

DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE CURSOS DE ENGENHARIA DE UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO SUPERIOR.

Rafael Santos Tavares

Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156, São Domingos, Niterói, RJ
rafaeltavares13@hotmail.com

Lidia Angulo Meza

Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156, São Domingos, Niterói, RJ
lidia_a_meza@pq.cnpq.br

RESUMO:

O estudo tem como objetivo avaliar a eficiência dos cursos de graduação em engenharia da Universidade Federal Fluminense em relação a sua capacidade de agregar conhecimentos aos seus alunos. Para isso, será utilizado o modelo de retornos variáveis de escala (BCC) orientado a *outputs*. Três variáveis serão consideradas na modelagem, sendo dois *inputs* e um *output*. O desempenho dos estudantes ingressantes e concluintes no Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE) em ciclos diferentes será levado em consideração, juntamente com o corpo docente que compõe cada curso de graduação. Espera-se que através da análise das eficiências propostas pelo modelo de análise envoltória de dados utilizado, e pelas variáveis escolhidas, seja possível avaliar quais cursos estão preparando melhor seus alunos, dado os recursos disponíveis (melhores práticas). Os índices de eficiência composta permitirão o desempate das unidades eficientes e poderão auxiliar na identificação das unidades eficientes por *default*.

Palavras-chave: Eficiência invertida, Eficiência composta, DEA, Ensino Superior, Cursos de Engenharia.

Área Principal: Análise Envoltória de Dados.

ABSTRACT:

The study aims to evaluate the efficiency of undergraduate courses in Engineering from the Federal Fluminense University regarding its ability to transfer knowledge to their students. For this, we use the model of variable returns to scale (BCC) oriented outputs. Three variables are considered in the modeling, two inputs and one output. The performance of entering and graduating students in the National Student Performance Exam (ENADE) in different semesters will be considered, in conjunction with the faculty that composes each degree course. We hope that through the analysis of efficiencies proposed by the Data Envelopment Analysis model used, and the chosen variables, it is possible to assess which courses are better at preparing their students, given the available resources (best practices). The composed efficiency indexes will allow break ties among the efficient units and may assist in the identification of efficient units by default.

Keywords: Composed Efficiency, DEA, Higher Education, Engineering Courses.

Main area: Data Envelopment Analysis.

1. Introdução:

A universidade pública brasileira possui um importante papel social, contribuindo para o ingresso de milhares de jovens no mercado de trabalho e possibilitando a ascensão na carreira e na vida desses indivíduos. Uma parte significativa dos estudantes que cursam o ensino médio no Brasil tem pretensão de ingressar em uma universidade federal e para alcançar essa meta sabem que terão que enfrentar um processo seletivo rigoroso, uma vez que a oferta não é suficiente para suprir a demanda por uma vaga nessas instituições.

Esses jovens buscam a oportunidade de adequar-se às exigências impostas pelas organizações modernas e alcançar uma posição de qualidade no mercado laboral. Dessa forma, esperam que a Instituição de Ensino Superior (IES), por meio do curso de graduação, seja capaz de oferecer as condições necessárias para o desenvolvimento de conhecimentos e habilidades de forma a atender essa expectativa, cumprindo assim, um dos objetivos centrais da universidade (KATHARAKI; KATHARAKIS, 2010).

Breu e Raab (1994) destacam que com a limitação orçamentária das instituições e a preocupação com a qualidade do ensino fornecido, os gestores das IES estão mais dispostos a aceitar o conceito de eficiência e a sua mensuração como instrumento de apoio à tomada de decisões gerenciais. Desse modo, a avaliação da eficiência no contexto das universidades federais é uma alternativa aos gestores públicos, à comunidade acadêmica e à sociedade em geral, primeiro, para a obtenção de informações que auxiliem na otimização da aplicação dos principais recursos utilizados pelas IES, que são financiados, em sua grande maioria, mediante a arrecadação de tributos pelo governo federal. E segundo, para o estabelecimento de pontos de referência a serem alcançados, objetivando destacar as melhores práticas e eliminar possíveis desperdícios existentes, a partir de melhorias na eficiência que conduzirão essas instituições a alcançar seu pleno potencial (ABBOTT; DOUCOULIAGOS, 2003).

Casado (2007, p.59) afirma que “a literatura sobre a avaliação de universidades no Brasil está carente de modelos quantitativos de avaliação da eficiência produtiva que contemplem os múltiplos fatores envolvidos na atividade universitária [...]”. Ainda que exista um plano de avaliação institucional proposto pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), métodos que visem a análise das informações obtidas e que reflitam o desempenho institucional das diversas IES espalhadas pelo país, devem ser levados em consideração, uma vez que podem oferecer parâmetros comparativos interinstitucionais e metas de melhorias para as unidades com baixo desempenho.

