

# O Uso da DEA como Ferramenta Alternativa da Gestão Escolar na Avaliação Institucional

Antonio Carlos Miranda

Sueli Carrijo Rodrigues



Educação: teoria e prática, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1981-8106

Está licenciada sob [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

## Resumo

*Este artigo é parte das reflexões realizadas por ocasião do desenvolvimento das teses de doutorado defendidas, em 2005 e 2008, na Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas. O mote foi explorar a metodologia da aplicação da DEA na avaliação do desempenho de escolas municipais e estaduais de educação básica. Uma das características da DEA é possibilitar a construção e a análise dos dados, respeitando a escola isoladamente, ao mesmo tempo em que constrói uma fronteira de eficiência para cada instituição, a partir de critérios que não são arbitrários ou estranhos às mesmas. Entende-se que cada escola tem um conjunto de “recursos” (infraestrutura, número de professores, apoio técnico, biblioteca, etc.) e que deve obter alguns “resultados” (número de alunos aprovados, proficiência dos alunos, redução da violência na escola, etc.). A DEA permite que se observe a relação (recursos e resultados) dentro de uma escola olhando simultaneamente para o conjunto das escolas analisáveis. Por conseguinte, optou-se em pontuar duas importantes decisões metodológicas: a orientação do modelo DEA e a utilização de pesos no tratamento de dados educacionais. Ademais, apresentamos uma síntese operacional para a execução da DEA. Por fim, concluímos que a DEA pode se tornar uma ferramenta prática e muito útil para os gestores, pois relaciona recursos e resultados, agregados a outras informações, de maneira simples e de fácil entendimento.*

**Palavras-chave:** Análise por Envoltória de Dados (DEA). Sistema de ensino. Avaliação. Indicadores de qualidade em educação. Análise de dados quantitativa.

## The use of Data Envelopment Analysis (DEA) as Alternative Tool to School Management in the Institutional Assessment

### Abstract

*This paper is part of the reflections performed on the development of the Ph.D. thesis defended in 2005 and 2008 at the College of Education, in State University of Campinas.*

*Our aim was to explore the methodological application process of Data Envelopment Analysis (DEA) in the performance evaluation of primary and lower secondary education in public schools. One of the characteristics of DEA is to make possible the construction and data analysis, respecting each school data separately, and at the same time, to build an efficiency border for each school, based on criteria which are not arbitrary or strange to them. Each school has their own resources (infrastructure, number of teacher, support technical, library, etc) and these resources should obtain some results (rate of approved students, student's proficiency, reduction of the violence inside of school, etc). DEA allows an observation of this relation resource x results inside of a school and simultaneously it's possible to observe it compared with the set of analyzable schools. Two important methodological decisions were focused on this paper: DEA model orientation and the use of weights in the educational data analysis. Following thus, it's shown an operational synthesis to apply the DEA. We conclude that DEA can become a practical and useful tool for manager' schools, mainly because it relates resources and results, related to other data, in a simple and useful way.*

**Key words:** Data Envelopment Analysis (DEA). Educational System. Evaluation. Pointers of Education Quality. Quantitative Data Analysis.

## 1. Introdução

A abordagem da Análise por Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA), juntamente com outros métodos da pesquisa operacional<sup>1</sup>, vem sendo empregada na avaliação de desempenho das escolas, universidades e programas governamentais em países como Estados Unidos, Inglaterra, entre outros.

Esses métodos foram viabilizados em função do amplo desenvolvimento da informática, ferramenta indispensável para a extensão prática dos métodos desenvolvidos nos problemas reais. No Brasil, o emprego deste método na área educacional vem ganhando importância com o aumento, ainda discreto, das publicações e estudos de mestrado e doutorado (MOITA, 1995; LAPA & NEIVA, 1996; BELLONI, 2000; PAIVA JUNIOR, 2000; NUNES, 2002; RODRIGUES, 2005; MIRANDA, 2008, entre outros).

---

<sup>1</sup>Pesquisa Operacional: consiste em uma abordagem científica na tomada de decisões, ou um conjunto de métodos e modelos matemáticos aplicados à resolução de problemas ligados à otimização na administração das organizações. Tendo como marco o desenvolvimento em 1947, por George Dantzig e outros pesquisadores da SCOP (Scientific Computation of Optimum Programs), programa do Departamento da Força Aérea Americana, a divulgação de um método eficiente para a resolução de Problemas de Programação Linear chamado Método Simplex.

