



UTILIZAÇÃO DE DEA (DATA ENVELOPMENT ANALYSIS) PARA A
DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO
DOS INSTITUTOS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS/UNICAMP

Tathiana Farinelli Sanchez RA 046576

INTRODUÇÃO

Para a realização desse projeto, fixa-se o objetivo de avaliar e determinar a eficiência dos programas de pós-graduação oferecidos pela Universidade Estadual de Campinas, a Unicamp.

Depara-se aqui com a primeira questão significativa: como medir na prática, a produtividade? E ainda mais, como comparar Instituições? As dificuldades na medição da produtividade podem ser desdobradas nas seguintes questões: quais as entradas e saídas que devemos considerar e como podemos medir o relacionamento entre tais entradas e saídas.

Para tais questões, desenvolveu-se uma técnica com capacidade de comparar a eficiência de múltiplas unidades de serviço. A técnica, referida como Análise Envoltória de Dados (DEA), contabiliza explicitamente o mix de entradas e saídas de forma confiável. Então, o método pode ser utilizado para comparar um grupo de unidades de serviços a fim de identificar as unidades relativamente ineficientes, medindo a magnitude das ineficiências, e, pela comparação das unidades ineficientes com as eficientes, descobrir formas para reduzir as ineficiências.

Contudo, volta-se ao inicial objetivo: efetuar uma avaliação da potencialidade da metodologia de DEA calculando as eficiências de cada instituto da Unicamp quanto às pós-graduações.

Primeiramente faz-se necessário um desenvolvimento a respeito da técnica DEA e um detalhamento do processo da pós-graduação da Universidade.

- Quanto à Universidade:

Os cursos de pós-graduação da UNICAMP formam pesquisadores e profissionais de alto nível. Os pós-graduandos e seus orientadores geram uma vigorosa produção científica, tecnológica, cultural e artística. Vale à pena ressaltar o significativo número em torno de 800 teses de doutorado que são concluídas anualmente na UNICAMP.

Os institutos são 20 e separados por áreas de interesse. Serão considerados para o estudo e comparação as seguintes Unidades e Institutos:

Ciências Biomédicas: **FCM** (Faculdade de Ciências Médicas) **FEF** (Faculdade de Educação Física), **FOP**(Faculdade de Odontologia de Piracicaba), **IB** (Instituto de Biologia)

Ciências Exatas: **IMECC** (Instituto de Matemática, Estatística Computacional e Científica), **IC** (Instituto de Computação), **IFGW** (Instituto de Física), **IG** (Instituto de Geociências), **IQ** (Instituto de Química)

Ciências Humanas, Sociais e Artes: **FE** (Faculdade de Educação), **IA** (Instituto de Artes), **IE** (Instituto de Economia), **IEL** (Instituto de estudo da Linguagem), **IFCH** (Instituto de Filosofia e Ciências Humanas)

Ciências da Engenharia: **FEAGRI** (Faculdade de Engenharia Agrícola), **FEC** (Faculdade de Engenharia Civil), **FEA** (Faculdade e Engenharia de Alimentos), **FEEC** (Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação), **FEM** (Faculdade de Engenharia Mecânica, Arquitetura e Urbanismo), **FEQ** (Faculdade de Engenharia Química)

Para efetuação da análise de Eficiência, consideram-se os seguintes dados registrados em 2008: número de professores, Valor do Contrato, Produções, Teses de Mestrado e Doutorado por Instituto.

- Quanto ao método de Análise Envoltória de Dados (DEA)

A Análise de Envoltória de Dados (do inglês *Data Envelopment Analysis* – DEA) é uma ferramenta matemática para a medida de eficiência de unidades produtivas, que tem como base a Programação Linear. Ela fornece uma medida para avaliar a eficiência relativa das unidades de tomadas de Decisão (DMU – *Decision Making Unit*). Cada DMU é representada por um conjunto de *S outputs* e um conjunto de *M inputs*. A idéia básica é a comparação dos *inputs* e *outputs*. Como definição inicial pode-se dizer que os *inputs* seriam aquelas variáveis que se quer minimizar e os *outputs* aquela que se quer maximizar.

Para que se possa estudá-la, torna-se necessário, primeiro, um detalhamento dos seguintes conceitos:

i. O conceito de eficácia

A eficácia está ligada apenas ao que é produzido, sem levar em conta os recursos usados para a produção.