Esse artigo tem como objetivo avaliar, através da análise envoltória de dados (DEA), a eficiência dos cursos de graduação em engenharia oferecidos pela Universidade Federal Fluminense (UFF), em relação à sua capacidade de agregar conhecimentos aos alunos durante sua formação acadêmica, e para isso foram utilizados dados do ENADE entre os anos de 2008 e 2011, contemplando o desempenho dos estudantes ingressantes e concluintes de cada curso.

Dessa forma, o estudo pretende propor uma modelagem DEA com retornos variáveis de escala e orientada a *outputs*, capaz de refletir a contribuição desses cursos de graduação na formação acadêmica dos estudantes. Na modelagem proposta, três variáveis serão utilizadas para atingir o objetivo do trabalho: i) desempenho dos estudantes ingressantes de cada curso, referente à avaliação do componente específico do ENADE; ii) o corpo docente em exercício que participa efetivamente do curso de graduação; e iii) o desempenho dos estudantes concluintes na avaliação do componente específico da prova do ENADE.

Espera-se que a metodologia proposta seja capaz de contribuir tanto para a análise dos dados brutos oferecidos pelo relatório do curso com os resultados do Exame Nacional de Desempenho de Estudantes disponibilizados pelo INEP, quanto para aperfeiçoamento dos modelos avaliativos do ensino superior já existentes.

O artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 aborda os conceitos referentes à metodologia DEA e propõe uma revisão bibliográfica da utilização de DEA no Ensino Superior; a seção 3 apresenta a metodologia adotada pelo estudo; a seção 4 apresenta os resultados; e finalmente a seção 5 traz as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros.

2. Referencial Teórico.

2.1. Análise envoltória de dados.

Conhecido como DEA, devido à abreviação do termo em inglês “*Data Envelopment Analysis*”, a análise envoltória de dados consiste em uma ferramenta baseada em modelos de programação matemática que mensura a eficiência de unidades produtivas denominadas de DMU’s (*Decision Making Units*). Trata-se de uma abordagem não paramétrica que utiliza técnicas de programação linear para determinar quais são as unidades produtivas eficientes e assim traçar uma fronteira de eficiência que auxilia as unidades “não eficientes” a observar o caminho a ser percorrido para tornar-se uma unidade considerada eficiente.

Existem dois modelos de DEA considerados clássicos: O modelo CCR (CHARNES, COOPER, RHODES, 1978) e o modelo BCC (BANKER, CHARNES, COOPER, 1984). O primeiro trabalha com retornos constantes de escala, ou seja, para qualquer variação nos recursos utilizados no processo, ocorrerá uma variação proporcional nos resultados desse processo. Já o segundo, considera retornos variáveis de escala, isto é, permitem que as unidades produtivas que trabalham com baixos valores de recursos (*inputs*) tenham retornos crescentes de escala, já aquelas unidades que trabalham com altos valores de recursos possuam retornos decrescentes de escala (SOARES DE MELLO et al., 2005).

Quanto à orientação do modelo DEA, podemos destacar duas: a orientação a *inputs*, que visa a diminuição dos recursos utilizados, mantendo-se os mesmos níveis de resultados obtidos, e a orientação a *outputs* que almeja a maximização dos resultados obtidos, mantendo-se os mesmos recursos.

O quadro 1 mostra a formulação matemática do modelo BCC orientado a *outputs*, isto é, os problemas de programação linear (PPL’s) primal (modelo dos multiplicadores) e dual (modelo do envelope) utilizados para a obtenção dos escores de eficiência desse estudo. Rubem et al. (2014, p.317) lembra que “os modelos DEA clássicos possuem duas formulações equivalentes (envelope e multiplicadores), que fornecem o mesmo resultado de eficiência para cada DMU, já que constituem problemas duais”.

Quadro 1 - Formulações Matemáticas do modelo BCC

	MULTIPLICADORES	ENVELOPE
MODELO BCC ORIENTADO A OUTPUTS	$\text{Min } \sum_{i=1}^r v_i x_{ip} + v_s$ sujeito a $\sum_{j=1}^n u_j y_{jp} = 1$ $-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^n u_j y_{jk} - v_s \leq 0, \forall k$ $v_i, u_j \geq 0, v_s \in \mathfrak{R}$	$\text{Max } h_o$ sujeito a $x_{ip} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i$ $-h_o y_{jp} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ $\lambda_k \geq 0, \forall k$

Fonte: Adaptado de Soares de Mello et al., 2005.

Por fim, destaca-se, ainda sobre a análise envoltória de dados, o nível crescente de publicações sobre o assunto e a diversidade das temáticas abordadas pela ferramenta. Através de uma análise aprofundada das pesquisas envolvendo DEA nos primeiros 30 anos de história da técnica (1978-2008), Enrouznejad, Parker e Tavares (2008) constataram o crescimento rápido e contínuo da produção científica e da aplicação da ferramenta tanto no setor público, quanto na iniciativa privada, com o foco voltado para a mensuração da eficiência nessas atividades.

