

Este modelo tem certas propriedades que o torna interessante:

1. Ele é sempre viável, devido presença da variável binária assumir um valor arbitrário (0 ou 1) e M ser um número suficientemente grande. Assim, \mathbf{h}_o^* é uma possível solução do modelo, de modo que se $\mathbf{h}_o^* = \mathbf{1}$, então $(\boldsymbol{\lambda}_1, \dots, \boldsymbol{\lambda}_k) = (\mathbf{1}, \dots, \mathbf{1})$;
2. Ele garante que o valor da eficiência da DMU observada estará sempre entre zero e um ($\mathbf{0} \leq \mathbf{h}_k^* \leq \mathbf{1}$), devido à suposição de que as entradas e as saídas serão sempre não-negativas. A restrição 3.58 força $\boldsymbol{\lambda}_k$ ser diferente de zero quando $\mathbf{y}_{jk} > \mathbf{0}$ e $\mathbf{y}_{jo} \neq \mathbf{0}$. Assim, \mathbf{h}_o^* tem que ser sempre positivo, já que a soma das saídas não podem ser negativas;
3. Ele é invariante a dupla função (de entrada ou de saída) que uma variável flexível pode assumir, pois o status de um fator de dupla função pode ser facilmente determinado resolvendo apenas N modelos para uma única abordagem agregada, ao invés de resolver os $2N$ modelos durante a abordagem individual proposta por Cook e Zhu (2007). Ou seja, este modelo garante que a solução ótima é encontrada sem a necessidade de comparar separadamente as eficiências de modelos quando as variáveis flexíveis são classificadas primeiramente como entrada e depois como saída.

4 METODOLOGIA

4.1 Descrição da Pesquisa

Esta pesquisa é de natureza aplicada, pois o interesse é que os resultados deste estudo sejam utilizados na solução de problemas que ocorrem na realidade. O objetivo desta pesquisa é descritivo, o qual visa descrever as características das variáveis relacionadas ao corpo discente e ao corpo docente dos cursos de graduação em Engenharia de Produção e estabelecer relações entre as variáveis estudadas.

Quanto a forma de abordar o problema, esta pesquisa é quantitativa, o que significa traduzir em números informações referentes a estas variáveis para classificá-las e analisá-las. E quanto ao método, este estudo utilizará o experimento, pois pretende-se analisar qual é o impacto das variáveis acadêmicas na nota Enade referentes aos cursos de graduação em Engenharia de Produção das instituições públicas de ensino superior e, através desta análise, priorizar as possíveis variáveis que influenciam no desempenho de que cada curso neste exame.

Para atingir estes propósitos, foram utilizados os resultados do Enade e os dados do Censo da Educação Superior, descritos no próximo item.

4.2 Coleta de Dados

Nesta fase foram levantadas as informações necessárias para atender ao problema estabelecido no item anterior. Estas informações foram coletadas da Base de Dados do resultado do Enade e do Censo da Educação Superior, ambos relativos aos anos em que foram aplicados o referido exame: 2008, 2011 e 2014 (disponíveis em: <http://portal.inep.gov.br/basica-levantamentos-acessar>). Muitas informações que poderiam impactar nos resultados deste trabalho não foram incluídas, por serem desconhecidas ou pela dificuldade de obtenção. No entanto, foi possível selecionar os dados que melhor atendem ao problema proposto.

Primeiramente, com o conjunto de dados do resultado do Enade e do Censo da Educação Superior, fez-se uma classificação de quais variáveis seriam consideradas como não-discrecionárias.

Assim, as variáveis, obtidas através do resultado do Enade e comum nos três anos,

foram:

1. Proporção Mestres: Proporção de Docentes que ministram aulas para o curso de Engenharia de Produção, cuja titulação seja maior ou igual a de Mestre;
2. Proporção Doutores: Proporção de Docentes que ministram aulas para o curso de Engenharia de Produção, cuja titulação seja maior ou igual a de Doutor;
3. Regime Integral: Proporção de Docentes que ministram aulas para o curso de Engenharia de Produção e trabalham em regime de dedicação exclusiva;
4. Nota Enade: Corresponde à nota bruta de cada curso de graduação em Engenharia de Produção que participou do exame.

Logo em seguida, coletou-se dados referentes às características do corpo discente de cada IES, os quais foram obtidos através da Base de Dados do Censo da Educação Superior, cujas variáveis não-discrecionárias são descritas abaixo:

1. Ingressantes: Corresponde ao número total de alunos que ingressaram no curso em um determinado ano;
2. Concluintes: Corresponde ao número total de alunos aptos a concluir o curso em um determinado ano;
3. Aluno Equivalente ¹¹: Corresponde ao número de Alunos Equivalente da Graduação (AEG), que é calculado pela seguinte fórmula:

$$AEG = ((NC \times DPC) \times (1 + FR) + ((\frac{NI-NC}{4}) \times DPC) \times PGC)$$

Onde:

NC: Número de Concluintes do curso em um determinado ano;

DPC: Duração Padrão do Curso, que é de 5 anos para o curso de Engenharia de Produção;

NI: Número de Ingressantes do curso em um determinado ano;

FR: Fator de Retenção, que de acordo com metodologia da SESu ¹², é 0.082 para o curso de graduação em Engenharia de Produção;

¹¹Aluno Equivalente, segundo o Ministério da Educação (2006), é um indicador determina o total de alunos matriculados em determinada IES com base em uma fórmula matemática que equipara os alunos de cursos diferenciados. Assim, pode-se comparar o total de alunos de todos os cursos e de todas as IES em estudo.

¹²SESu (Secretaria de Educação Superior): Unidade do Ministério da Educação responsável por planejar, orientar, coordenar e supervisionar o processo de formulação e implementação políticas para o Ensino Superior.

PGC: Peso do Grupo em que se insere o Curso, que acordo com metodologia da SESu é 2.0 para o curso de Graduação em Engenharia de Produção;

4. Aluno Tempo Integral ¹³ : Corresponde ao número de alunos da graduação em Tempo Integral (AGTI), que é calculado pela seguinte fórmula:

$$AGTI = ((NC \times DPC) \times (1 + FR) + ((\frac{NI-NC}{4}) \times DPC))$$

Onde:

NC: Número de Concluintes do curso em um determinado ano;

DPC: Duração Padrão do Curso, que é de 5 anos para a Engenharia de Produção;

FR: Fator de Retenção, que de acordo com metodologia da SESu, é 0.082 para o curso de Graduação em Engenharia de Produção;

NI: Número de Ingressantes do curso em um determinado ano.

5. Bolsas: Informa o número total de alunos que recebeu bolsa ou remuneração pelas atividades de formação complementar de estágio, extensão, monitoria e pesquisa.

Neste estudo não utilizou-se variáveis relativas a pesquisa (produção científica, publicação em periódicos, alunos na pós-graduação...), pois as atividades de ensino se refere, além do ensino em sala de aula, a tutoria de estudantes, a revisão de conteúdos bibliográficos e a orientação de trabalhos. Estas atividades são atribuídas a graduação, e as mesmas não contribuem muito para as atividades de pesquisa. Por outro lado, trabalhando com estudantes em atividades de ensino, existe a oportunidade de identificar nos mesmos potenciais pesquisadores. Expor idéias para os alunos é geralmente uma atividade desafiadora, que contribui para a atividade de pesquisa (BONACCORSI et. al., 2006).

4.3 Tratamento dos Dados

Antes de aplicar a técnica de eficiência ao problema proposto, há a necessidade de verificar a integridade dos dados, ou seja, se os mesmos não sofreram modificações, tais como: erros de processamento e incremento de informações incorretas e/ou incompletas, o que pode comprometer na análise dos resultados. Assim, realizou-se um pré-processamento dos dados referentes aos cursos de graduação em Engenharia de Produção, conforme descrito abaixo:

¹³Aluno Tempo Integral: Aluno ativo, cursando no mínimo, 24 créditos (ou 360 horas/aula) por semestre.

1. Remoção dos cursos cuja nota Enade é SC (Sem Conceito), pois representam os cursos que ainda não possuem alunos a serem formados ou que apenas um ou nenhum aluno prestes a concluir o curso participou do exame. Do total cursos, em 2008 nenhum era SC, em 2011 49 eram SC e em 2014, 7 eram SC;
2. Remoção dos cursos com ênfase (Engenharia de Produção Mecânica, Engenharia de Produção Elétrica, Engenharia de Produção Civil...), pois os mesmos possuem grade curricular distintas, o que dificulta na comparação de informações referentes ao corpo discente. Do total cursos, em 2008 65 eram com ênfase, em 2011 43 eram com ênfase, e em 2014, 135 eram cursos com ênfase;
3. Remoção das IES que não são universidades (Centros Universitários, Escolas, Faculdades...), pois a produtividade no ensino superior tem um caráter multidimensional no que se refere a produção e disseminação de conhecimento, através de suas diversas atividades de ensino, pesquisa e extensão (DUNDAR et. al., 1998). Além do mais, de acordo com a Constituição Federal de 1988, artigo 207: As universidades gozam de autonomia didático-científica, administrativa, patrimonial e de gestão financeira, obedecendo ao princípio de indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão. Do total das IES, em 2008 50 não eram universidades, em 2011 92 não eram universidades, e em 2014, 231 Instituições de Ensino Superior não eram universidades;
4. Remoção dos cursos pertencentes a instituições privadas de ensino superior, pois estas instituições geralmente são com fins lucrativos e seguem a demanda de mercado (DUENHAS, 2013). O mesmo não acontece com as instituições públicas de ensino superior, as quais não visam lucro, não estão sujeitas à pressão da concorrência elevada e trabalham subordinadas ao mesmo conjunto de regras e regulamentos. Do total cursos, em 2008 93 cursos pertenciam a instituições privadas de ensino superior, em 2011 155 cursos pertenciam a instituições privadas de ensino superior, e em 2014, 312 cursos pertenciam a instituições privadas de ensino superior;
5. Remoção dos cursos que não possuem alunos ingressantes e/ou concluintes, por interferirem diretamente no cálculo das variáveis Aluno Equivalente e Aluno Tempo Integral. Do total cursos, em 2008 16 cursos não possuíam alunos ingressantes e/ou concluintes, em 2011 33 cursos não possuíam alunos ingressantes e/ou concluintes, e em 2014, 150 cursos não possuíam alunos ingressantes e/ou concluintes.