Na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a Faculdade de Educação, através do grupo do Laboratório de Observações e Estudos Descritivos (LOED) produziu, no ano de 2005, a primeira tese de doutorado (RODRIGUES, 2005) utilizando a abordagem da DEA, aplicando o método com variáveis construídas a partir de fatores subjetivos inerentes ao sistema educacional. O referido estudo foi realizado em colaboração com o Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes (LALT) da Faculdade de Engenharia Civil, também da UNICAMP. Em 2008, foi produzida, no LOED, a segunda tese de doutorado explorando alternativas metodológicas utilizando a abordagem DEA (MIRANDA, 2008), e uma terceira tese foi produzida aplicando a metodologia em um estudo longitudinal (ALMEIDA, 2009).

Dentro dos pressupostos de avaliação que norteiam os estudos no LOED, os trabalhos ali produzidos exploraram de forma criteriosa as características da DEA de possibilitar a construção e a análise dos dados, respeitando a escola isoladamente, ao mesmo tempo em que constrói uma fronteira de eficiência para cada instituição, a partir de critérios que não são arbitrários ou estranhos a elas. Entende-se que cada escola tem um conjunto de “recursos” (infraestrutura, número de professores, apoio técnico, biblioteca, recursos tecnológicos, etc.) e que deve obter alguns “resultados” (número de alunos aprovados, proficiência dos alunos, redução da violência na escola, melhora no clima escolar, etc.). A DEA permite que se observe a relação (recursos e resultados) em uma escola, olhando simultaneamente para o conjunto das escolas analisáveis.

Este trabalho é parte das reflexões que emergiram de estudos exploratórios de construção da metodologia DEA na avaliação do desempenho das escolas municipais de ensino fundamental, utilizando os indicadores de qualidade da rede municipal de Campinas/SP.

## **2. Apresentação da Técnica Análise por Envoltória de Dados (DEA)**

A Análise por Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica utilizada para avaliar o desempenho de unidades tomadoras de decisão (neste estudo, as escolas) que utilizam um mesmo conjunto de recursos para gerar um mesmo conjunto de resultados, os quais diferem apenas em intensidade e magnitude. É, ainda, uma técnica não paramétrica utilizada para medir a eficiência de unidades semelhantes e independentes, denominadas DMUs (Decision Making Unit) ou Unidades Tomadoras de Decisão (RODRIGUES, 2005; MIRANDA, 2008).

Esse modelo, proposto por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978, era

voltado para *inputs* e tinha como meta reduzir os gastos sem alterar a produção, mantendo, assim, retornos de escalas constantes. Passou a ser conhecido por CCR em homenagem a esses autores.

Posteriormente, Banker, Charnes e Cooper (1984) desenvolveram o modelo BCC, no qual a suposição de retornos de escala é abandonada, permitindo que os rendimentos sejam crescentes ou decrescentes na fronteira de eficiência e não exigindo um aumento proporcional entre *inputs* ou *outputs*. Com essa evolução no modelo, a DEA ganhou maior aplicabilidade em diferentes setores, entre eles educação, saúde, indústria, instituições financeiras e programas sociais.

Para Moita (2002, p. 56) a DEA considera planos de operação observados para construir um espaço de possibilidades de produção delimitado por uma fronteira de eficiência, a qual é definida pelos planos de operação de melhor desempenho. Ainda para esta autora, uma das características básicas desse modelo é possibilitar que a eficiência de cada unidade seja avaliada com um conjunto individualizado de pesos, e que reflita suas peculiaridades.

Por outro lado, Castro (2003) destaca que a eficiência encontrada é relativa, porque nada se pode falar das unidades avaliadas com relação a outras unidades fora do grupo estudado e nem com relação a outras variáveis que não as selecionadas. Assim, as DMUs (neste estudo, as escolas) que estão na superfície da envoltória (fronteira) são consideradas as mais eficientes, enquanto as demais, no interior da envoltória e distantes da fronteira, são consideradas menos eficientes. Para cada DMU (escola) a DEA calcula o grau de ineficiência, ou seja, o quanto está distante da envoltória ou fronteira, e indica o grupo de DMUs que, combinadas, formam as DMUs (escolas) eficientes.