2.2. A utilização de DEA na avaliação de eficiência no Ensino Superior.

A análise envoltória de dados é um método que tem sido amplamente utilizado desde o seu surgimento em 1978, e diversas aplicações em diferentes áreas de atuação são encontradas na literatura. Destaca-se o caso das instituições sem fins lucrativos, ou cenários onde o aspecto financeiro não é a única vertente importante (SOARES DE MELLO et al., 2005). Sobre isso, Pena (2008, p. 92) destaca: “o método DEA tem-se aplicado com sucesso no estudo da eficiência da administração pública e organizações sem fins lucrativos”. Essa particularidade tem contribuído para a aplicação da análise envoltória de dados em diversos setores e campos de atuação, como por exemplo: mensuração da eficiência em universidades públicas (ABBOTT & DOUCOULIAGOS, 2003; JOHNES, 2006; ANGULO MEZA et al., 2003), em hospitais e clínicas públicas (LINS et al., 2007), avaliação da eficiência do Poder Judiciário (NOGUEIRA et al., 2012), avaliação da eficiência energética (SOUZA, 2012), avaliação da eficiência ambiental de meios de transporte (GABRIELE et al., 2013), e até mesmo avaliação da eficiência na utilização das receitas públicas (BEUREN, MOURA, KLOEPEL, 2013).

A aplicação de DEA no setor educacional vem desde a sua origem. O artigo de Charnes, Cooper e Rhodes (1978), já previa a avaliação de programas educacionais destinados a auxiliar os alunos desfavorecidos em escolas públicas dos EUA (COOPER, SEIFORD, TONE, 2000). Esse artigo originou-se dos esforços para avaliar os resultados de um projeto chamado “*Program Follow Through*”, uma grande tentativa por parte do *US Office* (agora Ministério da Educação) para aplicar os princípios do planejamento estatístico de experimentos para um conjunto de escolas combinadas em um estudo de âmbito nacional.

No ensino superior a ferramenta encontra um terreno fértil para a avaliação da eficiência de diferentes unidades de tomada de decisão (DMU's). Basta consultar uma base científica, como por exemplo, a base Scopus, vinculada ao Portal de Periódicos da Capes, para encontrar diversos registros de documentos científicos que vinculem os termos *data envelopment analysis*, *higher education* e *efficiency*.

A partir daí é possível verificar a diversidade de DMU's consideradas na mensuração da eficiência do ensino superior. Uma grande parte desses artigos, pretende avaliar o grau de eficiência entre universidades de um determinado país (SELVA, MEDINA, MARZAL, 2014; BERBEGAL-MIRABENT, LAFUENTE, SOLÉ, 2013). Também se encontra na literatura a avaliação da eficiência entre universidades de diferentes países (AGASISTI; PÉREZ-ESPARRELLS, 2010; AGASISTI; POHL, 2012). Outros estudos focam na avaliação do desempenho de departamentos acadêmicos (CHEN, 2013; ALWADOOD, NOOR, KAMARUDIN, 2011), cursos de graduação (MIRANDA, GRAMANI, ANDRADE, 2012) programas de MBA (COLBERT, LEVARY, SHANER, 2000), hospitais universitários (MEDIN et al., 2011), bibliotecas universitárias (REICHMANN; SOMMERSGUTER-REICHMANN, 2009), e sistemas de ensino superior de um conjunto de países de uma determinada região (BAYENET; DEBANDE, 1999).

No âmbito do ensino superior brasileiro, um trabalho amplamente conhecido, que marca a aplicação dessa metodologia em IES brasileiras é a tese de doutorado de Belloni (2000), desenvolvida na Universidade Federal de Santa Catarina. O trabalho analisa a eficiência produtiva de 33 universidades brasileiras, considerando quatro modelos que apresentam diferentes variáveis para mensurar a eficiência sob diferentes perspectivas.

Cavalcante (2011), também em sua tese de doutorado, propõe um estudo descritivo acerca dos desempenhos dos cursos de graduação da Universidade Federal do Ceará, utilizando DEA para avaliar a eficiência de 30 unidades produtivas entre os anos de 2006 e 2009.

Por fim, outro trabalho que propõe a mensuração da eficiência em cursos de graduação de universidades brasileiras foi proposto por Dalmas (2000). Trata-se de mais uma tese de doutorado que objetiva a avaliação do desempenho de cursos de Administração oferecidos na região sul do país, e para tanto, considera os resultados do antigo Exame Nacional de Cursos (ENC) de 1998. Este instrumento avaliativo proposto pelo MEC ficou vigente até o ano de 2003

e posteriormente foi substituído pelo Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE), que será utilizado como base nesse trabalho.

2.3. Eficiência composta.

Com o objetivo de eliminar as unidades classificadas como falsamente eficientes e proporcionar uma maior discriminação das DMU's, ou seja, diminuir a quantidade de unidades empatadas na fronteira de eficiência (maior poder discriminatório), YAMADA, MATUI, SUGIYAMA, (1994) propuseram um método conhecido como fronteira invertida. Esse método consiste na inversão dos *inputs* com os *outputs* de forma a medir a ineficiência de uma DMU, proporcionando desse modo uma visão oposta da fronteira clássica de DEA (LETA et al., 2005).