Exemplo: Se um curso pré-vestibular conseguiu aprovar 15 alunos em um vestibular para o curso de odontologia de uma universidade que oferece 20 vagas, podemos dizer que ele foi eficaz. No entanto, não sabe-se se foi eficiente. Não são conhecidos, entre outras coisas, que tipo de alunos estavam inscritos, quantos professores trabalhavam, quantas horas de aula por semana eram dadas, que recursos audiovisuais estavam à disposição etc.

Pode-se, então, dizer que eficácia é a capacidade de a unidade produtiva atingir a produção que tinha como meta.

ii. O conceito de produtividade

A produtividade se dá pela razão entre o que foi produzido e o que foi gasto para produzir. O quociente entre essas duas quantidades chama-se produtividade. Como é o resultado da divisão de duas quantidades diferentes, a produtividade tem unidades de medida, diferentes para cada caso.

Tendo várias empresas que desenvolvem atividades semelhantes pode-se comparar as suas produtividades e investigar porque razão umas são mais produtivas que outras. De forma genérica, uma empresa é mais produtiva que outra 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, ou outras. O importante é que a maior produtividade é, via de regra, decorrente de alguma decisão tomada. Portanto, do ponto de vista deste tipo de análise, as unidades produtoras tomaram decisões e, por isso serão, doravante, denominadas por “Unidades que Tomam Decisões” (mais uma vez, as DMU’s citadas acima).

iii. O conceito de eficiência

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. Há importantes distinções na forma de avaliar a quantidade mencionada. Os chamados métodos paramétricos supõem uma relação funcional pré-definida entre os recursos e o que foi produzido. Normalmente, usam médias para determinar o que poderia ter sido produzido.

Outros métodos, entre os quais encontra-se a Análise de Envoltória de Dados, não fazem nenhuma suposição funcional e consideram que o máximo poderia ter sido produzido é obtido por meio da observação das unidades mais produtivas.

Estudados agora tais conceitos pode-se falar do método de Análise Envoltória de Dados. São várias as formulações dos modelos de DEA encontradas na literatura, entretanto dois modelos básicos DEA são geralmente usados nas aplicações: o modelo chamado de **CCR** (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978), também conhecido como **CRS** (Constant Returns to Scale), e o modelo BCC (BANKER, CHARNES e COOPER, 1984), também conhecido como **VRS** (Variable Returns to Scale).

O Primeiro modelo (**CCR**) avalia a eficiência total, identifica as DMUs eficientes e ineficientes e determina a que distância da fronteira de eficiência estão às unidades ineficientes. O segundo chamado (**VRS**), utiliza uma formulação que permite a projeção de cada DMU ineficiente sobre a superfície de fronteira (envoltória) determinada pelas DMUs eficientes de tamanho compatível.

Os modelos utilizados, desenvolvidos a partir do DEA, são capazes de conjugar em um único índice vários indicadores de natureza diferentes para a análise do desempenho organizacional. Pode-se perceber, então, que a modelagem possui as características de trabalhar diversas variáveis sem a necessidade de convertê-las para um padrão comum de unidade e de apoiar o processo decisório com uma técnica de natureza multicritério e, portanto, mais capaz de modelar a complexidade do mundo real.

Um caminho intuitivo para introduzir DEA é por meio de forma de razão. Para cada DMU, se que obter uma medida de razão de todos os outputs sobre todos os inputs, ou seja, os pesos ótimos u_j e v_i são obtidos pela resolução do seguinte problema de programação matemática:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } E_c &= \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jc}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ic}} \\
 \text{S.a.: } &\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \leq 1, \quad k = 1, 2, \dots, c, \dots, n \\
 &u_j \geq 0, \quad \forall j, \\
 &v_i \geq 0, \quad \forall i
 \end{aligned}$$

Como pode-se ver nestas modelagens, a medida de eficiência DEA é mais completa que as medidas de desempenho monodimensionais, pois são capazes de incorporar uma análise multicriterial e assim modelar melhor a complexidade do mundo real.