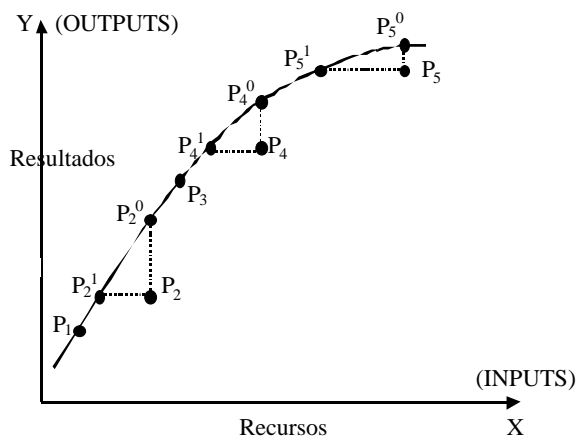
### 3. Metodologia

#### 3.1. Orientação do modelo DEA: tratando dados educacionais

Dentre as inúmeras decisões a serem realizadas na aplicação da DEA, o tipo de orientação do modelo a ser gerado pode suscitar interpretações equivocadas do ponto de vista do fenômeno educacional. Neste contexto, é necessário aprofundar o entendimento do que seja a unidade escolar e qual a sua função social dentro do processo de transformação e mudança da sociedade.

DEA é uma metodologia para mensuração de eficiência de unidades tomadoras de decisão ("Decision Making Units" [DMUs] neste estudo são as unidades escolares), naturalmente se prestando a fornecer análises que poderão orientar políticas públicas e a organização interna das unidades escolares.

Como metodologia alternativa, a DEA pode trazer inúmeras contribuições às avaliações institucionais e de sistemas; portanto, o entendimento de como é feito o tratamento dos dados pela DEA é de fundamental importância na aplicação da metodologia pelo pesquisador. O gráfico simplificado do modelo original DEA (gráfico 1) fornece informações didáticas a respeito de como o modelo funciona.



**Gráfico 1 – Fronteira de eficiência: modelo original**

As unidades escolares, correspondentes aos pontos  $P_1$ ,  $P_3$ , pertencentes à fronteira, seriam eficientes, já aqueles correspondentes aos pontos  $P_2$ ,  $P_4$  e  $P_5$ , abaixo da fronteira, seriam ineficientes. Observa-se que os pontos projetados sobre a curva da fronteira,  $P_2^1$ ,  $P_4^1$  e  $P_5^1$ , corresponderiam a pontos que poderiam gerar os mesmos níveis de resultados (*outputs*) que  $P_2$ ,  $P_4$  e  $P_5$ , respectivamente, com menores dispêndios de recursos (*inputs*). De forma análoga, os pontos  $P_2^0$ ,  $P_4^0$  e  $P_5^0$  poderiam, com os mesmos níveis de recursos que  $P_2$ ,  $P_4$  e  $P_5$ , gerarem níveis superiores de resultados. Esta possibilidade de projeção de pontos para a fronteira eficiente é uma das características peculiares do método.

De maneira resumida, neste caso, as unidades escolares representadas pelos pontos  $P_1$  e  $P_3$  seriam eficientes, pois estão com 100% de eficiência, estão localizadas em cima da curva. Os pontos  $P_2$ ,  $P_4$  e  $P_5$  seriam ineficientes, pois estão localizados sob a curva da fronteira de eficiência. No entanto, o que deve ser observado nas unidades escolares ineficientes são as projeções que podem ser realizadas para alcançar a eficiência máxima. Vamos usar como exemplo a unidade escolar denominada no gráfico como  $P_4$ , observe que a projeção desta

unidade escolar no eixo “x” minimiza os recursos indo para o ponto  $P_4^1$ , enquanto a projeção no eixo “y” mantém constantes os recursos e maximiza os resultados indo para o ponto  $P_4^0$ .

Entretanto, devemos ressaltar que, no campo educacional, os modelos de eficiência orientados para minimizar os recursos, **não** são adequados à avaliação de sistemas públicos de educação, uma vez que seria inviável pensar a administração da educação pública orientada para a redução dos recursos nos campos: administrativo e pedagógico. Mesmo quando há recursos excedentes, em educação não é adequado reduzi-los, mas sim ampliar a prestação de serviços para mais pessoas e com melhor qualidade.

Igualmente, é necessário enfatizar que cabe às unidades escolares produzir os melhores resultados possíveis dentro da disponibilidade dos recursos alocados para a área. Portanto, os modelos DEA serão desenvolvidos, neste trabalho, com orientação para a maximização dos resultados, o que deve gerar, de forma dinâmica, novos vetores na composição das forças entre recursos e resultados.

### 3.2. Instrumento DEA na Avaliação Institucional

Um dos objetivos da DEA é analisar comparativamente unidades independentes; neste estudo, analisar o desempenho operacional das escolas municipais de Ensino Fundamental.

A metodologia de avaliação proposta é determinar a eficiência de cada instituição e transformar seus recursos (infraestrutura, número de professores, apoio técnico, biblioteca, recursos tecnológicos, número de matrículas, nível socioeconômico, etc.) em resultados (índices de aprovação).