O conceito de eficiência composta surge com a proposta de construir um índice que considere a avaliação pela fronteira invertida e que permita uma classificação completa das unidades em estudo. Esse índice é definido pela média aritmética entre a eficiência em relação à fronteira DEA convencional (padrão) e o complemento da eficiência em relação à fronteira invertida (SOARES DE MELLO et al., 2008).

É possível encontrar alguns exemplos de estudos que utilizam os escores de eficiência composta para avaliação de unidades de tomada de decisão (BARRETO; SOARES DE MELLO, 2012; ALVES et al., 2013; TSCHAFFON; ANGULO MEZA, 2014).

A equação 1 demonstra matematicamente como a eficiência composta é obtida:

$$Eff_c = \frac{[Eff_p + (1 - Eff_i)]}{2}, \quad (1)$$

onde: Eff_c é a eficiência composta, Eff_p é a eficiência padrão obtida e Eff_i é a eficiência invertida.

Salienta-se que o presente trabalho levará em consideração o índice de eficiência composta de cada curso de engenharia avaliado, com o intuito de minimizar a benevolência do modelo BCC, diminuindo dessa forma, o número de empates que supostamente ocorrerá se considerarmos apenas a eficiência padrão.

3. Estudo de Caso.

No presente estudo, é proposta a utilização de uma metodologia não-paramétrica para mensurar o desempenho dos cursos de graduação em engenharia oferecidos na Universidade Federal Fluminense, que representarão as DMU's a serem avaliadas.

Diversas metodologias podem ser utilizadas para a avaliação de eficiência, entretanto esse trabalho elegeu a Análise Envoltória de Dados como ferramenta mais apropriada para obtenção dos escores de eficiência de cada unidade sob análise, dada vantagens da técnica e a possibilidade de considerar os múltiplos *inputs* e *outputs* presentes no ensino superior.

Outro fator positivo do DEA é que o mesmo se adequa muito bem a setores produtivos que não tem como objetivo principal o lucro, como no caso das universidades federais e dos cursos de graduação.

Seguindo a orientação proposta por Golany e Roll (1989), os quais elencam três etapas a serem cumpridas na implementação do problema durante a modelagem DEA, foram definidos como unidades tomadoras de decisão os cursos de engenharia oferecidos pela universidade analisada.

Ao todo, a universidade oferece catorze cursos de graduação em engenharia, entretanto, serão utilizadas como DMU's todos aqueles que tenham disponíveis as informações relativas à cada variável definida pelo artigo. Dessa forma, a análise de eficiência será realizada com oito dos catorze cursos que formam o universo.

Serão excluídos da avaliação os cursos de Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente (Niterói), Engenharia de Agronegócios (Volta Redonda), Engenharia de Produção

(Volta Redonda), Engenharia Elétrica (Niterói), Engenharia Mecânica (Niterói) e Engenharia Mecânica (Volta Redonda) por não apresentarem de maneira completa as informações necessárias para análise da eficiência.

Os cursos de Engenharia Agrícola e Ambiental (Niterói), Engenharia Civil (Niterói), Engenharia de Petróleo (Niterói), Engenharia de Produção (Niterói), Engenharia de Produção (Rio das Ostras), Engenharia de Telecomunicações (Niterói), Engenharia Metalúrgica (Volta Redonda) e Engenharia Química (Niterói) comporão a amostra.

Sobre o número do tamanho da amostra ideal, em DEA, muitos autores discutem a respeito do mínimo de unidades de tomada de decisão a serem consideradas na análise para a obtenção de um resultado que consiga expressar com precisão os escores de eficiência. Nesse sentido, Caceres, Kristjanpoller e Tabilo (2014, p. 204) explicam que “para que a metodologia DEA tenha poder discriminatório, é necessário que a quantidade de unidades de decisão seja superior ao número de *inputs* e *outputs* considerados”.

Para compor a modelagem DEA, estabelecida segundo o objetivo traçado por esse estudo, serão utilizadas três variáveis, sendo duas variáveis de entrada (*inputs*) e uma variável de saída (*output*). O quadro 2 faz uma breve descrição das variáveis selecionadas para a avaliação de eficiência.

Quadro 2 – Variáveis utilizadas no estudo

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
Ingressante ENADE (ING_EN)	Esta variável é representada pelo desempenho dos estudantes ingressantes de cada curso, referente à avaliação do componente específico no ano de 2008 do ENADE.
Corpo docente (C_DOC)	Esse indicador reflete o tamanho do corpo docente em exercício que participa efetivamente do curso de graduação. Esses dados foram obtidos junto à Universidade Federal Fluminense, oriundos das informações enviadas para atender ao INEP, partindo dos diários de classe do ano da coleta (2012) de forma que, para cada docente, são verificados quais os cursos onde o mesmo leciona na graduação.
Concluinte ENADE (CONC_EN)	Essa variável de saída está diretamente vinculada à variável ING_EN. Representa o desempenho dos estudantes concluintes de cada curso na avaliação do componente específico, proposta pelo ENADE, no ano de 2011.