Temos os modelos com as diferentes fronteiras dados por:

$ \begin{aligned} \text{Max } E_c &= \sum_{j=1}^s u_j y_{jc} && \boxed{\text{CRS}} \\ \text{S.a.: } &\sum_{i=1}^m v_i x_{ic} = 1 \\ &\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, c, \dots, n \\ &u_j, v_i \geq 0, \quad \forall x, y. \end{aligned} $	$ \begin{aligned} \text{Max } E_c &= \sum_{j=1}^s u_j y_{jc} + u' && \boxed{\text{VRS}} \\ \text{S.a.: } &\sum_{i=1}^m v_i x_{ic} = 1 \\ &\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} + u' \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, c, \dots, n \\ &u_j, v_i \geq 0, \quad \forall x, y. \end{aligned} $
---	---

Para cada DMU a ser analisada, formula-se um problema de otimização com o objetivo de determinar os valores que esta DMU atribuiria aos multiplicadores u e v de modo a aparecer com a maior eficiência possível. O problema consiste em achar os valores das variáveis u_j e v_i , que são os pesos (importância relativa de cada variável), de modo que se maximize a soma ponderada dos outputs (output “virtual”) dividida pela soma ponderada dos inputs (inputs “virtual”) da DMU em estudo, sujeita na restrição de que esse quociente seja menor ou igual a um, para todas as DMUs. Logo as eficiências variam de 0 a 1 ou 0 % e 100 %.

MÉTODOS E RESULTADOS

- O Caso de Estudo

Como já mencionado no item II deste projeto, o assunto a ser analisado é a eficiência dos cursos de pós graduação da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

De antemão fez-se necessário a pesquisa de dados relevantes para tal análise. A escolha de variáveis de DEA é uma questão chave para a determinação da eficiência. As variáveis escolhidas devem ser significativas, isto é, variáveis que sejam reflexo ou influam na eficiência de cada unidade (no caso, de cada instituto).

A partir do Anuário de 2008, foram retirados os dados considerados significativos. As variáveis para a análise utilizando o método DEA seguem:

- número de docentes (única variável utilizada como input já que é a variável necessária para a obtenção dos produtos)
- número de teses de mestrado defendidas no ano, número de teses de doutorado defendidas no ano, valor do contrato e finalmente o número de produções (outputs).

Também faz-se necessário a especificação da questão da orientação do modelo. A orientação a *inputs*, usa-se quando a eficiência é atingida por uma redução equiproporcional de entradas, mantidas as saídas constantes; e orientação a *outputs*, quando se deseja maximizar os resultados sem diminuir os recursos.

A tabela descritiva para os dados considerados segue:

	Docentes	Valor contrato	teses mestrado	teses doutorado	produções
Instituto					
FCM	339.00	13927235.00	169.00	101.00	4543.00
FE	93.00	726008.00	75.00	80.00	1602.00
FEA	51.00	2232640.00	58.00	46.00	858.00
FEAGRI	39.00	722815.00	18.00	18.00	629.00
FEC	75.00	1377357.00	43.00	14.00	718.00
FEEC	91.00	2216252.00	70.00	26.00	743.00
FEF	35.00	43403105.00	29.00	20.00	609.00
FEM	80.00	1623698.00	78.00	32.00	822.00
FEQ	47.00	3419371.00	49.00	28.00	649.00
FOP	78.00	4820442.00	39.00	11.00	964.00
IA	105.00	2467912.00	46.00	24.00	1236.00
IB	122.00	13640913.00	88.00	78.00	1206.00
IC	44.00	2297963.00	25.00	12.00	325.00
IE	71.00	846727.00	19.00	12.00	191.00
IEL	66.00	2388051.00	64.00	61.00	1856.00
IFCH	91.00	5434910.00	82.00	61.00	2460.00
IFGW	89.00	5334628.00	22.00	26.00	410.00
IG	48.00	1060107.00	57.00	22.00	1013.00
IMECC	95.00	3782389.00	51.00	22.00	440.00
IQ	80.00	7176722.00	48.00	27.00	1147.00

A partir daí, pode-se fazer uma análise descritiva preliminar, com a utilização do *Software SAS*, que permite observar o comportamento da DMU com respeito a duas variáveis, um *input* e um *output* para cada modelo considerado (CCR ou VRS). E, com a ajuda do *Software SIAD* pode-se calcular a eficiência de cada instituto através do modelo DEA CCR e VRS.

