



AVALIAÇÃO DE DEPARTAMENTOS COM MODELOS DEA: ESTUDO DE CASO NA UFF

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello – jcsmello@producao.uff.br
Universidade Federal Fluminense – UFF, Departamento de Engenharia de Produção
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos
24210-240 – Niterói, RJ

Fabiana Rodrigues Leta – fabiana@ic.uff.br
Universidade Federal Fluminense – UFF, Departamento de Engenharia Mecânica
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos
24210-240 – Niterói, RJ

Maria Helena Campos Soares de Mello – gmamhel@vm.uff.br
Universidade Federal Fluminense – UFF, Departamento de Engenharia de Produção
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos
24210-240 – Niterói, RJ

Eliane Gonçalves Gomes – eggomes@pep.ufrj.br
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Programa de Engenharia de Produção
Caixa Postal: 8183
21032-970 – Rio de Janeiro, RJ

Resumo: *Na avaliação de departamentos de ensino de uma universidade há sempre a impressão de subjetividade, devido à maior ou menor importância atribuída às funções que eles devem exercer: ensino, pesquisa e extensão. Além disso, os modelos correntes baseados em somas ponderadas, obrigam a que os departamentos tenham bom desempenho em todos os itens avaliados, prejudicando seriamente aqueles que têm vocação muito forte em apenas uma área, como por exemplo, um departamento forte em ensino, mas sem pesquisa. Estes dois problemas são particularmente graves quando a avaliação é usada para a distribuição de recursos, sejam eles financeiros, materiais ou humanos. Neste artigo propõe-se um modelo alternativo, baseado em Análise Envoltória de Dados (DEA). Esta técnica compara a produção de cada departamento com os recursos disponíveis. A atribuição de pesos a cada item é diferenciada por departamento, de forma a não haver subjetividade e valorizar-se o item de melhor desempenho de cada um. Neste artigo são avaliados os departamentos do Centro Tecnológico da Universidade Federal Fluminense, considerando como recursos a quantidade de professores, e como produtos variáveis ligadas ao número de alunos, número de turmas, pesquisa e expansão. São usados modelos com e sem restrições aos pesos.*

Palavras-chave: *Avaliação, Eficiência, Análise Envoltória de Dados, Departamentos de ensino.*

1. INTRODUÇÃO

A avaliação educacional deve ser quantitativa e comparada (BOCLIN, 1999). A abordagem por Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*) (CHARNES *et al.*, 1978) apresenta estas duas características em equilíbrio. O resultado dessa medida serve normalmente para avaliar as unidades e indicar quais as melhores práticas gerenciais em que elas devem se espelhar. Na literatura são encontradas algumas referências ao uso de DEA em avaliação universitária (SOARES DE MELLO *et al.*, 2000, 2002).

No entanto, os pesos atribuídos pelos modelos DEA clássicos podem não ser considerados realistas pelos especialistas no assunto. Esta característica pode igualmente gerar dificuldades na aceitação dos resultados do modelo. É assim desejável uma metodologia que alie a subjetividade da avaliação qualitativa com a objetividade da avaliação quantitativa de DEA (SOARES DE MELLO *et al.*, 2001).

A medida de eficiência pode ser considerada como um índice de aproveitamento de recursos, e, sendo assim, pode ser usada para alocá-los e realocá-los. Deve-se alocar mais recursos para as unidades que melhor fazem uso deles. A quantificação dos recursos para cada unidade pode ser feita de forma proporcional ao índice de eficiência.

Este artigo avalia de forma comparativa a necessidade de vagas docentes em departamentos de ensino. São usados os dados dos departamentos de ensino do Centro Tecnológico da Universidade Federal Fluminense (UFF). O modelo considera o número de professores de cada departamento, o envolvimento com atividades de ensino e pesquisa e a existência de projetos de expansão aprovados. São usados dados da Comissão Provisória de Alocação de Vagas Docentes (CPAVD) da UFF.

2. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A Análise Envoltória de Dados tem como objetivo medir a eficiência de unidades tomadoras de decisão, designadas por DMUs (*Decision Making Units*), na presença de múltiplos *inputs* (entradas, recursos ou fatores de produção) e múltiplos *outputs* (saídas ou produtos). A eficiência relativa de uma DMU é definida como a razão da soma ponderada de seus produtos (*outputs*) pela soma ponderada dos insumos necessários para gerá-los (*inputs*).