Cabe destacar também que nesta etapa houve a identificação dos cursos considerados como *outliers* e a exclusão dos mesmos. O tratamento dos *outliers* é um aspecto que merece importância, pois a tendência é que as unidades mais distantes da média dominem as demais unidades e, conseqüentemente, aquelas sejam classificadas como eficientes. Os

outliers devem ser eliminados se percebido que os mesmos não representam uma tecnologia factível. Do total de cursos, em 2008 12 foram considerados *outliers*, em 2011 22 foram considerados *outliers* e em 2014 40 cursos foram considerados *outliers*.

Depois que os dados referentes a esta pesquisa passaram por este pré-processamento, de 129, 215 e 464 cursos referentes aos respectivos anos de 2008, 2011 e 2014, restaram 19, 34 e 44 cursos de graduação em Engenharia de Produção para serem analisados em 2008, 2011 e 2014, respectivamente.

4.4 Escolha da Técnica de Eficiência

Dentre as três técnicas para o cálculo da eficiência (COLS, DEA e SFA), a que mais se aplica a este estudo é a técnica DEA, pois o principal objetivo desta pesquisa é avaliar a função desempenhada pelas variáveis divulgadas pelo Enade e pelo Censo da Educação Superior na nota Enade. Além do mais, o problema desta pesquisa possui variáveis flexíveis não-discricionárias e limitantes, o qual é melhor solucionado através da técnica DEA.

O modelo utilizado neste estudo foi o DEA-CCR com orientação a *output*, pois não se considerou a diferença de porte das universidades, já que esta diferença tem uma influência direta sobre o tamanho do subsídio orçamentário repassado pelo Estado, e devido a este motivo, este estudo não utilizou variáveis monetárias. Além do mais, está sendo analisado apenas os cursos de graduação em Engenharia de Produção, e o número de cursos pertencentes a universidades públicas pesquisadas é pequeno para utilizar um modelo com retorno variável a escala (DEA-BCC).

Assim, a formulação do modelo utilizado neste estudo, DEA-CCR com variáveis flexíveis, não-discricionárias e limitantes orientado a *output*, é descrito pelas Equações 4.1 a 4.8:

$$\mathbf{Max} \quad h_o \tag{4.1}$$

Sujeito a

$$h_o y_{jo} - \sum_{j=1}^s \lambda_k y_{jk} \leq 0, \quad \forall \quad k = 1, \dots, n \tag{4.2}$$

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k w_{lk} \leq w_{ol} + M d_l, \quad \forall \quad l = 1, \dots, L \tag{4.3}$$

$$- \sum_{k=1}^n \lambda_k w_{lk} \leq -w_{ol} + M(1 - d_l), \quad \forall \quad l = 1, \dots, L \tag{4.4}$$

$$l_o^{Dy} \leq \sum_{n=1}^k \lambda_k y_{jk} \leq u_o^{Dy} \quad (4.5)$$

$$1 \leq \sum_{l=1}^L d_l \leq L - 1 \quad (4.6)$$

$$d_l \in \{0, 1\} \quad \forall \quad l = 1, \dots, L \quad (4.7)$$

$$\lambda_k \geq 0, \quad \forall \quad k = 1, \dots, n \quad (4.8)$$

4.5 Aplicação da Técnica DEA

Esta técnica foi implementada conforme o modelo descrito nas Equações 4.1 a 4.8, utilizando o *software* Matlab versão 2014.

Cada DMU representou um curso de graduação em Engenharia de Produção pertencente uma universidade pública. No entanto, uma mesma universidade pode possuir mais de um curso de graduação em Engenharia de Produção. Neste caso, cada curso foi considerado como uma DMU diferente. Além do mais, nesta pesquisa ocorreu casos em que algumas DMUs não estavam presentes em um determinado ano, por serem removidas na fase de tratamento dos dados, ou por representarem cursos novos, os quais não participaram do exame em suas fases anteriores, ou por não possuírem informações de determinado ano divulgadas pelo Inep.

As seguintes variáveis foram utilizadas como variáveis flexíveis:

1. Proporção Mestres;
2. Proporção Doutores;
3. Regime Integral;
4. Aluno Tempo Integral;
5. Aluno Equivalente;
6. Ingressantes;
7. Concluintes;
8. Bolsas.

Todas as variáveis flexíveis foram classificadas como variáveis não-discrecionárias, pois as mesmas não estavam sujeitas ao controle do gestor desta pesquisa. A variável Nota Enade, além de ter sido utilizada como uma variável de saída, foi categorizada como

uma variável limitante, ou seja, o valor mínimo que a mesma pode assumir é 0 e o valor máximo é 5 ($\mathbf{l}_o^{D_y} = 0$ e $\mathbf{u}_o^{D_y} = 5$).

Não utilizou-se nenhuma variável como entrada, pois os objetivos deste estudo são, além de analisar impacto das variáveis flexíveis na nota Enade, descobrir quais destas serão classificadas como entrada (*input*) ou saída (*output*) para cada curso analisado. No entanto, o modelo proposto garante que pelo menos uma variável flexível seja classificada como *input* para cada DMU avaliada, obedecendo a restrição definida pela Equação 4.2.

Assim sendo, esta pesquisa foi realizada em duas etapas. Na primeira etapa, o modelo definido pelas Equações 4.1 a 4.8 foi executado separadamente para os três anos (2008, 2011 e 2014: Dados disponíveis nos Anexos A, B e C, onde cada DMU foi identificada por um número seguido do ano em que a mesma participou do Enade), a fim de verificar se houve as seguintes deduções para cada variável analisada:

1. **Indicativo de excesso:** A variável no modelo é classificada como uma variável de entrada (*input*) e o valor de \mathbf{d}_i assumido pela mesma é zero, sendo um indicativo de que esta variável não deveria ser priorizada para melhorar o desempenho da DMU analisada.
2. **Indicativo de falta:** A variável no modelo é classificada como uma variável de saída (*output*) e o valor de \mathbf{d}_i assumido pela mesma é um, sendo um indicativo de que esta variável deveria ser priorizada para melhorar o desempenho da DMU analisada.

Na segunda etapa, os resultados encontrados na primeira etapa foram agrupados e examinados apenas para os cursos que participaram em pelo menos dois dos três anos em que o Enade foi aplicado. Essa análise foi feita para verificar se uma determinada variável mudou de estado, ou seja, passou de um indicativo de excesso ($\mathbf{d}_i = \mathbf{0}$) para um indicativo de falta ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$), ou vice-versa, e se a mesma deve ser priorizada para cada DMU sob análise.

5 RESULTADOS

Na Tabela 5.1 tem-se os valores de \mathbf{d}_l assumidos por cada variável flexível, encontrados através da aplicação do modelo descrito nas Equações 4.1 a 4.8 para o ano de 2008, utilizando os dados disponíveis no ANEXO A.

Tabela 5.1 – Resultados para o ano de 2008

DMU	Proporção Mestres	Proporção Doutores	Regime Integral	Aluno Tempo Integral	Aluno Equivalente	Ingressantes	Concluintes	Bolsas
1(2008)	1	1	1	1	1	1	0	1
2(2008)	1	1	1	1	1	0	1	1
3(2008)	1	1	1	1	1	1	0	1
4(2008)	1	1	1	0	0	0	1	1
5(2008)	1	1	1	0	0	0	1	0
6(2008)	1	1	1	1	1	0	1	0
7(2008)	1	1	1	1	1	1	0	1
8(2008)	1	1	1	1	1	1	0	1
9(2008)	1	1	1	0	0	0	1	0
10(2008)	1	1	1	0	0	0	1	0
11(2008)	1	1	1	1	1	1	0	1
12(2008)	1	1	1	0	0	0	1	1
13(2008)	1	1	1	0	0	0	0	0
14(2008)	1	1	1	1	1	1	0	1
15(2008)	1	1	1	0	0	0	0	0
16(2008)	1	1	1	1	1	1	0	1
17(2008)	1	1	1	1	1	1	1	0
18(2008)	1	1	1	1	1	1	0	1
19(2008)	1	1	1	0	0	0	1	1

A partir dos valores de \mathbf{d}_l das variáveis da Tabela 5.1, é possível analisar cada DMU a fim de que a mesma possa atingir a nota máxima no Enade. Como exemplo, selecionou-se a DMU 12(2008), que poderia ser qualquer uma dentro do conjunto das 19 DMUs da Tabela 5.1. Para esta DMU, as variáveis Proporção Mestres, Proporção Doutores, Regime Integral, Concluintes e Bolsas foram classificadas como variáveis de saída ($\mathbf{d}_l = \mathbf{1}$), o que é

um indicativo de que estas variáveis deveriam ter sido consideradas prioritárias para que a DMU 12 obtivesse nota máxima neste exame no ano de 2008. Já as variáveis Aluno Tempo Integral, Aluno Equivalente e Ingressantes foram classificadas, para esta mesma DMU, como variáveis de entrada ($\mathbf{d}_i = \mathbf{0}$), sendo um indício de que estas variáveis aparentavam excesso e não precisavam ter sido priorizadas para a DMU 12 atingisse a nota máxima no Enade em 2008.