Outros fatores de declarada importância deverão ser considerados para a construção do quadro de referência explicativo, a partir da colaboração de pesquisas específicas no que concerne a: proficiência dos alunos, participação efetiva da comunidade acadêmica e local, diminuição da violência e melhora no clima escolar, entre outros.

Além da aplicação de técnicas estatísticas (análise descritiva de dados: univariada, bivariada e multivariada), a metodologia consiste em uma aplicação interativa da DEA, que precisa, *a priori*, identificar os fatores educacionais, em seguida, selecionar as variáveis para, então, calcular os indicadores da eficiência e, por fim, analisar os resultados (BELLONI; BELLONI apud FREITAS; BELLONI; SOARES, 2003).

Identificar os fatores educacionais significa, principalmente, checar se os dados disponíveis darão sustentação às análises que atendem ao princípio da globalidade. Essa etapa, no estudo, foi feita aplicando-se a análise multivariada, que pode investigar o significado conceitual do dado através da sua capacidade de descrever o desempenho, ou seja, do que se pretende avaliar e o vínculo com o real observado pelo pesquisador.

O próximo passo foi selecionar as variáveis, seleção esta que deve partir de uma lista ampla de todos os fatores quantitativos, qualitativos, controláveis ou não, que evidenciem as relações de produção de um conjunto de DMUs (Unidades Escolares). Essa lista foi reduzida ao longo de um processo de aprimoramento, o qual identificou quais os fatores que distinguiram claramente o desempenho das unidades escolares de acordo com os objetivos da análise. Resumindo, os dados possibilitaram a construção dos seguintes indicadores:

- **Nível socioeconômico (NSE<sup>2</sup>):** de cada escola, calculado a partir da metodologia desenvolvida pela Associação Nacional de Empresas de Pesquisa (ANEP), Associação Brasileira de Anunciantes (ABA) e a Associação Brasileira de Empresas de Pesquisas (ABEP)<sup>3</sup>. A variável NSE tem se mostrado com alto poder explicativo na avaliação de sistemas, em face de sua abordagem das dimensões econômicas, educacionais e culturais. O NSE foi o indicador com maior poder de explicação no estudo com uma correlação de 0,794 entre o grupo dos alunos;
- **Experiência profissional (ExpProf):** levou em consideração quantos anos o professor estudou, há quantos anos o professor trabalha na escola, quantos anos o professor tem de experiência em docência e quantas horas aula o professor ministra por semana;
- **Liderança administrativa (LiderADM):** considerou como foi elaborado o projeto político-pedagógico, quantas vezes o conselho se reuniu e quantas horas de formação continuada o professor cursou;
- **Clima escolar (CLIMA):** levou-se em consideração: os procedimentos dos alunos dentro da unidade escolar; se os recursos financeiros, o número de professores, o pessoal administrativo, o pessoal de apoio e os recursos pedagógicos

---

<sup>2</sup> NSE da escola é a média aritmética de todos os NSE calculados previamente dos alunos por escola.

<sup>3</sup> O nível socioeconômico foi calculado com a metodologia da ABEP – Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa – 2009. Critério de Classificação Econômica Brasil (CCEB). Dados com base no levantamento sócio econômico 2006 e 2007 – IBOPE (Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística). Disponível em: <<http://www.abep.org>>.

foram suficientes; se houve interrupção não planejada das atividades na escola; se sistematicamente aconteciam faltas por parte dos professores; se houve ocorrências de roubos e depredações; e, ainda, a ocorrência de violência contra alunos, professores e funcionários, além da frequência de rotatividade dos professores na escola;

- **Estilo pedagógico** (EstiloPed): contemplou o uso do livro didático; se o aluno tinha acesso à internet; como os alunos utilizavam os computadores; se o professor utilizava fitas de vídeo educativas, jornais e revistas informativas; como o professor fazia uso da biblioteca da escola no que concerne à utilização de livros de consulta, livros de leitura e atividade com alunos;

- **Índice LOED** (LOED) (MIRANDA, 2008, p. 100): foi calculado levando em conta o número de alunos aprovados, retidos, transferidos e o número de alunos evadidos.

O processo de refinamento consistiu em um exame crítico, uma análise quantitativa (por exemplo: correlação linear, análise de componentes ou *cluster*) e uma análise DEA exploratória, que resultou na identificação de uma função de eficiência produtiva para cada escola e na geração de informações adicionais resultantes da DEA.