Os pesos da ponderação no modelo matemático não são obtidos por opinião de decisores, mas sim, são resultado da solução de um problema de programação fracionária que atribui a cada DMU os pesos que maximizam a sua eficiência. Ou seja, os modelos DEA avaliam cada DMU por aquilo que ela tem de melhor.

Há dois modelos DEA clássicos: CCR e BCC. O modelo CCR (também conhecido por CRS ou *constant returns to scale*), trabalha com retornos constantes de escala (CHARNES *et al.*, 1978), ou seja, assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Em sua formulação matemática considera-se que cada DMU k é uma unidade de produção que utiliza n *inputs* x_{ik} , $i=1, \dots, n$, para produzir s *outputs* y_{jk} , $j=1, \dots, s$. Esse modelo maximiza o quociente entre a combinação linear dos *outputs* e a combinação linear dos *inputs*, com a restrição de que para qualquer DMU esse quociente não pode ser maior que 1.

Mediante alguns artifícios matemáticos, esse modelo pode ser linearizado, transformando-se em um problema de programação linear apresentado em (1), onde h_o é a eficiência da DMU o em análise; x_{io} e y_{jo} são os *inputs* e *outputs* da DMU $_o$; v_i e u_j são os pesos calculados pelo modelo para *inputs* e *outputs*, respectivamente.

$$\begin{aligned} \max h_o &= \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} \\ \text{sujeito a} \\ \sum_{i=1}^n v_i x_{io} &= 1 \\ \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} &\leq 0, \quad k=1, \dots, n \\ u_j, v_i &\geq 0 \quad \forall x, y \end{aligned} \tag{1}$$

O modelo BCC (BANKER *et al.*, 1984), também chamado de VRS (*variable returns to scale*), considera situações de eficiência de produção com variação de escala e não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*.

Embora os modelos DEA tenham a vantagem de permitir fazer ordenações sem depender de opiniões de decisores, são extremamente benevolentes com as unidades avaliadas. Estas podem ser eficientes desconsiderando várias das variáveis de avaliação. Assim, é comum haver um grande número de DMUs com eficiência 100%. Entretanto, quando há preferências entre os *inputs* e/ou *outputs* por parte dos agentes de decisão, esses julgamentos são incorporados aos modelos DEA através de restrições aos pesos (ou multiplicadores) associados aos *inputs* e/ou aos *outputs* das unidades avaliadas. ALLEN *et al.* (1997) apresentam uma completa revisão da evolução da incorporação de julgamentos de valor através de restrições aos pesos.

A incorporação de julgamentos de valor através de restrições aos pesos pode ser dividida em três grupos de métodos (LINS e ANGULO-MEZA, 2000): restrições diretas sobre os multiplicadores; ajuste dos níveis de *input-output* observados para a captura de julgamentos de valor; restrição a *inputs* e *outputs* virtuais.

3. AVALIAÇÃO DE DEPARTAMENTOS

3.1 Modelo atual usado pela UFF

Em 2001, o Conselho Universitário da Universidade Federal Fluminense determinou que a CPAVD estabelecesse critérios acadêmicos para a alocação de vagas docentes da carreira do magistério superior nos departamentos de ensino. Esta comissão deveria então elaborar uma proposta de distribuição de vagas, baseada nos seguintes critérios preestabelecidos (UFF, 2001a):

- No mínimo 60% considerando a relação professor/aluno e a carga horária didática;
- Até 30% segundo a produção acadêmica;
- Até 20% segundo os projetos de expansão aprovados.

A proposta detalha, ainda, que:

- A relação professor/aluno e a carga horária didática só deverão levar em conta atividades presenciais e gratuitas, nas quais os professores não recebam *pro-labore*;
- Na produção acadêmica departamental deverão ser considerados os dados constantes no Relatório SAD/RADOC relativos a 1999 e 2000;
- Na análise dos projetos de expansão, sejam considerados os pleitos acadêmicos relativos à criação de cursos, habilitações, áreas de concentração, campos de confluência, ampliação de turmas ou turnos, reformulações curriculares, entre outros, desde que aprovados pelos Conselhos Superiores da universidade.