Esta mesma análise poderia ser feita para as demais DMUs, no entanto, o foco desta pesquisa é observar, através dos valores de \mathbf{d}_i , a possível influência de cada variável na nota Enade dos cursos de graduação em Engenharia de Produção das IES públicas. Assim, procedeu-se com a análise descrita a seguir.

As variáveis Proporção Mestres e Proporção Doutores deveriam ser priorizadas para todas as DMUs, a fim de que as mesmas consigam um bom desempenho no Enade. Já variável Regime Integral deveria ser priorizada apenas pelas DMUs 3(2008) e 15(2008), pois estas, ao contrário das demais DMUs, não atingiram o valor máximo que esta variável poderia assumir (valor unitário), conforme é apresentado no ANEXO A.

As variáveis Aluno Tempo Integral e Aluno Equivalente desempenharam diferentes comportamentos, ora eram classificadas como variáveis de entrada ($\mathbf{d}_i = \mathbf{0}$) para determinadas DMUs, ora eram classificadas como variáveis de saída ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$) outras DMUs. No entanto, estas variáveis só poderiam ser levadas em consideração se a variável Concluintes assumisse um indicativo de prioridade ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$), o que ocorreu com as DMUs 2(2008), 6(2008) e 17(2008), nas quais as variáveis Aluno Tempo Integral, Aluno Equivalente e Concluintes foram classificadas como *output* ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$).

As variáveis Ingressantes e Concluintes desempenharam papéis opostos para uma mesma DMU, ou seja, quando uma variável era considerada prioritária ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$), a outra era julgada desnecessária ($\mathbf{d}_i = \mathbf{0}$) para que a DMU pudesse atingir o desempenho máximo no Enade. A exceção ocorreu com as DMUs 13(2008) e 15(2008), em que \mathbf{d}_i assumiu o valor zero, e com a DMU 17(2008), onde \mathbf{d}_i assumiu o valor um para as ambas as variáveis.

A variável Bolsas foi prioritária ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$) para que determinadas DMUs sob análise alcançasse o desempenho máximo no Enade. No entanto, cabe observar que para as DMUs 13(2008), 15(2008) e 17(2008), esta variável não foi considerada prioridade naquele ano, o que é confirmado pelo valor assumido pela variável Bolsas (zero) para estas DMUs em 2008, conforme o ANEXO A.

A Tabela 5.2 exhibe os valores de \mathbf{d}_i assumidos por cada variável flexível, encontrados através da aplicação do modelo descrito nas Equações 4.1 a 4.8 para o ano de 2011, utilizando os dados disponíveis no ANEXO B.

Tabela 5.2 – Resultados para o ano de 2011

DMU	Proporção Mestres	Proporção Doutores	Regime Integral	Aluno Tempo Integral	Aluno Equivalente	Ingressantes	Concluintes	Bolsas
1(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
2(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
6(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
9(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
10(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
11(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
12(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
13(2011)	1	1	1	1	1	1	1	0
14(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
16(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
18(2011)	1	1	1	1	1	1	1	0
19(2011)	1	1	1	1	1	1	0	0
20(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
21(2011)	1	1	1	0	1	1	0	1
22(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
23(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
24(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
25(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
26(2011)	1	1	1	1	1	1	1	0
27(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
28(2011)	1	1	1	0	1	1	0	1
29(2011)	1	1	1	0	0	0	1	0
30(2011)	1	1	1	1	1	1	0	0
31(2011)	1	1	1	1	1	1	1	0
32(2011)	1	1	1	0	0	0	0	0
33(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
34(2011)	1	1	1	1	1	1	0	0

A mesma análise dos valores de \mathbf{d}_i das variáveis da Tabela 5.1 pôde ser feita para a Tabela 5.2. Assumindo novamente como exemplo a DMU 12(2011), as variáveis Proporção Mestres, Proporção Doutores, Regime Integral, Aluno Equivalente, Ingressantes, Concluintes e Bolsas foram classificadas como variáveis de saída ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$), o que é um indicativo de que estas variáveis foram consideradas prioritárias para a DMU 12 obter nota máxima no Enade em 2011. A única variável classificada como entrada foi a variá-

vel Aluno Tempo Integral ($\mathbf{d}_i = \mathbf{0}$), sendo esta a única variável obrigada a obedecer a restrição definida pela Equação 4.2, a qual garante que pelo menos uma variável flexível seja classificada como variável de entrada.

Para o ano de 2011, as variáveis Proporção Mestres, Proporção Doutores e Regime Integral deveriam ter sido priorizadas para todas as DMUs, a fim de que as mesmas obtivessem um bom desempenho no Enade. A variável Regime Integral não precisaria ter sido priorizada como as variáveis Proporção Mestres e Proporção Doutores, pois aquela já atingiu o valor máximo (valor unitário) para todas as DMUs de 2011, conforme pode ser visto no ANEXO B.

A variável Aluno Tempo Integral desempenhou diferentes comportamentos, ora foi classificada como variável de entrada ($\mathbf{d}_i = \mathbf{0}$) para determinadas DMUs, ora foi classificada como variável de saída ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$) outras DMUs. Esta variável não foi levada em consideração para a maioria das DMUs, exceto para DMUs 13(2011), 18(2011), 19(2011), 26(2011), 30(2011), 31(2011) e 34(2011), em que esta variável foi considerada prioritária ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$).

A variável Aluno Equivalente foi prioritária ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$) para a maioria das DMUs sob análise alcançar o desempenho máximo no Enade, exceto para as DMUs 29(2011) e 32(2011), em que $\mathbf{d}_i = \mathbf{0}$. Com isso, consegue-se concluir que esta variável só pode ser levadas em consideração se a variável Ingressantes assumir um indicativo de prioridade ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$).

As variáveis Ingressantes e Concluintes foram prioritárias para que a maioria das DMUs atingisse o desempenho máximo no Enade em 2011. A exceção ocorreu com as DMUs 29(2011) e 32(2011) para a variável Ingressantes, e 19(2011), 21(2011), 28(2011), 30(2011), 32(2011) e 34(2011) para a variável Concluintes.

A variável Bolsas foi prioritária ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$) para que determinadas DMUs sob análise pudesse alcançar o desempenho máximo no Enade. No entanto, cabe observar que para as DMUs 13(2011), 18(2011), 19(2011), 26(2011), 29(2011), 30(2011), 31(2011), 32(2011) e 34(2011) esta variável não foi considerada prioridade, o que é confirmado pelo valor assumido pela variável Bolsas (zero) para estas DMUs em 2011, conforme o ANEXO B.

A Tabela 5.3 exibe os valores de \mathbf{d}_i assumidos por cada variável flexível, encontrados através da aplicação do modelo descrito nas Equações 4.1 a 4.8 para o ano de 2014, utilizando os dados disponíveis no ANEXO C.

Tabela 5.3 – Resultados para o ano de 2014

DMU	Proporção Mestres	Proporção Doutores	Regime Integral	Aluno Tempo Integral	Aluno Equivalente	Ingressantes	Concluintes	Bolsas
1(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
2(2014)	1	1	1	0	1	0	1	1
4(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
5(2014)	1	1	1	0	0	0	1	1
6(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
7(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
8(2014)	1	1	1	1	0	1	1	1
9(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
10(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
12(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
13(2014)	1	1	1	0	1	0	0	1
14(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
18(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
19(2014)	1	1	1	0	0	0	0	0
20(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
21(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
22(2014)	1	1	1	1	0	1	1	1
25(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
26(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
28(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
29(2014)	1	1	1	0	0	0	0	1
30(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
32(2014)	1	1	1	1	1	1	1	0
33(2014)	1	1	1	1	1	1	1	0
35(2014)	1	1	1	1	1	1	1	0
36(2014)	1	1	1	1	1	1	1	0
37(2014)	1	1	1	0	1	0	0	1
38(2014)	1	1	1	1	1	1	0	0
39(2014)	1	1	1	0	0	0	0	0
40(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
41(2014)	1	1	1	0	1	0	0	1
42(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1

Continua na próxima página

Tabela 5.3 – Continuação da página anterior

DMU	Proporção Mestres	Proporção Doutores	Regime Integral	Aluno Tempo Integral	Aluno Equivalente	Ingressantes	Concluintes	Bolsas
43(2014)	1	1	1	1	1	1	0	1
44(2014)	1	1	1	1	1	1	0	0

Assumindo novamente como exemplo a DMU 12(2014), as variáveis Proporção Mestres, Proporção Doutores, Regime Integral, Aluno Tempo Integral, Aluno Equivalente, Concluintes e Bolsas foram classificadas como variáveis de saída ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$), sendo um indicativo de que estas variáveis foram consideradas prioritárias para que a DMU 12 obtivesse nota máxima no Enade em 2014. A única variável classificada como entrada foi a variável Ingressantes ($\mathbf{d}_i = \mathbf{0}$), o que é um sinal de que o número de alunos ingressos no curso não teve influência no desempenho dos estudantes na nota Enade em 2014.

As variáveis Proporção Mestres, Proporção Doutores e Regime Integral deveriam ter sido priorizadas para todas as DMUs, a fim de que as mesmas pudessem conseguir um bom desempenho no Enade. A variável Regime Integral não deveria ter sido tão priorizada quanto as variáveis Proporção Mestres, Proporção Doutores, pois aquela já atingiu o valor máximo (valor unitário) para todas as DMUs de 2014, exceto para a DMU 4(2014), cujo valor desta variável foi inferior a uma unidade, como pode ser visto no ANEXO C.