Salienta-se que no quadro 2 as duas primeiras variáveis listadas são os *inputs* utilizados na modelagem proposta e o último item refere-se ao *output* considerado.

Quanto às variáveis que refletem o desempenho dos estudantes no ENADE, destacamos que para o resultado dos estudantes ingressantes foi utilizado o período de avaliações anterior em relação aos concluintes. Com a divisão do ENADE em ciclos, não é possível retratar precisamente a duração padrão do curso e conseqüentemente o período de tempo estimado entre o ingresso e a diplomação do estudante, entretanto, acredita-se que a tri anualidade do exame é um fator aproximado que pode ser usado para representar essa lacuna temporal.

Por fim, acrescentamos que para o cálculo da eficiência dos cursos de graduação, optou-se pelo modelo de retornos variáveis de escala (BCC) com orientação a *outputs*.

4. Resultados.

4.1. Escores de eficiência dos cursos de Engenharia da UFF.

Para a avaliação da eficiência dos cursos de engenharia da UFF, este trabalho utilizará o software SIAD (Sistema Integrado de Apoio à Decisão), elaborado por Angulo Meza et al. (2005). Esse software possui modelos matemáticos utilizados em DEA já implementados, e auxiliará na obtenção dos índices de eficiência, possibilitando a interpretação dessas informações.

A tabela 1 fornece os principais dados estatísticos referentes às variáveis de entrada e de saída das unidades de tomada de decisão avaliadas.

Tabela 1 - Dados estatísticos dos *inputs* e *outputs*

	Inputs		Output
	ING_EN	C_DOC	CONC_EN
Máximo	46,2	193	49,4
Mínimo	25,3	33	27,5
Média	37,2	132	41,8
Desvio Padrão	8,03	49,48	8,29

A partir dos dados disponibilizados pelo INEP e pela UFF, foi possível a obtenção dos índices de eficiência das DMU's avaliadas. A tabela 2 dispõe os índices de eficiência obtidos por meio do software SIAD.

Tabela 2 - Eficiências dos cursos de graduação da UFF.

Curso	Padrão	Invertida	Composta
Engenharia Agrícola e Ambiental (Niterói)	0,55668	1	0,27834
Engenharia Civil (Niterói)	0,983806	0,565844	0,708981
Engenharia de Petróleo (Niterói)	0,92915	1	0,464575
Engenharia de Produção (Niterói)	0,908907	1	0,454453
Engenharia de Produção (Rio das Ostras)	1	0,968354	0,515823
Engenharia de Telecomunicações (Niterói)	1	0,706941	0,64653
Engenharia Metalúrgica (Volta Redonda)	1	0,55668	0,72166
Engenharia Química (Niterói)	0,637652	0,890029	0,373811

A tabela 2 traz o resultado obtido através do SIAD para as eficiências padrão, invertida, composta. É possível verificar que na eficiência padrão, três dos oito cursos de engenharia avaliados são considerados eficientes. A opção de não considerar a eficiência padrão deve-se a possibilidade de considerar DMU's que não são efetivamente eficientes na fronteira de eficiência. Na fronteira invertida Rodrigues e Angulo Meza (2009) explicam que é possível considerar duas possibilidades: a primeira é que a fronteira é formada por unidades com as piores práticas gerenciais (podendo ser chamada de fronteira ineficiente); a segunda é que essas mesmas unidades têm as melhores práticas, considerando o ponto de vista oposto. O presente trabalho irá focar na análise da eficiência composta, uma vez que o maior poder discriminatório irá possibilitar a diferenciação do desempenho das unidades sob análise.

A tabela 3 traz os cursos de graduação em engenharia da UFF ordenados de forma crescente, segundo os escores de eficiência composta apresentados por essas DMU's.

Tabela 3 - Eficiência composta.

Curso	Eficiência Composta
Engenharia Agrícola e Ambiental (Niterói)	0,27834
Engenharia Química (Niterói)	0,373811
Engenharia de Produção (Niterói)	0,454453
Engenharia de Petróleo (Niterói)	0,464575
Engenharia de Produção (Rio das Ostras)	0,515823
Engenharia de Telecomunicações (Niterói)	0,64653
Engenharia Civil (Niterói)	0,708981
Engenharia Metalúrgica (Volta Redonda)	0,72166

Uma vez que todos os cursos de engenharia foram devidamente ordenados segundo o índice de eficiência composta obtido, verificou-se que o curso de Engenharia Metalúrgica (Volta Redonda) é considerado eficiente de acordo com a eficiência padrão, apresentando escore 1, e concomitantemente possui o maior índice de eficiência composta. Isso sinaliza que de fato seus alunos concluintes conseguem ter uma boa performance no ENADE, dado o desempenho dos ingressantes no ciclo anterior do exame e o corpo docente disponível. Salienta-se que o referido curso consegue a maior pontuação na prova ENADE com o segundo menor corpo docente.