Segue, abaixo, o **Gráfico 1** – Professores x Valor do Contrato e as eficiências calculadas somente para as duas variáveis (professores e valor do contrato).

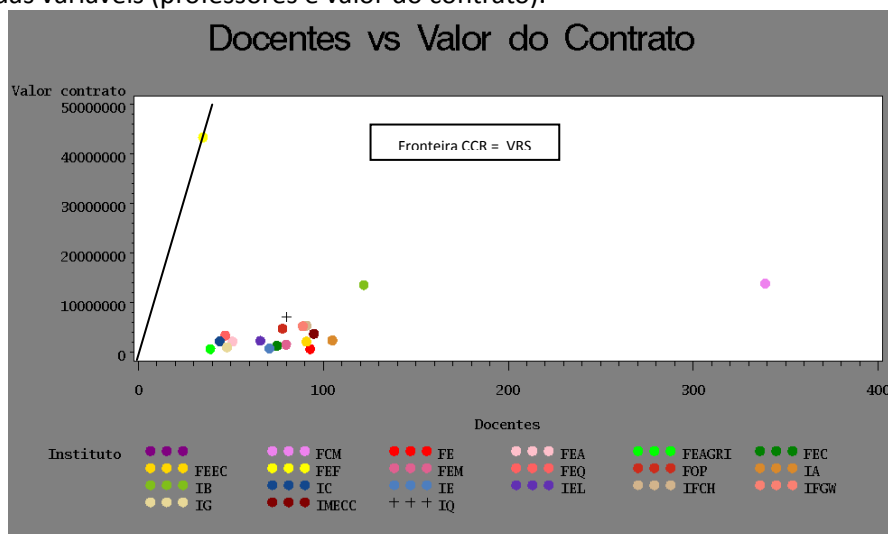


Gráfico 1

Docentes e Valor do Contrato

Instituto	Eficiência CCR	Eficiência VRS
FCM	3,31%	32,09%
FEF	100,00%	100,00%
FOP	4,98%	11,11%
IB	9,02%	31,43%
IMECC	3,21%	8,71%
IC	4,21%	5,29%
IFGW	4,83%	12,29%
IG	1,78%	2,44%
IQ	7,23%	16,54%
FE	0,63%	1,67%
IA	1,90%	5,69%
IE	0,96%	1,95%
IEL	2,92%	5,50%
IFCH	4,82%	12,52%
FEAGRI	1,49%	1,67%
FEC	1,48%	3,17%
FEA	3,53%	5,14%
FEEC	1,96%	5,11%
FEM	1,64%	3,74%
FEQ	5,87%	7,88%

Nesse gráfico tem-se desenhado ambas as fronteiras CCR e VRS que, no caso, coincidem.

Pode-se perceber que tanto para o modelo CCR quanto para o VRS apenas a DMU 'FEF' é eficiente. Nota-se também que os índices de eficiência calculados no modelo VRS são sempre iguais ou superiores aos calculados pelo CCR. Isso mostra a característica mais flexível de análise dos modelos VRS em relação ao CCR.

Além deste quadro pode-se usar o **gráfico 1** para se ter uma idéia da situação das DMU's. Este gráfico tem no eixo X o número de docentes e no eixo Y os valores de contratos. Uma análise possível, é que um instituto eficiente é aquele que combina bem o número de professores com o valor gasto em contratos, de modo a obter maior valor do contrato com menos professores. O **gráfico 1** também mostra as fronteiras de eficiência **CCR** e **VRS**, que ajudará a entender os resultados obtidos na análise.

Vamos começar explicando o modelo **CCR**. Este modelo pressupõe um retorno constante de escala. Ou seja, existe uma relação linear entre inputs e outputs, de modo que, um incremento ou uma redução de *input* gera um incremento ou uma diminuição proporcional de *outputs*. Isto quer dizer que serão eficientes os institutos que tiverem um melhor resultado da divisão entre *output* e *input*. Assim, os índices de eficiência, como são relativos, podem ser obtidos simplesmente, para esse caso de um *output* e um *input*, pela divisão dos resultados de *output/input* de cada DMU pelo maior valor encontrado para este quociente.