As variáveis Aluno Tempo Integral e Aluno Equivalente, assim como em 2008, desempenharam diferentes comportamentos, ora eram classificadas como variáveis de entrada ($\mathbf{d}_i = \mathbf{0}$) para determinadas DMUs, ora eram classificadas como variáveis de saída ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$) outras DMUs. No entanto, estas variáveis só poderiam ser levadas em consideração se a variável Concluintes assumisse um indicativo de prioridade ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$), o ocorreu com as DMUs 1(2014), 4(2014), 6(2014), 7(2014), 9(2014), 10(2014), 12(2014), 14(2014), 18(2014), 20(2014), 21(2014), 25(2014), 26(2014), 28(2014), 30(2014), 32(2014), 33(2014), 35(2014), 36(2014), 40(2014) e 42(2014). Para estas DMUs, as variáveis Aluno Tempo Integral, Aluno Equivalente e Concluintes foram classificadas como *output* ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$).

As variáveis Ingressantes e Concluintes, assim como em 2008, desempenharam papéis opostos para uma mesma DMU, ou seja, quando uma variável era considerada prioritária ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$), a outra era julgada desnecessária ($\mathbf{d}_i = \mathbf{0}$) para que a DMU pudesse atingir o desempenho máximo no Enade. A exceção ocorreu com as DMUs 8(2014), 13(2014), 19(2014), 22(2014), 29(2014), 32(2014), 33(2014), 35(2014), 36(2014), 37(2014), 39(2014) e 41(2014).

A variável Bolsas foi prioritária ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$) para que determinadas DMUs sob análise alcançasse o desempenho máximo no Enade. No entanto, cabe observar que para as

DMUs 19(2014), 32(2014), 33(2014), 35(2014), 36(2014), 38(2014), 39(2014) e 44(2014), esta variável não foi considerada prioritária, o que é confirmado pelo valor assumido pela variável Bolsas (zero) para estas DMUs em 2014, conforme o ANEXO C.

A Tabela 5.4 ilustra um agrupamento das Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3 para as DMUs correspondentes aos cursos de Graduação em Engenharia de Produção que participaram em pelo menos dois dos três anos em que o exame Enade foi aplicado. Através desta tabela, é possível verificar quais variáveis mudaram de estado para uma determinada DMU, ou seja, passaram de entrada ($d_i = 0$) para saída ($d_i = 1$), ou vice-versa, e se essa mudança teve impacto na nota Enade.

Tabela 5.4 – Agrupamento dos resultados das DMUs que participaram em pelo menos dois exames

DMU	Proporção Mestres	Proporção Doutores	Regime Integral	Aluno Tempo Integral	Aluno Equivalente	Ingressantes	Concluintes	Bolsas
1(2008)	1	1	1	1	1	1	0	1
1(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
1(2014)	1	1	1	1	1	1	0	1
2(2008)	1	1	1	1	1	0	1	1
2(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
2(2014)	1	1	1	0	1	0	1	1
4(2008)	1	1	1	0	0	0	1	1
4(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
5(2008)	1	1	1	0	0	0	1	0
5(2014)	1	1	1	0	0	0	1	1
6(2011)	1	1	1	1	0	1	1	1
6(2008)	1	1	1	1	1	0	1	0
6(2014)	1	1	1	1	1	1	0	1
7(2008)	1	1	1	1	1	1	0	1
7(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
8(2008)	1	1	1	1	1	1	0	1
8(2014)	1	1	1	1	0	1	1	1
9(2008)	1	1	1	0	0	0	1	0
9(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
9(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
10(2008)	1	1	1	0	0	0	1	0
10(2011)	1	1	1	1	0	1	1	1
10(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1

Continua na próxima página

Tabela 5.4 – *Continuação da página anterior*

DMU	Proporção Mestres	Proporção Doutores	Regime Integral	Aluno Tempo Integral	Aluno Equivalente	Ingressantes	Concluintes	Bolsas
12(2008)	1	1	1	0	0	0	1	1
12(2011)	1	1	1	1	0	1	1	1
12(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
13(2008)	1	1	1	0	0	0	0	0
13(2011)	1	1	1	1	1	1	1	0
13(2014)	1	1	1	0	1	0	0	1
14(2008)	1	1	1	1	1	1	0	1
14(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
14(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
16(2008)	1	1	1	1	1	1	0	1
16(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
18(2008)	1	1	1	1	1	1	0	1
18(2011)	1	1	1	1	1	1	1	0
18(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
19(2008)	1	1	1	0	0	0	1	1
19(2011)	1	1	1	1	1	1	0	0
19(2014)	1	1	1	0	0	0	0	0
20(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
20(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
21(2011)	1	1	1	0	1	1	0	1
21(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
22(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
22(2014)	1	1	1	1	0	1	1	1
25(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
25(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
26(2011)	1	1	1	1	1	1	1	0
26(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
28(2011)	0	1	1	0	1	1	0	1
28(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
29(2011)	1	1	1	0	0	0	1	0
29(2014)	1	1	1	0	0	0	0	1
30(2011)	1	1	1	1	1	1	0	0
30(2014)	1	1	1	1	1	0	1	1
32(2011)	1	1	1	0	0	0	0	0

Continua na próxima página

Tabela 5.4 – *Continuação da página anterior*

DMU	Proporção Mestres	Proporção Doutores	Regime Integral	Aluno Tempo Integral	Aluno Equivalente	Ingressantes	Concluintes	Bolsas
32(2014)	1	1	1	1	1	1	1	0
33(2011)	1	1	1	0	1	1	1	1
33(2014)	1	1	1	1	1	1	1	0

Analisando os dados da Tabela 5.4, pôde-se concluir que as variáveis que mais contribuíram, isoladamente, para um melhor desempenho dos cursos de Graduação em Engenharia de Produção no Enade, foram: Proporção Mestres, Proporção Doutores e Regime Integral, consideradas como variáveis de saída ($\mathbf{d}_i = \mathbf{1}$), exceto para a DMU 28(2011), na qual a variável Proporção Mestres foi classificada como variável de entrada ($\mathbf{d}_i = \mathbf{0}$).

Através da Tabela 5.4, notou-se também que a maioria das DMUs, obrigadas a obedecer a restrição definida pela Equação 4.6, definiu somente uma variável como entrada e as demais variáveis como saída para tentar otimizar a eficiência das mesmas. Com isso, conclui-se que a maioria das DMUs tenderam a aumentar o valor das variáveis flexíveis, ao invés de reduzi-los, pois o modelo utilizado nesta pesquisa possuiu uma orientação a saída (*output*), e quanto maior for o número de variáveis de saída, melhor será o desempenho de cada DMU sob análise.

6 CONCLUSÕES

As funções de ensino e pesquisa das universidades têm um papel significativo no desenvolvimento de uma nação, particularmente no aperfeiçoamento da mão-de-obra, cada vez mais importante para o aumento da produtividade de bens e serviços (KAMPELMANN, 2012). Dessa forma, a educação superior tem sido um fator determinante na geração de inovação de produtos e técnicas capazes de elevar o ganho de produtividade, o qual é visto como o principal motor para o crescimento econômico, colocando uma nação mais perto da fronteira tecnológica mundial (VANDENBUSSCHE et. al., 2006).

O objetivo principal deste trabalho foi, através da técnica DEA, modelar qual a função desempenhada por cada variável acadêmica referente as características dos corpos docente e discente na nota Enade. Este propósito foi alcançado utilizando os resultados deste exame e os dados do Censo da Educação Superior referentes aos anos de 2008, 2011 e 2014 para os cursos de graduação em Engenharia de Produção das universidades públicas credenciadas ao Ministério da Educação. O que justificou a escolha destes dados foi os argumentos de Kane et. al. (2002), os quais afirmam que os resultados de testes padronizados são indicadores confiáveis para mensurar o desempenho dos estudantes.

A técnica DEA, dentre as três técnicas avaliadas neste estudo (COLS, DEA e SFA), foi a que mais se adequou ao problema desta pesquisa, por este possuir variáveis não-discrecionárias e limitantes. Além disso, não foi encontrada na literatura e nos trabalhos citados neste estudo uma justificativa para classificar variáveis acadêmicas como excesso (*input*) ou como falta (*output*). Por este motivo, utilizou-se o modelo proposto por Toloo e Barat (2015), que consistiu em alterar o modelo de retorno constante a escala padrão e introduzir o Problema de Programação Linear Inteira Mista (PPLIM). Este problema baseou-se em analisar as variáveis flexíveis, não-discrecionárias e limitantes, as quais desejou-se saber se as mesmas seriam categorizadas como variáveis de entrada ou de saída, permitindo que cada DMU escolhesse qual seria a melhor classificação das variáveis sob análise que otimizasse o desempenho da mesma.

A desvantagem do modelo proposto por Toloo e Barat (2015) aplicado nesta pesquisa foi que a maioria das DMUs, obrigada a obedecer a restrição definida pela Equação 4.6, a qual garante que pelo menos uma variável flexível seja classificada como variável de entrada, classificou somente uma variável flexível como variável de entrada. Nesta pesquisa poderia existir outras variáveis flexíveis que estivessem em excesso, mas foram classificadas como estando em falta pelo fato do modelo utilizado possuir orientação a

output, maximizando o valor assumido pela maioria das variáveis analisadas.