Os cursos de Engenharia de Telecomunicações (Niterói) e Engenharia de Produção (Rio das Ostras) apesar de considerados eficientes, segundo a eficiência padrão obtida, possuem índices de eficiência composta menores que o curso de Engenharia Civil (Niterói) que não apresentou índice 1 na eficiência padrão. Isso pode significar que esses dois cursos são eficientes por *default* ou "falsamente eficientes", ou seja, são eficientes por apresentarem o menor valor em um dos *inputs* e/ou o maior valor do *output* (GOMES, MANGABEIRA, SOARES DE MELLO, 2005). Verificando nos dados disponíveis para os cursos de Engenharia de Telecomunicações (Niterói) e Engenharia de Produção (Rio das Ostras) identificou-se de fato que o primeiro possui o menor *input* ING_EN e o último possui o menor *input* C_DOC, aumentando dessa forma as possibilidades de serem unidades eficientes por *default*.

Por fim, o curso de Engenharia Agrícola e Ambiental em ambas eficiências (padrão e composta) apresenta o pior desempenho entre as DMU's. Esse resultado era esperado, uma vez que o referido curso possui o maior corpo docente da análise e obtém o pior resultado na variável "desempenho dos estudantes concluintes" dentre os seus pares.

4.2. Conjunto de referência para as unidades ineficientes.

Através do uso da eficiência composta, foi possível verificar quais eram as unidades que apresentam os melhores desempenhos, independentemente da benevolência do modelo BCC. Assim, o uso da eficiência composta serviu para uma melhor discriminação dos resultados, sendo fundamental para o desempate dos cursos que obtiveram 100% na Eficiência Padrão.

Nos resultados de *benchmarks*, o software apresentará quais são as DMU's referenciais na Eficiência Padrão, calculada para as unidades ineficientes (BARRETO, SOARES DE MELLO, 2012), apontando por consequência as DMU's similares que podem servir de exemplo para aquelas que não fazem parte da fronteira de eficiência. A Tabela 4 mostra os benchmarks obtidos para as DMUs ineficientes utilizando o modelo BCC orientação outputs, fronteira padrão.

Tabela 4 - Benchmarks

DMU	Eng. de Produção (R. das Ostras)	Eng. de Telecomunicações (Niterói)	Eng. Metalúrgica (V. Redonda)
Eng. Agrícola e Ambiental (Niterói)	0	0	1
Eng. Civil (Niterói)	0	0	1
Eng. de Petróleo (Niterói)	0	0	1
Eng. de Produção (Niterói)	0	0	1
Eng. Química (Niterói)	0	0	1

Por meio da tabela 4 é possível verificar que a única unidade apontada como referência para as DMU's ineficientes é o curso de Engenharia Metalúrgica (Volta Redonda), mais uma evidência que os cursos de Engenharia de Produção (Rio das Ostras) e Engenharia de Telecomunicações (Niterói) são eficientes por *default*.

5. Conclusões.

O objetivo do trabalho em avaliar a eficiência dos cursos de graduação em engenharia da Universidade Federal Fluminense em relação à sua capacidade de agregar conhecimentos aos estudantes durante o período de sua formação acadêmica foi alcançado através da construção de uma modelagem DEA com três variáveis, sendo dois *inputs* e um *output*. A utilização do “desempenho dos estudantes ingressantes no ciclo 2008 do ENADE” como variável de entrada e do “desempenho dos estudantes concluintes no ciclo 2011” como variável de saída, permitiu que os resultados obtidos considerassem a duração padrão dos cursos, de forma aproximada, e assim, retratar com maior realidade o tempo em que o aluno esteve dentro da universidade desde o seu ingresso até a conclusão do curso.

Após a definição do modelo BCC, da orientação a *outputs* e da inserção dos dados no software escolhido para tratar as informações coletadas, foi possível a obtenção dos índices de eficiência padrão, invertida, composta. Verificou-se que os cursos de Engenharia de Produção (Rio das Ostras), Engenharia de Telecomunicações (Niterói) e Engenharia Metalúrgica (Volta Redonda) foram considerados eficientes de acordo com os escores da eficiência padrão, entretanto, dois deles possivelmente são eficientes por *default*, uma vez que o modelo BCC utilizado por esse estudo é mais benevolente que o modelo CCR e pode ter considerado os dois primeiros cursos como eficientes por simplesmente possuírem o menor valor nos *inputs* ING_EN e C_DOC, respectivamente.

Considerando o maior poder discriminatório da eficiência composta, foi possível identificar o curso de Engenharia Metalúrgica (Volta Redonda) como a unidade avaliada que melhor utiliza os seus recursos para transformá-los em resultados, de forma que, dado o desempenho dos ingressantes no ano de 2008 e o corpo docente disponível, o referido curso possibilitou aos alunos concluintes em 2011 um bom desempenho no ENADE, de forma que foi eficiente em agregar conhecimento aos seus alunos durante a formação acadêmica.