A relação professor/aluno é calculada considerando-se dois indicadores: professores do quadro permanente da carreira do magistério superior, lotados e em exercício no respectivo departamento, e os estudantes regularmente matriculados e inscritos em disciplinas ministradas presencialmente por professores do respectivo departamento.

A carga horária didática departamental é expressa pela carga horária total das disciplinas ministradas pelo departamento, presenciais e gratuitas.

Para o cálculo da produção acadêmica, a CPAVD utilizou a base de dados da GED (Gratificação de Estímulo à Docência), com as seguintes considerações (UFF, 2001b):

- Utilizar os pesos já aprovados no Conselho de Ensino e Pesquisa que fazem parte da pontuação de produção para a GED;
- Retirar os itens: artigos de opinião, publicações em veículos de circulação local, trabalhos apresentados em congressos científicos, resumos publicados em congressos científicos, textos didáticos para uso local e participações em exposições ou apresentações artísticas;
- Manter os itens: capítulos de livros publicados, artigos de divulgação científica, filmes (vídeos) artísticos, filmes (vídeos) científicos, livros publicados, artigos em periódicos internacionais, artigos em periódicos internacionais indexados, artigos em periódicos nacionais, artigos em periódicos nacionais indexados, processos desenvolvidos com ou sem patente, produtos desenvolvidos com ou sem patente, teses doutorado defendidas e aprovadas, teses doutorado orientadas e aprovadas, teses mestrado defendidas e aprovadas, teses mestrado orientadas e aprovadas e trabalhos publicados em anais de congressos;
- Utilizar apenas os dados relativos ao ano de 2000, já que os dados relativos ao ano de 1999 revelaram-se incompletos para a Comissão, não diferenciando os periódicos indexados dos não indexados, o que provoca uma discrepância de difícil correção.

Uma vez calculado o total da produção acadêmica de cada departamento, foi feita a divisão pelo respectivo número de docentes efetivos. Em seguida, foi feita uma ordenação decrescente até o número de vagas a ser distribuído por este critério. Essa hierarquia serviu de base para a distribuição das vagas docentes.

Essa abordagem faz, de uma só vez, uma avaliação (implícita) e a alocação de vagas docentes. Este artigo pretende aprimorar a etapa de avaliação, sem entrar no mérito da etapa de distribuição de vagas. É interessante frisar que a abordagem adotada pela UFF corresponde, na prática, a uma proposta de pesos fixos, não possibilitando a avaliação de cada departamento segundo suas maiores necessidades. Isto pode tornar problemática a aceitação dos resultados pelos departamentos aos quais foram alocadas menos vagas.

Assim, o uso do modelo DEA neste contexto tem como objetivo minimizar os inconvenientes da abordagem descrita.

3.2 Modelos de avaliação propostos

Como exposto na descrição do problema, as DMUs são os departamentos de ensino do Centro Tecnológico da UFF, no total de 12 unidades de avaliação.

Uma vez que a avaliação visa subsidiar a decisão de distribuição de vagas docentes, o número de docentes alocados *a priori* em cada departamento é o *input* único do modelo DEA. Os *outputs* devem estar relacionados ao trabalho desses professores e são representados pelo número de alunos.hora equivalente atendidos pelo departamento, produção científica e a existência de projetos de expansão aprovados pelos colegiados superiores da universidade.

O *output* “projetos de expansão” é uma variável binária, recebendo valor 1 caso haja projeto aprovado, e zero caso contrário. Deve-se enfatizar que “projetos de expansão” diz respeito apenas à criação de novos cursos de graduação. O uso de uma variável binária tem

uma desvantagem óbvia: igual projetos de tamanhos e necessidades diferentes. No entanto, face aos dados disponíveis, foi a única solução encontrada para incorporar ao modelo questão de expansão.

O critério “Aluno.hora equivalente” refere-se ao número de alunos multiplicado pelo número de horas.aula de cada um, dividido por um coeficiente estipulado pelo Ministério da Educação (MEC), que se destina a equiparar as várias áreas do conhecimento. No caso em estudo, esse coeficiente foi igual para todos os departamentos.

Além destes, que foram usados pela CPAVD, considerou-se ainda o *output* número de disciplinas de cada departamento. A inclusão desta variável tem como objetivo assegurar que departamentos que ofereçam muitas disciplinas nas quais se inscrevem poucos alunos possam ter condições mínimas de atendimento aos discentes.