Os resultados encontrados nesta pesquisa podem fornecer informações úteis para o apoio à gestão das IES, além de possibilitar ao Inep priorizar quais dados devem ser coletados para gerar informações estatísticas relevantes que possam auxiliar na tomada de decisão, pois a técnica DEA não permite apenas identificar as áreas que necessitam de melhoria, mas também descrever as possibilidades de desenvolvimento das mesmas, através de respostas a perguntas relativas a pontos fracos e fortes de cada instituição sob análise (NAZARKO ET. AL, 2014).

Como sugestões para trabalhos futuros, pode-se implementar:

- Uma análise de eficiência para as DMUs observadas, não com o intuito de mensurar a eficiência dos cursos de graduação em Engenharia de Produção e ranqueá-los, mas sim examinar a eficiência dos mesmos através do Índice de *Malmquist*, a fim de verificar se houve um aumento de produtividade dos cursos ao longo dos três anos analisados;
- Uma análise de sensibilidade das variáveis utilizadas nesta pesquisa, a fim de confirmar numericamente o quanto cada variável que está em excesso deve ter seu valor reduzido, e o quanto cada variável que está em falta deve ter seu valor incrementado;
- Um comparativo de desempenho dos cursos de graduação em Engenharia de Produção entre as instituições públicas e privadas conveniadas ao Ministério da Educação, pois costuma-se argumentar que esta comparação é subjetiva e carece de informações claras. DEA tem suas limitações e não pode fingir ser uma técnica universal e totalmente objetiva. No entanto, o uso consciente da mesma pode vir a ser uma fonte de informações valiosas sobre o desempenho das IES.

Os recursos humanos das IES devem ser bem geridos, a fim de melhorar a qualidade do ensino superior. Para ajudar a garantir bons retornos para os indivíduos, as universidades devem ser capazes de ajudar os alunos a adquirir as habilidades que eles precisam tanto para torná-los empregáveis no curto prazo, quanto para permitir que os mesmos possam prosseguir com a aprendizagem ao longo da vida (OCDE, 2010).

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, M.; DOUCOULIAGOS, C. **The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis**. *Economics of Education Review*, 22, 89-97, 2003.
- ABBOTT, M.; DOUCOULIAGOS, C. **Competition and efficiency: Overseas students and technical efficiency in Australian and New Zealand universities**. *Education Economics*, 17(1), 31–57 (2009).
- ABRAMOWITZ, M. **Resource and output trends in the United State since 1870**. *American Economic Review*, 46(2), p. 5-23, 1956.
- AFONSO, A.; SANTOS, M. **Students and teachers a DEA approach to the relative efficiency of Portuguese public universities**. Working Papers, Technical University of Lisbon, n. 2005/07, 2004.
- AIGNER, D. J.; LOVELL, C. A. and SCHMIDT, P. **Formulation and estimation of stochastic frontier production function models**, *Journal of Econometrics*, 6, 21–37 (1977).
- ALLEN, J.; INENAGA, Y.; VAN DER VELDEN, R.; YOSHIMOTO, K. **Competencies, higher education and career in Japan and the Netherlands (Higher Education Dynamics)**. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2007.
- ALMEIDA, M.R.; MARIANO, E.B.; REBELATTO, D.A.N. **Análise por Envoltória de Dados - Evolução e Possibilidades de Aplicação**. In: IX SIMPOI - Simpósio de Administração de Produção, Logística e Operações Internacionais, São Paulo, 2006.
- AMIRTEIMOORI, A.; EMROUZNEJAD, A.; KHOSHANDAM, L. **Classifying flexible measures in data envelopment analysis: a slack-based measure**. *Measurement* 46:4100–4107 (2013).
- ARAÚJO, C. H.; LUZIO, N. **Educação: quantidade e qualidade**. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP, 16 ago. 2004. Disponível em: <https://www.artigonal.com/educacao-artigos/educacao-quantidade-e-qualidade-1849151.html>. Acessado em: 05 ago. 2015.
- ARROW, K. J. **The economic implications of learning by doing**. *Review of Economic Studies*, v. 19, 1962.

- AVKIRAN, N. K. **Investigating technical and scale efficiencies of Australian Universities through Data Envelopment Analysis**, Socio-Economic Planning Sciences, 35, 57–80, 2001.
- AZADEH, A.; GHADERI, S.F; OMRANI, H.; EIVAZY, H. **An integrated DEA-COLS-SFA algorithm for optimization and policy making of electricity distribution units**, Energy Policy 37, 2605–2618, 2009.
- AZAMBUJA, A.M.V. **Análise de eficiência na gestão do transporte urbano por ônibus em municípios brasileiros**.410p. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- BADIN, N. T. **Avaliação da produtividade de supermercados e seu benchmarking**. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- BANDEIRA, D. L.; BECKER, J.L.; BORESTEIN, D. **Eficiência Relativa dos Departamentos da UFRGS utilizando AED**. Tese em engenharia de produção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- BANKER, R.D.; CHARNES A.; COOPER, W.W. **Some models for estimation technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis**. Management Science, 30(9):1078-1092, 1984.
- BARBETTA, G.; TURATI, G. **Efficiency of junior high schools and the role of proprietary structure**. Annals of Public and Cooperative Economics, 74, 529–551, 2003.
- BARRO, R. **Human capital and growth**. American Economic Review, 91(2), 12–17, 2001.
- BATTU, H.; SEAMAN, P.; SLOANE, P. **Overeducation, undereducation and the British labour market**. Applied Economics, 31(11), 1437–1453, 1999.
- BEASLEY, J. **Determining teaching and research efficiencies**. Journal of the Operational Research Society. 46, 441–452, 1995.
- BELLONI, I. **Uma Metodologia de Avaliação da Eficiência Produtiva de Universidades Federais Brasileiras**. Tese de Doutorado, UFSC, 2000.
- BERTOLIN, J. C. G. **Avaliação da qualidade do sistema de educação superior brasileiro em tempos de mercantilização - período 1994-2003**. 282f. Tese do Programa de Pós-Graduação em Educação - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- BIONDI NETO, L. **Neuro – DEA: Nova Metodologia para Determinação da**

Eficiência Relativa de Unidades Tomadoras de Decisão. Rio de Janeiro. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

BONACCORSI, A.; DARAIIO, C. **Exploring size and agglomeration effects on public research productivity.** *Scientometrics* 63(1), pp. 87-120, 2005.

BONACCORSI A.; DARAIIO C; SIMAR L. **Advanced indicators of productivity of universities. An application of robust nonparametric methods to Italian data.** *Scientometrics* 66(2): 389–410, 2006.

BONACCORSI, A.; DARAIIO, C. **Characterising the European university system: a preliminary classification using census microdata.** *Science and Public Policy* 36(10): 763–775, 2009.

BORGES, R. S. **A significância da menção apurada a partir do Exame Nacional de Cursos ENC no âmbito na Análise Envoltória de Dados.** Dissertação de Mestrado em Educação. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2005.

BRASIL. **Comissão Nacional de Avaliação da Educação Superior. Portaria nº 2.051, de 9 de julho de 2004. Regulamenta os procedimentos de avaliação do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES), instituído na Lei nº 10.861, de 14 de abril de 2004.** Conaes, Brasília, DF, 2004. Disponível em: <https://www.ufmg.br/dai/textos/Portaria\%202051sinaes.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2015

BRASIL. **Lei nº. 10.861 de 14 de abril de 2004. Institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – SINAES e dá outras providências.** Brasília DF, 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.861.htm. Acessado em: 05 ago. 2015.

BRASIL. **Ministério da Educação. Secretaria de Ensino Superior. A coleta de dados das Ifes para alocação de recursos orçamentários.** Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.unifal-mg.edu.br/forplad/sites/default/RelatorioMatriz2006.pdf>. Acessado em: 28 nov. 2015.

BROWN, P.; LAUDER, H. **Economic Globalisation, Skill Formation and The Consequences for Higher Education,** in S. Ball, M. Apple and L. Gandin (eds.) *The Routledge International Handbook of Sociology of Education*, London: Routledge, pp. 229–240, 2009.

CAMP, R.C. **Benchmarking: The Search for Industry Best Practices that Lead to Superior Performance,** ASQC Quality Press, Milwaukee, WI, 1989.

CAMPOS, V. F. **Qualidade total: padronização de empresas.** Nova Lima, MG: Tecnologia e Serviços, 2004.

- CAPRA, F. **The turning point: Science, society and the rising culture**. Published by arrangement with Simon and Shuster, 1988.
- CARD, D.; KRUEGER, A. B. **School resources and student outcomes: An overview of the literature and new evidences from North and South Carolina**, Journal of Economic Perspective, 10(4), 31-50, 1996.
- CASADO, F.L; SILUK, J.C. **Aferição da Eficiência Técnica em Cursos de Engenharia de Produção no Brasil**. In: XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bento Gonçalves, RS, 2012.
- CASA NOVA, S.P.C. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis**. Tese (Doutorado em Ciências Contábeis) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- Caves, D.W.; CHRISTENSEN, L.R.; DIEWERT, W.E. **The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity**. Econometrica, 50(6), 1393-1414, 1982.
- CERETTA, P.S.; NIEDERAUER, C.A.P. **Rentabilidade e eficiência no setor bancário brasileiro**. RAC, v.5, n.3, set/dez, p.7-26, 2001.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. **Measuring the efficiency of decision making units**. European Journal of Operational Research. v. 2, n.º. 6. pp 429-444, 1978.
- CHARNES, A.; COOPER, W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L. M. **Data Envelopment Analysis: Theoriy, Metodology, and Application**. Boston/ Dordrecht/ London: Kluewer Academic Publishers, 1994.
- CHINIEN, C.; BOUTIN, F. **Defining Essential Digital Skills in the Canadian Workplace: Final Report, WDMConsultants**. European Centre for the Development of Vocational Training (CEDEFOP), **The Benefits of Vocational Education and Training, Publications Office of the European Union**, Luxembourg, 2011.
- CLARKE, M. **Understanding and managing employability in changing career contexts**, Journal of European Industrial Training 32(4): 258-284, 2008.
- COELLI, T. J. **A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data**, Empirical Economics, 20, 325-332, 1995.
- COELLI, T.; RAO, D. S. P.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- COLEMAN, J.S. **Equality of Educational Opportunity**. USGPO: Washington, DC, 1966.