Também foi possível verificar que o curso de Engenharia Agrícola e Ambiental apresentou o pior desempenho entre as DMU's, observando tanto a eficiência padrão quanto a eficiência composta. Esse resultado deve-se ao fato do curso apresentar o maior corpo docente da análise, e ainda assim, obter o pior resultado na variável “desempenho dos estudantes concluintes” dentre os seus pares.

Por fim, quando analisamos as unidades de referência propostas pelo modelo, verificou-se que o curso de Engenharia Metalúrgica (Volta Redonda) foi apontado como a melhor prática a ser seguida por todas as DMU's ineficientes.

Como sugestão de trabalhos futuros, propõe-se expandir o número de DMU's analisadas, considerando todos os cursos de graduação oferecidos pela universidade. Para garantir a homogeneidade das unidades, é possível a divisão desses cursos em clusters menores segundo a sua área temática. Também propõe-se a adaptação da modelagem para verificar o comportamento da eficiência dos cursos de graduação com o acréscimo de variáveis à modelagem utilizada.

Referências.

- Abbott, M. e Doucouliagos, C.** (2003), The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis, *Economics of Education Review*, 22(1), 89-97.
- Agasisti, T. e Pérez-Esparrells, C.** (2010), Comparing efficiency in a cross-country perspective: the case of Italian and Spanish state universities, *Higher Education*, 59, 85-103.
- Agasisti, T. e Pohl, C.** (2012), Comparing German and Italian Public Universities: Convergence or Divergence in the Higher Education Landscape? *Managerial and Decision Economics*, 33, 71-85.
- Alves, L. A., Kramer; H. H., Tschaffon; P. B. e Soares de Mello, J. C. C. B.** (2013), Assessing efficiency and setting benchmarks for NBA teams through DEA and DMU clustering, In: 4th International Conference on Mathematics in Sport, Proceedings... Leuven, 2013.
- Alwadood, Z., Noor, N. M. e Kamarudin, M. F.** (2011), Performance measure of academic departments using data envelopment analysis. IEE Symposium of Business, Engineering and Industrial Applications (ISBEIA), Langkawi, Malaysia, p.395-399.
- Angulo Meza, L., Biondi Neto, L., Soares de Mello, J. C. C. B. e Gomes, E. G** (2005), ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model, *Pesquisa Operacional*, 25(3) 493-503.
- Angulo Meza, L., Gomes, E. G., Biondi Neto, L. e Coelho, P. H. G.** (2003), Avaliação do ensino nos cursos de Pós-graduação em engenharia: Um enfoque quantitativo de avaliação em conjunto, *Engvista*, 5(9),41-49.
- Banker, R. D., Charnes, A. e Cooper, W. W.** (1984), Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis, *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Barreto, A. S. e Soares de Mello, J. C. C. B.** Benchmarks de eficiência no processamento de petróleo com produtos químicos, *Relatórios de pesquisa em engenharia de produção*, v.12 n.4, Universidade Federal Fluminense, p. 41-52, 2012.
- Bayenet, B. e Debande, O.** (1999), Performance of education and research activities of higher education systems of the OECD, *Annals of Publican and Cooperative Economics*, 70, 659-686.
- Belloni, J. A.** Uma Metodologia de Avaliação da Eficiência Produtiva de Universidades Federais Brasileiras. 2000. 245f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- Berbegal-Mirabent, J., Lafuente, E. e Solé, F.** (2013), The pursuit of knowledge transfer activities: An efficiency analysis of Spanish universities, *Journal of Business Research*, 66, 2051-2059.
- Beuren, I. M., Moura, G. D. e Kloeppe, N. R.** (2013), Práticas de governança eletrônica e eficiência na utilização das receitas: uma análise nos estados brasileiros, *Revista de Administração Pública*, 47(2), 421-441.
- Breu, T. M. e Raab, R. L.** (1994), Efficiency and perceived quality of the nation's "Top 25" national universities and national liberal arts colleges: An application of data envelopment analysis to higher education, *Socio-Economic Planning Sciences*, 28(1), 33-45.
- Caceres, H., Kristjanpoller, W. e Tabilo, J.** (2014), Análisis de la eficiencia técnica y su relación con los resultados de la evaluación de desempeño en una universidad chilena, *Innovar*, 24(54), 199-217.
- Casado, F. L.** (2007), Análise envoltória de dados: conceitos, metodologia e estudo da arte na educação superior, *Revista Sociais e Humanas*, 20(1), 59-71.
- Cavalcante, S. M. A.** Avaliação da eficiência acadêmica dos cursos de graduação da Universidade Federal do Ceará (UFC): utilização de indicadores de desempenho como elementos estratégicos de gestão. 2011. 216p. Tese (Doutorado em Educação) Fortaleza, 2011.
- Charnes A., Cooper W. W. e Rhodes E.** (1978), Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Chen, L.** (2013), Parametric and Non-parametric Methods of Measuring Departmental Performance: An Application to Higher Education. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON

SERVICE SYSTEMS AND SERVICE MANAGEMENT, 10, 2013, Hong Kong. Conference...
Hong Kong, 786-791.