A Tabela 1 apresenta o significado das siglas dos diversos departamentos. A Tabela 2 mostra os dados utilizados neste artigo.

Tabela 1 – Siglas e correspondentes departamentos.

Sigla	Departamento
TAU	de Arquitetura
TDT	de Desenho Técnico
TEE	de Engenharia Elétrica
TEP	de Engenharia de Produção
TET	de Engenharia de Telecomunicações
TMI	de Metalurgia Industrial
TCC	de Ciência da Computação
TEC	de Engenharia Civil
TEM	de Engenharia Mecânica
TEQ	de Engenharia Química
TMC	de Ciência dos Materiais
TUR	de Urbanismo

Tabela 2 – DMUs, *input* e *outputs* para o estudo de caso.

Departamento	Docentes	Alunos.hora	Projetos de expansão	Disciplinas	Produção científica
TAU	25	155,9	0	29	13,1
TCC	43	456,7	0	51	26,3
TDT	11	86,7	0	12	15,2
TEC	61	406,4	1	99	14,1
TEE	30	79,4	0	43	12,8
TEM	24	157	0	40	44,8
TEP	33	415,2	0	38	42,4
TEQ	22	108,0	0	44	5,5
TET	33	317,0	0	50	6,6
TMC	18	122,6	1	29	5,4
TMI	22	116,7	1	33	8,8
TUR	14	115,8	0	23	18,1

Foi usado o modelo DEA CCR, sem e com restrições aos pesos. A escolha do modelo CCR ao invés de BCC justifica-se por este atribuir eficiência 100% para unidades com menor

input e maior *output*, independente da relação entre eles. Neste caso, um departamento poderia ser considerado eficiente só porque é de porte muito grande ou muito pequeno.

A modelagem proposta mede o quanto um departamento está sobrecarregado: quanto mais eficiente é uma DMU, mais trabalho têm os seus professores e, portanto, mais necessidade tem o departamento de receber vagas para concurso.

3.3 Resultados

Modelo DEA CCR sem restrições aos pesos

A aplicação do modelo proposto, com os pesos determinados apenas pelo modelo matemático, conduz aos resultados da Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados da aplicação do modelo DEA CCR sem restrições aos pesos.

DMU	Eficiência (%)
TEM	100,0
TEP	100,0
TEQ	100,0
TET	100,0
TMC	100,0
TUR	100,0
TEC	94,4
TCC	92,4
TMI	92,3
TDT	85,7
TEE	74,2
TAU	72,1

A análise da Tabela 3 permite verificar que metade dos departamentos foi considerada eficiente. Este é um resultado de pouca utilidade para uma distribuição de vagas. Por outro lado, nota-se que alguns departamentos, como TEQ, que não receberam vagas no modelo da UFF, aparecem como eficientes. Estes dois fatos são decorrência da excessiva liberdade da atribuição de pesos permitida pelos modelos DEA clássicos.

A imposição de limites mínimos e máximos para o valor de cada peso de cada variável, além de permitir um desempate entre os departamentos eficientes, faz com que os resultados do modelo DEA sejam mais coerentes com os julgamentos que levaram ao modelo usado pela UFF atualmente.

O uso de restrições aos pesos é uma solução de compromisso entre o esquema totalmente rígido do modelo em uso pela UFF e a total liberdade de pesos dos modelos DEA clássicos.

Modelo DEA CCR com restrições aos pesos

As restrições destinam-se a adequar o modelo DEA clássico, que dá total liberdade aos pesos, às determinações do Conselho Universitário da UFF (UFF, 2001a), que obrigam a que o maior número de vagas seja distribuído considerando-se as atividades didáticas, em seguida a produção científica e, por último, os projetos de expansão aprovados.

Devido ao uso do software *Frontier Analyst* (ANGULO-MEZA e LINS, 2000), em vez de restrições diretas aos pesos, usaram-se restrições ao *input* virtual, respeitando-se as condições acima descritas. Os pesos atribuídos são próximos aos usados no modelo da UFF, com correções para evitar a inviabilidade dos problemas de programação linear necessários à solução do modelo DEA.