- COOK, W. D.; ZHU, J. **Classifying inputs and outputs in data envelopment analysis.** *European Journal of Operational Research.* 180, 692–699, 2007.
- COOPER, W.W., L.M. Seiford and J. Zhu, **Handbook on Data Envelopment Analysis**, Boston, Kluwer Academic Publishers, 2004.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Introduction to Data Envelopment Analysis and its uses: with DEA-Solver software and references.** New York: Springer, 2006.
- COSTA, D., F., C.; KAGIOUGLOU, M., A., L.; CALDAS, C. **Benchmarking initiatives in the construction industry: lessons learned and improvement opportunities**, *Journal of Management in Engineering*, Vol. 22 No. 4, pp. 158-67, 2006.
- COSTA, E. M.; RAMOS, F.S.; SOUZA, H.R. **Eficiência e Desempenho no Ensino Superior: Uma Análise da Fronteira de Produção Educacional das IFES Brasileiras.** *Revista Economia Contemporânea*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 415-440, 2012.
- CUTLER, D.M.; LLERAS-MUNEY, A. **Education and Health: Evaluating Theories and Evidence**, NBER Working Paper, No. 12352, 2006.
- DEBREU, G. **The coefficient of resource utilization.** *Econometrica*, v. 19, n.3, p. 273-92, 1951.
- DECRETO Nº 2.026, de 10 de outubro de 1996. **Estabelece procedimentos para o processo de avaliação de cursos e instituições de ensino superior.** Casa Civil, Brasília, DF, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D2026.htm. Acesso em: 30 mai. 2015.
- DENISON, E. F. **The sources of economic growth in the United States and the alternatives before us**, United States, Committee for Economic Development Study, 1962.
- DEUTSCH, J.; DUMAS, A. SILBER, J. **Estimating an educational production function for five countries of Latin America on the basis of the PISA data.** *Economics of Education Review* 36 245–262, 2013.
- DE WITTE, K.; MAASEN VAN DEN BROEK, H. GROOT, W. **The efficiency of education in generating literacy: A stochastic frontier approach.** *Review of Economics and Finance.* (in press), 2013.
- DE WITTE, K.; LÓPEZ-TORRES, L. **Efficiency in education: a review of literature and a way forward.** *Journal of the Operational Research Society*, 0160-5682, 2015.

- DICIONÁRIO AURÉLIO. Disponível em: <http://dicionariodoaurelio.com> acessado em: 17 jun. 2015.
- DOLTON, P.; VIGNOLES, A. **The incidence and effects of overeducation in the U.K. graduate labour market.** *Economics of Education Review*, 19(2), 179–198, 2000.
- DOLTON, P.; MARCENARO, O. D. NAVARRO, L. **The effective use of student time: A stochastic frontier production function case study.** Mimeo, 2001.
- DUENHAS, R.L. **O Compartilhamento do Financiamento das Instituições Públicas de Ensino Superior: Análise Empírica Utilizando os Microdados do INEP.** Tese de Doutorado em Desenvolvimento Econômico, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná –UFPR, 2013.
- DUNDAR, H. LEWIS, D.R. **Determinants of research productivity in higher education,** *Research in Higher Education* 39(6), pp. 607-631, 1998.
- EDUCATION TRAINING. **Supporting education and training in Europe and beyond.** Disponível em: http://ec.europa/education/policy/strategicframework/index_en.htm. Acessado em: 18/02/2015.
- EFRON, B.; TIBSHIRANI, R.J. **An Introduction to the Bootstrap.** Chapman and Hall, Inc., New York, 1993.
- ENADE 2001. **Relatório Síntese: Engenharia Grupo VI.** Disponível em: http://download.inep.gov.br/relatorio_sintese/2011_engenharia_grupo_VI.pdf. Acessado em: 30 jun. 2015.
- FAÇANHA, L. O.; MARINHO, A. **IPEA, Texto para discussão, nº 813, p.27,** agosto de 2001.
- FARE, R.; DROGRAMACI, A. **Applications of morden production theory: efficiency and productivity.** Boston, MA, EUA: Kluwer Academic Publishers, 1987.
- FARE, R.; GROSSKOPF, S. **Intertemporal production frontiers: with dynamic DEA.** Norwell: Kluwer, 1996.
- FARRELL, M.J. **The measurement of productive efficiency.** *Journal of the Royal Statistical Society - Series A*, v.120, n.3, p. 253-90, 1957.
- FRENETTE, M. **The overqualified Canadian graduate: The role of the academic program in the incidence, persistence, and economics return to overqualification.** *Economics of Education Review*, 23 (1), 29–45, 2004.
- FRIED, H. O.; LOVELL, K. C.A.; SCHMIDT, S. S. **The measurement of productive efficiency and productivity growth.** New York: Oxford University Press, 2008.

- GARCIA-ARACIL, A.; MORA, J. G.; VILA, L. E. **The rewards of human capital competencies for young European higher education graduates.** *Tertiary Education and Management*, 10 (4), 287–305, 2004.
- GARCIA, A.; PALOMARES, D. **Evaluation of Spanish universities: Efficiency, technology and productivity change.** Prime-Latin America Conference at Mexico City, September 24-26, 1-33, 2008.
- GEVA-MAY, I. **Higher education and attainment of policy goals: interpretations for efficiency indicators in Israel,** *Higher Education*, 42(3), 265–305, 2001.
- GLADWELL, M. **Fora de Série: Outliers.** Editora: Sextante, 2008.
- GOMES, E.G.; et al. **Avaliação de eficiência de companhias aéreas brasileiras: uma abordagem por Análise de Envoltória de Dados.** IN: SETTI, J.R.A.; LIMA, 2001.
- HALL, P. **On the Number of Bootstrap Simulations Required to Construct a Confidence Interval,** *Ann. Statistics*, v.14, 1453– 1462, 1986.
- HANUSHEK, E. A. **The economics of schooling: production and efficiency in public schools,** *Journal of Economic Literature*, 24, 1141- 1177, 1986.
- HANUSHEK, E. A.; KIMKO, D. D. **Schooling, labor-force quality, and the growth of nations.** *American Economic Review*, 90 (5), 1184–1208, 2000.
- HANUSHEK, E. A.; LUQUE, J. A. **Efficiency and equity in schools around the World,** NBER. Working Paper, 2002.
- HANUSHEK, E. A. **The failure of input based schooling policies.** *The Economic Journal* 113(485): F64–F98, 2003.
- HARTOG, J. **Over-education and earnings: Where are we, where should we go?** *Economics of Education Review*, 19(2), 131–147, 2000.
- HASSARD, J.; MCCANN, L.; MORRIS, J.L. **Managing in the New Economy: Restructuring White-Collar Work in the USA, UK and Japan,** Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
- IZADI, H., JONES, G.; OSKROCHI, R. CROUCHLEY, R. **Stochastic frontier estimation of a CES cost function: The case of higher education in Britain.** *Economics of Education Review*, 21, 63–71, 2002.
- JOHNES, G.; JOHNES, J. **International Handbook on the Economics of Education,** Edward Elgar Publishing Ltd Cheltenham, UK. Northampton, MA, USA, 2004.
- JOHNES, G. **Education and economic growth.** Lancaster University Management

School. Working paper no.2006/019, 2006.

JOHNES, G. SCHWARZENBERGER, A. **Differences in cost structure and the evaluation for efficiency: The case of German universities.** *Education Economics*, 19(5), 487–499, 2011.

JOHNES, G.; JOHNES, J. THANASSOULIS, E. **An analysis of costs in institutions of higher education in England.** *Studies in Higher Education*, 33(5), 527– 549, 2008.

JOHNES, J. **Measuring teaching efficiency in higher education: An application of data envelopment analysis to Economics graduates for UK universities.** *European Journal of Operational Research*, 2005.

JOHNES, J. **Efficiency and mergers in English higher education 1996/97 to 2008/9: Parametric and non-parametric estimation of the multi-input multi-output distance function.** *The Manchester School*, 82(4), 465–487, 2014.

KAMPELMANN, S.; RYCXB, F. **The impact of educational mismatch on firm productivity: Evidence from linked panel data.** *Economics of Education Review* 31, 918– 93, 2012.

KANE, T.J.; STAIGER, D. O. **The Promise and pitfalls of using imprecise school accountability measures,** *Journal of Economic Perspective*, 16(4), pp.91-114, 2002.

KASSAI, S. **Utilização da Análise por Envoltória de Dados (DEA) na Análise de Demonstrações Contábeis.** Tese de Doutorado - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

KATHARAKI, M.; KATHARAKIS, G. **A comparative assessment of Greek universities' efficiency using quantitative analysis.** *International Journal of Educational Research*, Volume 49, Issues 4-5, Pages 115-128, ISSN 0883-0355, 2010.

KAZEMI, M. R.; KUOSMANEN, T. **Theory of integer valued data envelopment analysis under alternative returns to scale axioms.** *Omega, The International Journal of Management Science* 37, 988–995, 2009.