Colbert, A., Levary, R. R. e Shaner, M. C. (2000), Determining the relative efficiency of MBA programs using DEA, *European Journal of Operational Research*, 125(3), 656-669.

Cooper, W. W., Seiford, L. e Tone, K., *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000.

Dalmas, J. C. Avaliação de eficiência produtiva de cursos de graduação, empregando análise envoltória de dados. 2000. 127f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

Enrouznejad, A., Parker, B. R. e Tavares G. (2008), Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA, *Socio-Economic Planning Sciences*, 42, 151-157.

Gabriele, P. D., Brandão, L. C., Treinta, F. T., Soares de Mello, J. C. C. B. e Carvalho R. (2013), Comparação internacional da eficiência ambiental dos modos de transporte rodoviário e ferroviário, *Journal of Transport Literature*, 7(1), 212-229.

Golany, B. e Roll, Y. (1989), An application procedure for DEA, *Omega*, 17(3), 237-250.

Gomes, E. G., Mangabeira, J. A. C e Soares de Mello, J. C. C. B. (2005), Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso, *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 43(4), 607-631.

Johnes, J. (2006), Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education, *Economics of Education Review*, 25(3), 273-288.

Katharaki, M. e Katharakis, G. (2010), A comparative assessment of Greek universities' efficiency using quantitative analysis, *International Journal of Educational Research*, 49(4-5), 115-128.

Leta, F. R., Soares de Mello, J. C. C. B., Gomes E. G. e Angulo Meza L. (2005), Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos, *Investigação Operacional*, 25, 229-242.

Lins, M. E., Lobo, M. S. C., Silva, A. C. M., Fizman, R. e Ribeiro, V. J. P. (2007), O uso da Análise Envoltória de Dados (DEA) para avaliação de hospitais universitários brasileiros, *Ciência & Saúde Coletiva*, 12(4), 985-998.

Medin, E., Anthun K. S., Häkkinen U., Kittelsen S. A., Linna M., Magnussen J., Olsen K. e Rehnberg C. (2011), Cost efficiency of university hospitals in the Nordic countries: a cross-country analysis, *The European Journal of Health Economics*, 12(6), 509-519.

Miranda, R., Gramani, M. C. e Andrade, E. (2012), Technical efficiency of business administration courses: a simultaneous analysis using DEA and SFA, *International Transactions in Operational Research*, 19(6), 847-862.

Nogueira, J. M. M., Oliveira, K. M. M., Vasconcelos, A. P. e Oliveira, L. G. L. (2012), Estudo exploratório da eficiência dos Tribunais de Justiça estaduais brasileiros usando a Análise Envoltória de Dados (DEA), *Revista de Administração Pública*, 46(5), 1317-1340.

Pena, C. R. (2008), 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.

Reichmann, G. e Sommersguter-Reichmann, M. (2009), Efficiency measures and productivity indexes in the context of university library benchmarking, *Applied Economics*, 42(3), 311-323.

Rodrigues, R. e Angulo Meza, L. (2009), Avaliando a eficiência de equipes do sistema de manufatura - um estudo de caso no setor siderúrgico, *Anais do XLI SBPO*, 1559-1570.

Rubem, A. P. S., Moura, A. L., Oliveira, E., Soares de Mello, J. C. C. B. e Alves, L. A. (2014), Avaliação da eficiência produtiva de pequenos horticultores agroecológicos usando mapas auto-organizáveis e análise envoltória de dados. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 17, 2014, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Escola de Guerra Naval, 2014, p.314-327.

Selva, M. L. M., Medina, R. P. e Marzal, C. C. (2014), Calidad y eficiencia de las Universidades Públicas Española, *Revista de Estudios Regionales*, 99, 135-154.

Soares de Mello, J. C. C. B., Angulo Meza, L., Gomes, E. G., Fernandes, A. J. S. e Biondi Neto, L. (2008), Estudo não paramétrico da relação entre consumo de energia, renda e temperatura, *IEEE Latin America Transactions*, 6(2), 153-161.

Soares de Mello, J. C. C. B., Angulo Meza, L., Gomes, E. G. e Neto L. B. Curso de Análise Envoltória de Dados. In: XXXVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 37, 2005. Anais... Gramado, 2005, 2520-2545.

Souza, M. G. Z. N. Avaliação da eficiência energética usando análise envoltória de dados: aplicação aos países em desenvolvimento. 2012. 177 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Universidade De São Paulo, São Paulo.

Tschaffon, P.B. e Angulo Meza, L. (2014), Assessing the efficiency of the electric energy distribution using data envelopment analysis with undesirable outputs, *IEEE Latin America Transactions*, 12 (6), 1027-1035.

Yamada, Y., Matui, T. e Sugiyama, M. (1994), New analysis of efficiency based on DEA, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 37, 158-167.