Graficamente a fronteira é obtida pela linha saindo da origem e passando pelos pontos mais altos (maiores relações *output/input*) que, neste caso é somente a DMU 'FEF'. A ineficiência de cada DMU é calculada pela distância de cada uma em relação à fronteira CCR, por uma linha

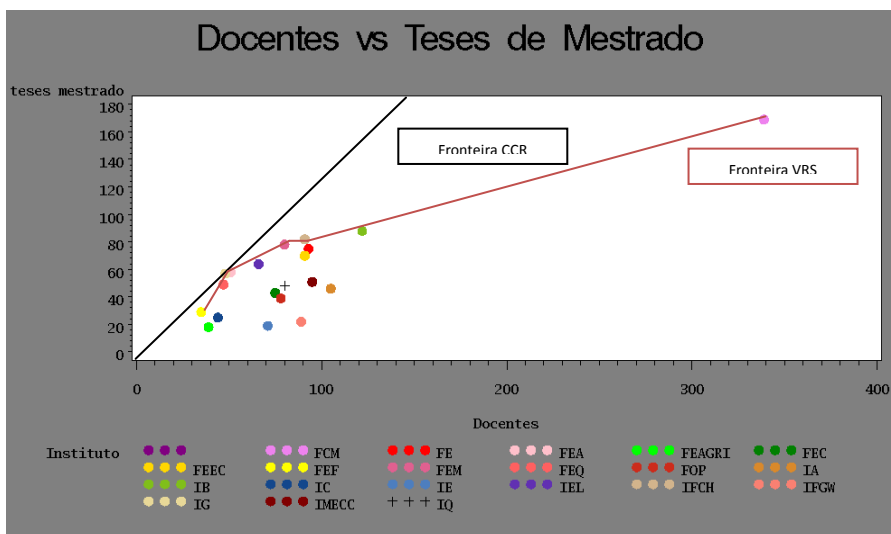
paralela ao eixo X. A idéia, então, é saber qual a redução de *input* (custos) necessária, mantendo-se os níveis de *output* (receita), para que o instituto se torne eficiente.

Já para o caso **VRS**, como não se tem a necessidade de proporcionalidade de *inputs* e *outputs*, pode-se encontrar mais DMU's eficientes além das que já eram eficientes no CCR. A idéia é incluir outras DMU's, através do tratamento de retornos variáveis de escala (crescentes ou decrescentes), que possam representar boas práticas na relação *output/input*. Com isso, as DMU's que têm as maiores e menores receitas e custos são incluídas na fronteira VRS. As ineficiências continuam sendo calculadas da mesma maneira.

No caso da DMU 'FEF', que não teve seu índice de eficiência modificado, percebe-se que a fronteira VRS e CCR, coincidentes com a DMU, estão sobrepostas.

Neste trabalho estaremos utilizando uma abordagem input, com o modelo DEA-CCR, pois observa-se uma maior capacidade de discriminar as várias alternativas apresentadas.

Segue, da mesma forma, o gráfico e eficiências considerando as variáveis docentes e número de teses de mestrado defendidas:

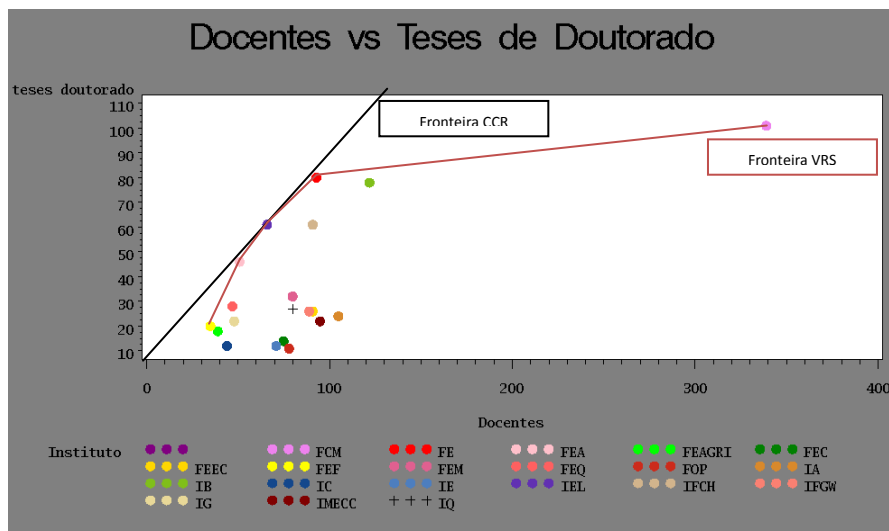


Docentes e Teses de Mestrado

Instituto	Eficiência CCR	Eficiência VRS
FCM	41,98%	100,00%
FEF	69,77%	100,00%
FOP	42,11%	50,82%
IB	60,74%	88,61%
IMECC	45,21%	47,59%
IC	47,85%	79,55%
IFGW	20,82%	39,33%
IG	100,00%	100,00%
IQ	50,53%	54,78%
FE	67,91%	81,11%
IA	36,89%	40,85%
IE	22,54%	49,30%
IEL	81,66%	88,89%
IFCH	75,88%	100,00%
FEAGRI	38,87%	89,74%
FEC	48,28%	55,33%
FEA	95,77%	97,11%
FEEC	64,78%	74,52%
FEM	82,11%	100,00%
FEQ	87,79%	94,22%

Agora, pode-se notar que a eficiência passa para as seguintes DMU's: IG no caso da fronteira CCR e FCM, FEF, IG, IFCH e FEM para a fronteira VRS.

Agora considerando docentes e teses de doutorados:

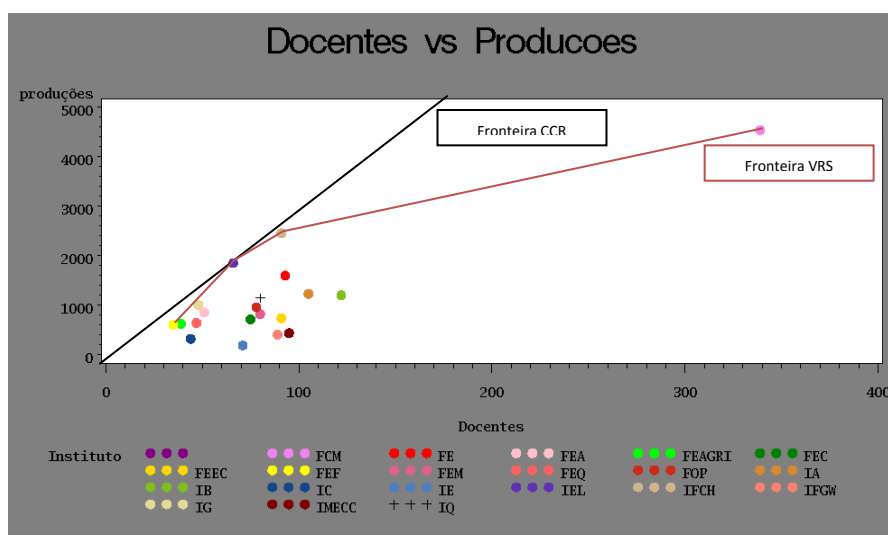


Docentes e Teses de Doutorado

Instituto	Eficiência CCR	Eficiência VRS
FCM	32,24%	100,00%
FEF	61,83%	100,00%
FOP	15,26%	44,87%
IB	69,18%	73,90%
IMECC	25,06%	38,14%
IC	29,51%	79,55%
IFGW	31,61%	43,47%
IG	49,59%	75,48%
IQ	36,52%	49,13%
FE	93,07%	100,00%
IA	24,73%	35,68%
IE	18,29%	49,30%
IEL	100,00%	100,00%
IFCH	72,53%	72,53%
FEAGRI	49,94%	89,74%
FEC	20,20%	46,67%
FEA	97,59%	100,00%
FEEC	30,91%	42,52%
FEM	43,28%	52,98%
FEQ	64,46%	84,94%

Agora, temos como eficientes as DMU's: IEL para CCR e FCM, FEF, FE, IEL e FEA para VRS.

E, finalmente, segue o gráfico e eficiência para as variáveis produções e docentes:



Docentes e Produções

Instituto	Eficiência CCR	Eficiência VRS
FCM	47,66%	100,00%
FEF	61,88%	100,00%
FOP	43,95%	56,19%
IB	35,15%	40,85%
IMECC	16,47%	36,84%
IC	26,27%	79,55%
IFGW	16,38%	39,33%
IG	75,05%	93,84%
IQ	50,98%	60,47%
FE	61,26%	64,18%
IA	41,86%	48,18%
IE	9,57%	49,30%
IEL	100,00%	100,00%
IFCH	96,13%	100,00%
FEAGRI	57,35%	91,02%
FEC	34,04%	50,28%
FEA	59,83%	80,76%
FEEC	29,03%	42,12%
FEM	36,54%	50,37%
FEQ	49,10%	76,58%

Como último resultado, tem-se que os institutos eficientes para a fronteira CCR é o IEL e para a fronteira VRS são as DMU's: FCM, FEF, IEL e IFCH.