KNIGHT, F.H. **The Economic Organization.** New York: Harper and Row, 1965 (Publicado originalmente em 1933). In: FRIED, Harold O.; LOVELL, Knox C.A.; SCHMIDT, Shelton S. **The measurement of productive efficiency and productivity growth.** New York: Oxford University Press, 2008.

KRUEGER, A. B. **Economic considerations and class size.** *Economic Journal* 113(485): F34–F63, 2003.

LEUVEN, E.; OOSTERBEEK, H. **Overeducation and mismatch in the labor market.** IZA Discussion Paper, 5523, 2011.

- LIMA, R. C. **Desenvolvimento econômico e empreendedorismo**. Revista de Estudos Universitários, Recife, PE, v. 22, n. 1, p. 37-43, 2002.
- LORENZETT, J.R.; LOPES, A. L. M.; LIMA, M.V.A. **Aplicação do método de pesquisa operacional DEA na avaliação de desempenho de unidades produtivas para área de educação profissional**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2004.
- LUCAS, R. E. Jr. **On the Mechanics of Economic Development**. National Bureau of Economic Research. 1989.
- LUCAS, R. E. **Ideas and growth**. *Economica*, 76 (301), 1–19, 2009.
- MALMQUIST S. **Index Numbers and Indifference Surfaces**. *Trabajos de Estadística*, n. 4, p. 209-242, 1953.
- MANKIW, N. G. **Macroeconomia**. 5. ed. Rio de Janeiro, 2004.
- MARGINSON, S., VAN DER WENDE, M. C. **To rank or to be ranked: The impact of global rankings in higher education**. *Journal for Studies in International Education*, 11(3–4), 306–329, 2007.
- MCGUINNESS, S. **Graduate overeducation as a sheepskin effect: Evidence from Northern Ireland**. *Applied Economics*, 35(5), 597–608, 2003.
- MCGUINNESS, S. **Overeducation in the labour market**. *Journal of Economic Surveys*, 20(3), 387–418, 2006.
- MCMILLAN, M. L. CHAN, W. H. **University efficiency: A comparison and consolidation of results from stochastic and non-stochastic methods**. *Education Economics*, 14(1), 1–30, 2006.
- MEC/INEP, **Ministério da Educação: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa Educacionais Anísio Teixeira. Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior SINAES – Da Concepção à Regulamentação**. 2. Ed. Brasília, DF, setembro de 2004.
- MEZA, L.A.; MELLO, J.C.C.B.S.; GOMES, E.G.; FERNANDES, A.J.S. **Seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia elétrica**. *Investigação Operacional*, n.27, p.21-36, 2007.
- NAZARKO, J.; KUŹMICZ, A. K.; SZUBZDA, E.; URBAN, J. **The general concept of benchmarking and its application its higher education in Europe**, *Higher Education in Europe* 3–4: 497–510, 2009.
- NAZARKO. J.; SAPARAUSKAS, J. **Application of DEA method in efficiency evaluation of public higher education institutions**. *Technological and Economic De-*

velopment of Economy, Volume 20(1): 25–44, 2014.

OCDE. **Programme for International Student Assessment (PISA)** Disponível em: http://www.pisa.oecd.org/pages/0,2987,en_32252351_32235731_1_1_1_1_1_1.html, 2013.

OCDE. **Education at a Glance 2013: OECD Indicators, OECD Publishing.** Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/eag-2013-en>, 2013.

OCDE. **Education at a Glance 2015: OECD Indicators, OECD Publishing.** Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/eag-2015-en>, 2015.

OLIVEIRA, C. E. M.; TURRIONI, J. B. **Avaliação de Desempenho de Instituições Federais de Ensino Superior Através da Análise Envoltória de Dados (DEA).** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26, Fortaleza, CE, Brasil, 9-11 Out. 2006.

ONDRICH, J.; RUGGIERO, J. **Efficiency measurement in the stochastic frontier model**, European Journal of Operational Research, 129, 434–42, 2001.

ÖNSEL, Ş.; ÜLENGİN, F.; ULUSOY, G.; AKTAŞ, E.; KABAK, Ö.; TOPCU, Y. İ. 2008. **A new perspective on the competitiveness of nations**, Socio-Economic Planning Sciences 42: 221–246, 2008.

PENA, C. R. **Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA)**, Revista de Administração Contemporânea, 12(1), 83- 106, 2008.

PESSANHA, J. F. M. **Modelos de fronteira estocástica na definição de metas globais de continuidade das distribuidoras de energia elétrica.** Relatório estudo orientado, PUC-Rio, 2003.

PODINOVSKI, V.V. **Bridging the gap between the constant and variable returns-to-scale models: selective proportionality in data envelopment analysis.** Journal of the Operational Research Society 55, 265–276, 2004.

PRITCHETT, L. **Where has all the education gone.** World Bank Economic Review, 15(3), 367–391, 2001.

QUELHAS, O. **Boletim Informativo ABEPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção.** Ano 1, N1, maio de 2006.

RAUHVARGERS, A. **Global university rankings and their impact.** Brussels: European University Association, 2011.

RESENDE, M. **Relative efficiency measurement and prospects for yardstick competition in Brazilian electricity distribution**, Energy Policy 30, 2002, 637–

647, 2002.

RIBEIRO, M. B; MACHADO, P. C.; FERNANDES, U.M. **Custos Operacionais Eficientes para o setor de Saneamento Básico**. Agência Reguladora de águas, 2009.

RICHMOND, J., 1974. **Estimating the efficiency of production**, Int. Econom. Rev., 515-521.

RIVKIN, S. G. **Black/white difference in schooling and employment**, Journal of Human Resource, 30(4), pp.826-52, 1995.

ROMER, P. M. **The origins of endogenous growth**. Journal of Economic Perspectives, v.8, n.1 Winter, 1994. **Increasing returns and long-run growth**. Journal Political Economy, v. 94, n. 5, 1996.

SAGIORO, R. **Conhecimento, Inovação e Crescimento Econômico – Uma aplicação do modelo de Solow ao Brasil**. Anais do II Encontro Científico da Campanha Nacional das Escolas da Comunidade (IIEC-CNEC), Varginha, 9-10, 2004.

SALERNO, C.S. **What we know about the efficiency of higher education institutions: the best evidence**. Center for Higher Education Policy Studies (CHEPS). Publications Posted, oct. 2008.

SARAFIDIS, V. **An Assessment of Comparative Efficiency Measurement Techniques**. Europe Economics, 2002.

SCHLITZ, T. **Investment in human capital**, American Economic Review, 51(1),1-17, 1961.

SHEPHARD, R. **Cost and production functions**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1953.

SILVERMAN, B. W. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis**. London: Chapman and Hall, 1998.

SIMAR, L.; WILSON, P.W. **Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models**. Management Science 44, 1998.

SOARES MELLO J.C.C.B; GOMES E.G.; BIONDI NETO L.; LINS M.P.E. **Suavização da fronteira DEA: o caso BCC tridimensional**. In: ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE DENTEINVESTIGAÇÃO OPERACIONAL, 2004.

SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; MEZA, L.A.; GOMES, E.G.; NETO, L.B. **Curso de Análise Envoltória de Dados**. Em: XXXVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 2005, Gramado. Anais Gramado: Rio Grande do Sul, p.2520-47, 2005.

- SOLOW, R. **A contribution to the theory of economic growth**, Quarterly Journal of Economics, 70(1), 65-94. 1956.
- STELLA, A., WOODHOUSE, D. **Ranking of higher education institutions**. Occasional Publications Series No: 6, Melbourne, AUQA, 2006.
- STEVENS, P. A. **A stochastic frontier analysis of English and Welsh universities**. Education Economics, 13(4), 355–374, 2005.
- STØREN, L. A.; AAMODT, P. O. **The quality of higher education and employability of graduates**. Quality in Higher Education, 16 (3), 297–313, 2010.
- TAYLOR, B.; HARRIS, F. **Relative Efficiency among South African universities: A data envelopment analysis**. School of Economics and Management, University of Natal. Higher Education 47: 73-89, 2002.
- TEICHLER, U. **Does higher education matter? Lessons from a comparative graduate survey**. European Journal of Education, 42 (1), 11–34, 2007a.
- TEICHLER, U. **Careers of university graduates. Views and experiences in comparative perspectives, higher education dynamics**, (Vol. 17), New York: Springer, 2007b.
- THOMAS, G. **Productivity, Efficiency, and Managerial Performance Regress and Gains in United States Universities: A Data Envelopment Analysis**. Advances in Management and Applied Economics, vol.2, no.3, 13-32, 2012.
- THURSBY, J. G. **What Do we Say about Ourselves and What Does it Mean? Yet Another Look at Economics Department Research**, Journal of Economic Literature, 38, 383–404, 2000.
- TOLOO, M. **On classifying inputs and outputs in DEA: a revised model**. Europe Journal of Operational Research 198:358–360, 2009.
- TOLOO M.; BARAT M.; MASOOMZADEH A. **On considering dual-role factor in supplier selection problem**. Math Method Operational Research 82:107–122, 2015.
- TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). **Orientação para o cálculo dos indicadores de gestão**. Brasília: TCU, março de 2004.
- VANDENBUSSCHE, J.; AGHION, P.; MEGHIR, C. **Growth, distance to frontier and composition of human capital**. Journal of Economic Growth, 11 (2), 97–127, 2006.
- VAN DER MEER, P. **Two validity of two education requirement measures**. Economics of Education Review, 25(2), 211–219, 2006.