Observa-se na Tabela 4 que apenas um departamento foi 100% eficiente e que os dois departamentos que receberam mais vagas no modelo da UFF (TEM e TEP) são aqueles com os maiores índices de eficiência.

Nas posições intermediárias há profundas divergências entre os resultados do modelo DEA e a avaliação feita implicitamente pela CPAVD-UFF.

Tabela 4 – Resultados da aplicação do DEA CCR com restrições aos pesos.

DMU	Eficiência (%)
TEM	100,0
TEP	91,5
TUR	87,8
TDT	81,2
TCC	64,3
TMI	51,5
TAU	51,0
TEE	41,0
TMC	40,7
TEQ	32,1
TEC	31,5
TET	27,2

4. CONCLUSÕES

O uso de modelos de Análise Envoltória de Dados apresenta-se como uma boa alternativa para avaliação de unidades educacionais, principalmente por diminuir a necessidade de opiniões subjetivas, sempre polêmicas. No entanto, os modelos DEA clássicos, extremamente objetivos, provocam um outro problema: a excessiva benevolência na aplicação. Assim, o modelo com restrições aos pesos mostrou-se uma boa solução de compromisso entre os dois extremos.

O modelo aqui apresentado não faz a alocação de vagas; ele apenas indica quais os departamentos que mais necessitam de aumentar o seu quadro docente. Transformar essa medida de necessidade em número de vagas depende de métodos de alocação de recursos em DEA. Entretanto, a maioria dos métodos existentes consideram os *inputs* como sendo variáveis contínuas, o que os torna impróprios para alocação de docentes. Torna-se necessário, como continuação deste trabalho, desenvolver ou adaptar algoritmos para alocação inteira em DEA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.; ATHANASSOPOULOS, A.; DYSON, R.G.; THANASSOULIS, E. Weights restrictions and value judgements in data envelopment analysis: evolution, development and future directions. **Annals of Operations Research**, v. 73, p. 13-34, 1997.
- ANGULO MEZA, L.; LINS, M.P.E. A Análise Envoltória de Dados através do uso do Frontier Analyst. **Pesquisa Operacional**, v. 19, p. 287-293, 2000.
- BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- BOCLIN, R. Indicadores de Desempenho: Novas Estratégias da Educação Superior. **Ensaio - Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, n. 7, p. 299-308, 1999.
- CHARNES, A.;

- COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.
- LINS, M.P.E.; ANGULO-MEZA, L. **Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão**. p. 53-64, 2000.
- SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G.; ANGULO MEZA, L.; SOARES DE MELLO, M.H.C. Medida de relevância e visibilidade das teses de programas de pós-graduação em Engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 30, 2002, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: UNIMEP, 2002.
- SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; LETA, F.R.; FERNANDES, A.J.S.; VAZ, M.R.; SOARES DE MELLO, M.H.C.; BARBEJAT, M.E.R.P. Avaliação Qualitativa e Quantitativa: uma Metodologia de Integração. **Ensaio – Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 9, n. 31, p. 237-251, 2001.
- SOARES DE MELLO, M.H.C., SOARES DE MELLO, J.C.C.B., LINS, M.P.E. Análise quantitativa comparada do ensino de Cálculo com computador. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia), 28, 2000, Ouro Preto. **Anais**. Ouro Preto: UFOP, 2000.
- UFF. **Alocação de Vagas Docentes**. Resolução N^o 38/2001, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001a.
- UFF. **Relatório Final da Comissão Provisória de Alocação de Vagas Docentes**. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001b.

EVALUATING TEACHING DEPARTMENTS WITH DEA MODELS

Abstract: *When evaluating teaching departments there is always a component of personal judgement. Furthermore the available models are based on weighted sums that oblige the departments to have good scores in all the criteria, ignoring the expertise of each of them. Those drawbacks are serious, mainly when the evaluation models is used to support resources allocation. In this paper we propose the use of Data Envelopment Analysis to perform teaching departments evaluation. This approach compares inputs available and outputs of each department. Weights assignment is different for each department, avoiding subjective evaluations. We evaluate Universidade Federal Fluminense teaching department, considering as inputs the lectures number and as output research and teaching production as well as approved projects. We employ DEA models with and without weight restrictions..*

Key-words: *Evaluation, Efficiency, Data Envelopment Analysis, Teaching departments.*