Agora, a fim de finalizar os resultados chegar às conclusões, faz-se uma análise de eficiência usando como input o número de docentes e como output todas as variáveis acima descritas (número de teses de mestrado e doutorado, valor do contrato e número de produções). Mais uma vez, com a ajuda do software SIAD chega-se aos seguintes resultados:

Todas as Variáveis

Instituto	Eficiência CCR	Eficiência VRS
FCM	50,14%	100,00%
FEF	100,00%	100,00%
FOP	48,94%	59,27%
IB	72,28%	100,00%
IMECC	46,09%	48,69%
IC	49,23%	91,78%
IFGW	33,13%	43,47%
IG	100,00%	100,00%
IQ	58,24%	62,64%
FE	100,00%	100,00%
IA	43,79%	49,89%
IE	23,22%	55,23%
IEL	100,00%	100,00%
IFCH	96,91%	100,00%

FEAGRI	63,34%	100,00%
FEC	48,47%	59,60%
FEA	100,00%	100,00%
FEEC	65,03%	75,13%
FEM	82,34%	100,00%
FEQ	90,57%	99,19%

Com a análise dessas eficiências, vemos que os institutos considerados mais eficientes são: FEF, FE, IEL e FEA para a fronteira CCR que é a que estamos considerando para as análises finais. Uma decisão orientada por uma metodologia como o DEA pode trazer muitos benefícios para os decisores, pois através desta é possível buscar-se uma decisão eficiente, considerando uma série de informações, em que cada uma destas representa um vetor de desempenho de um critério. Assim sendo, ressalta-se que a característica multicriterial do modelo pode auxiliar no processo decisório.

Como dito anteriormente, a metodologia DEA é capaz de analisar os resultados de eficiência de cada unidade, identificando oportunidades de melhorias que deveriam ser implementadas para que uma DMU ineficiente se tornasse eficiente. Ou seja, mantendo-se os níveis dos *outputs*, cada DMU deveria ter valores de *inputs* iguais aos valores atuais multiplicados pelo indicador de eficiência encontrado em cada modelo.

Isso quer dizer que os Institutos que têm menores indicadores necessitam de maiores reduções de inputs (maior redução de docentes) para que possam ser racionalmente preferíveis.

CONCLUSÕES

Ao final do projeto, pode-se concluir que a metodologia DEA é capaz de ajudar na tomada de decisões e no julgamento relativo de Instituições de acordo com suas taxas de Eficiência.

Pôde-se ver que os modelos utilizados desenvolvidos a partir do DEA, são capazes de conjugar em um único índice vários indicadores de natureza diferentes para a análise do desempenho.

Baseado nos resultados obtidos no trabalho pôde-se concluir que o modelo é eficiente naquilo que se propõe, e após a análise dos resultados foi observado que realmente é possível através de uma análise comparativa destacar níveis de eficiência.

A elaboração deste trabalho foi apenas uma tentativa de avaliação dos Institutos da UNICAMP quanto a seus programas de pós-graduação. Foi considerado o modelo de input que coloca como principal objetivo minimizar o número de inputs, no caso minimizar o número de docentes. Tal escolha foi feita aleatoriamente apenas para fins de estudo do modelo DEA. Mais uma vez, fez-se escolhas como quais seriam os outputs e os inputs, qual o tipo de fronteira considerada pela análise, e a própria orientação. Sendo assim, certamente ainda há muito o que ser estudado.

BIBLIOGRAFIA

Sites:

<http://www.uff.br/decisao>

<http://www.ead.fea.usp.br>

<http://www.scielo.br>

Teses em:

<http://libdigi.unicamp.br>

Livros:

ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E. G. ISYDS– Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio a Decisão): a software package for data envelopment analysis model. Pesquisa Operacional, v.25, n.3, p 493-503. 2005