- VARIAN, H. R., **Microeconomia: princípios básicos**. Tradução da 7^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- VELASCO, M. S. **Do higher education institutions make a difference in competence development? A model of competence production at university**. Springer Science. High Education 68:503–523. DOI 10.1007/s10734-014-9725-1, 2014.
- VERHINE, R.E.; DANTAS, L.M.V.; SOARES, J.F. **Do Provão ao ENADE: uma análise comparativa dos exames nacionais utilizados no Ensino Superior Brasileiro**. Revista Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação Vol. 14 n. 52, p. 291-310, 2006.
- VERRY, D. W.; DAVIS, B. **University Costs and Outputs**. Amsterdam: Elsevier, 1976.
- VILELA, D.L. **Utilização do método Análise Envoltório de Dados Para Avaliação do Desempenho Econômico de Cooperativas de Crédito**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 2004.
- WALDO, S. **Competition and public school efficiency in Sweden – An empirical evaluation of second-stage results for different models of non-discretionary inputs in data envelopment analysis**. Mimeo, 2006.
- WARNING, S. **Performance differences in German higher education: Empirical analysis of strategic groups**. Review of Industrial Organization, 24(4), 393–408, 2004.
- WORTHINGTON, A.C. **An empirical survey of frontier efficiency measurement techniques in education**. Education Economics 9(3): 245–268, 2001.
- ZAFIROPOULOS, C.; VRANA, V. **Service quality assessment in a Greek higher education institute**, Journal of Business Economics and Management 9(1): 33–45, 2008.
- ZOGHBI, A. C.; ROCHA, F. MATTOS, E. **Education production efficiency: Evidence from Brazilian universities**. Economic Modelling, 31, 94–103, 2013.

ANEXO A – DADOS REFERENTES AO ANO DE 2008

DMU	Proporção Mestres	Proporção Doutores	Regime Integral	Aluno Tempo Integral	Aluno Equivalente	Ingressantes	Concluintes	Bolsas	Nota Enade
1(2008)	0.705	0.396	1.000	341.890	683.780	66	29	54	3.201
2(2008)	0.904	0.731	1.000	243.860	487.720	45	46	65	4.425
3(2008)	0.773	0.182	0.955	330.660	661.320	64	26	3	3.872
4(2008)	0.967	0.917	1.000	178.610	357.220	34	21	45	2.816
5(2008)	0.788	0.545	1.000	149.840	299.680	28	24	3	1.941
6(2008)	0.732	0.437	1.000	242.300	484.600	46	30	21	2.054
7(2008)	0.831	0.588	1.000	488.780	977.560	93	58	27	3.781
8(2008)	0.931	0.729	1.000	463.450	926.900	89	45	11	3.666
9(2008)	0.643	0.514	1.000	226.400	452.800	42	40	4	4.158
10(2008)	0.738	0.508	1.000	212.380	424.760	41	18	17	2.719
11(2008)	0.833	0.576	1.000	373.450	746.900	71	45	12	3.999
12(2008)	0.923	0.738	1.000	228.120	456.240	43	32	30	3.933
13(2008)	0.778	0.222	1.000	216.970	433.940	42	17	0	1.802
14(2008)	0.800	0.367	1.000	316.070	632.140	61	27	62	2.092
15(2008)	0.615	0.077	0.923	158.610	317.220	30	21	0	1.567
16(2008)	0.917	0.583	1.000	513.780	1027.560	98	58	44	4.056
17(2008)	0.695	0.432	1.000	505.910	1011.820	97	51	0	3.313
18(2008)	0.793	0.345	1.000	417.710	835.420	81	31	12	1.595
19(2008)	1.000	0.909	1.000	179.920	359.840	35	12	27	3.735

ANEXO B - DADOS REFERENTES AO ANO DE 2011

DMU	Proporção Mestres	Proporção Doutores	Regime Integral	Aluno Tempo Integral	Aluno Equivalente	Ingressantes	Concluintes	Bolsas	Nota Enade
1(2011)	0.934	0.566	1.000	417.380	834.760	82	18	55	3.234
2(2011)	0.922	0.686	1.000	260.580	521.160	49	38	18	3.310
6(2011)	0.850	0.525	1.000	461.890	923.780	90	29	20	3.648
9(2011)	0.710	0.570	1.000	296.480	592.960	57	28	41	4.780
10(2011)	0.926	0.731	1.000	354.430	708.860	69	23	26	2.919
11(2011)	0.935	0.762	1.000	423.780	847.560	80	58	29	4.185
12(2011)	0.970	0.761	1.000	312.300	624.600	60	30	56	3.796
13(2011)	0.882	0.235	1.000	283.280	566.560	56	8	0	1.247
14(2011)	0.896	0.313	1.000	407.380	814.760	80	18	27	3.191
16(2011)	0.929	0.500	1.000	468.290	936.580	88	69	29	3.069
18(2011)	0.640	0.080	1.000	400.170	800.340	77	37	0	0.776
19(2011)	1.000	1.000	1.000	163.690	327.380	32	9	0	3.307
20(2011)	0.974	0.763	1.000	274.020	548.040	53	22	7	3.477
21(2011)	0.987	0.684	1.000	235.330	470.660	46	13	14	3.780
22(2011)	1.000	0.926	1.000	477.550	955.100	91	55	33	4.271
23(2011)	0.697	0.515	1.000	286.970	573.940	56	17	1	2.143
24(2011)	0.800	0.730	1.000	247.710	495.420	47	31	24	3.294
25(2011)	0.846	0.596	1.000	311.150	622.300	61	15	6	3.423
26(2011)	0.940	0.731	1.000	357.710	715.420	69	31	0	3.608
27(2011)	0.843	0.608	1.000	330.250	660.500	64	25	28	2.984
28(2011)	1.000	0.875	1.000	365.820	731.640	73	2	26	4.124
29(2011)	0.913	0.652	1.000	136.970	273.940	26	17	0	3.450
30(2011)	0.763	0.553	1.000	251.640	503.280	50	4	0	4.425
31(2011)	0.908	0.338	1.000	463.690	927.380	92	9	0	2.743
32(2011)	0.915	0.404	1.000	66.150	132.300	12	15	0	2.281
33(2011)	0.792	0.333	1.000	264.920	529.840	52	12	5	2.754
34(2011)	0.926	0.537	1.000	160.410	320.820	32	1	0	2.811

ANEXO C - DADOS REFERENTES AO ANO DE 2014

DMU	Proporção Mestres	Proporção Doutores	Regime Integral	Aluno Tempo Integral	Aluno Equivalente	Ingressantes	Concluintes	Bolsas	Nota Enade
1(2014)	0.899	0.606	1.000	394.270	534.270	75	47	64	3.975
2(2014)	0.875	0.688	1.000	226.560	366.560	44	16	20	4.735
4(2014)	1.000	0.917	0.900	174.840	219.840	33	24	33	3.953
5(2014)	0.825	0.464	1.000	160.660	180.660	30	26	15	1.610
6(2014)	0.796	0.556	1.000	503.860	758.860	97	46	43	3.001
7(2014)	0.965	0.844	1.000	472.550	647.550	90	55	26	3.335
8(2014)	0.929	0.821	1.000	506.160	601.160	95	76	37	3.126
9(2014)	0.923	0.795	1.000	304.020	489.020	59	22	49	4.645
10(2014)	0.903	0.697	1.000	231.970	371.970	45	17	20	3.394
12(2014)	0.934	0.787	1.000	347.630	462.630	66	43	22	4.601
13(2014)	0.938	0.250	1.000	334.510	609.510	66	11	32	0.911
14(2014)	0.830	0.319	1.000	465.990	720.990	90	39	50	2.082
18(2014)	0.867	0.233	1.000	344.680	429.680	65	48	15	0.785
19(2014)	1.000	1.000	1.000	155.330	240.330	30	13	0	2.073
20(2014)	0.925	0.774	1.000	385.910	495.910	73	51	18	3.405
21(2014)	0.894	0.765	1.000	212.300	262.300	40	30	11	3.990
22(2014)	1.000	0.963	1.000	478.210	518.210	89	81	28	4.929
25(2014)	0.857	0.714	1.000	258.610	403.610	50	21	59	2.612
26(2014)	0.982	0.877	1.000	405.990	600.990	78	39	1	3.850
28(2014)	1.000	0.882	1.000	344.760	494.760	66	36	19	3.168
29(2014)	0.879	0.667	1.000	106.970	121.970	20	17	4	2.533
30(2014)	0.833	0.611	1.000	246.070	346.070	47	27	6	4.176
32(2014)	0.892	0.378	1.000	271.480	391.480	52	28	0	2.551
33(2014)	0.851	0.468	1.000	289.840	449.840	56	24	0	2.156
35(2014)	0.991	0.942	1.000	588.290	803.290	112	69	0	4.194
36(2014)	0.958	0.814	1.000	386.400	556.400	74	40	0	3.158
37(2014)	0.966	0.598	1.000	179.020	239.020	34	22	2	2.950
38(2014)	0.806	0.313	1.000	374.100	694.100	74	10	4	2.469
39(2014)	0.875	0.458	1.000	162.380	227.380	31	18	0	1.548
40(2014)	0.976	0.829	1.000	428.280	813.280	85	8	31	4.386
41(2014)	0.947	0.789	1.000	214.920	364.920	42	12	11	4.360
42(2014)	0.946	0.703	1.000	268.610	423.610	52	21	21	1.397
43(2014)	0.887	0.566	1.000	298.690	548.690	59	9	30	2.524
44(2014)	0.826	0.261	1.000	255.330	440.330	50	13	0	1.609