Cada escola foi uma unidade básica de observação e, possivelmente, uma unidade tomadora de decisão, sendo que sua eficiência produtiva exige informações sobre um conjunto de outras escolas como referência, partindo do pressuposto que essas escolas tenham os mesmos procedimentos escolares e que utilizem os mesmos tipos de recursos (professores, bibliotecas, cursos, vagas, etc.) para produzir os mesmos resultados (índice de aprovação). É imprescindível, para a seleção das DMUs, considerar três critérios:

A homogeneidade de atividades, objetivos e processos ou condições de mercado são necessárias para que as comparações tenham sentido. Em geral, DMUs semelhantes apresentam o mesmo conjunto de inputs e outputs;

O tamanho do grupo [...] influi de duas formas na análise DEA. Quanto maior o grupo, maior a chance de ele conter as DMUs de alto desempenho, mais nítidas são as relações entre inputs e outputs e maior é o número de fatores que podem ser considerados. [...] A regra adotada na literatura é usar grupos duas ou três vezes maiores que o número de variáveis consideradas;

Quanto às restrições das DMUs, é necessário considerar as restrições físicas e organizacionais que as definem. Também devem ser levadas em conta restrições temporais relacionadas com o período de mensuração dos fatores de desempenho, pois, caso sejam muito longos, podem encobrir variações importantes



e, se forem muito curtos, podem ser influenciados pelas sazonalidades. (PAIVA JR., 2000, p. 77 apud RODRIGUES, 2005, p. 188)

O procedimento de leitura dos resultados, mediante os princípios e as características da avaliação institucional, torna-se imprescindível para que a aplicação da técnica cumpra o seu objetivo principal, que é indicar o local onde estão às deficiências que mais influenciam na obtenção de um bom resultado em determinada unidade.

A seguir, um quadro síntese descreve os passos a serem trilhados na análise dos dados, em relação à DEA. Há a descrição do roteiro estudado para a execução da análise dos dados e da pesquisa, o operacional da pesquisa, os critérios a cada estágio do desenvolvimento da análise/pesquisa e a viabilidade para a aplicação do método.

**Quadro 1 – Síntese operacional para execução do DEA**

Descrição do roteiro	Operacional	Critérios	Viabilidade para DEA
Seleção da DMU	Escolha das Escolas	Homogeneidade; as mesmas tarefas e objetivos	No mínimo três vezes o número de variáveis
Lista de variáveis	Listar possíveis indicadores	Considerar fatores gerenciais, ambientais, quantitativos, recursos e resultados	Consistência de cada variável
Redução da lista inicial	Escolha dos indicadores relevantes	Descartar variáveis que estão fora do objetivo da pesquisa	Ponderar sobre as correlações e testar influência no modelo
Aplicação DEA (CCR e BCC)	Variáveis controláveis ou não, a fim de se obter as taxas de eficiência	Escolha das variáveis controláveis	Consistência, valores das variáveis > 0
Medidas de recursos e resultados	Separar as variáveis que foram consideradas relevantes; Escolher os fatores para análise (Controlável e Não controlável)	- Fatores da escola (controláveis); - Fatores socioeconômicos (não controláveis);	Atentar para as correlações e orientação do modelo
Correção Linear	Medir o grau de correlação entre X= recursos ( <i>input</i> ) controláveis ou não; Y= resultado ( <i>output</i> )	Correlação forte quando r está próximo de -1 ou 1; correlação fraca quando está próximo de 0	Eliminar os <i>inputs</i> de correlação fraca e análise de dados
DEA (BBC) Medidas Gerenciais	Aplicação do modelo BCC	As escolas não possuem retorno de escala constante e sim variável	Cada escola tem sua própria taxa de eficiência

### 3.3. Utilização de Pesos no Tratamento de Dados Educacionais

Frequentemente, em aplicações práticas da DEA, em que não são impostas restrições de pesos, são encontradas soluções impróprias, pois a eficiência de algumas unidades é alcançada quase que exclusivamente devido a um determinado fator. Ocorre, ainda, muitas vezes, que as distribuições dos pesos se apresentam completamente diferentes para as diferentes unidades.

No entanto, a utilização de pesos nos fatores no uso da DEA, devido à concepção no modelo dos multiplicadores, originalmente proposto por Charnes, Cooper & Rhodes (1978), permite total flexibilidade nos pesos utilizados nas ponderações, de tal forma que cada unidade sob análise, comumente chamada de DMU (Decision Making Unit), alcança sua eficiência máxima não levando em conta qualquer prioridade ou limitação dos fatores (ALCÂNTARA; SANT'ANNA; LINS, 2003, p. 348). Naturalmente, a limitação desses fatores deve ser considerada depois de uma análise preliminar nos dados disponíveis.

De modo geral, a abordagem DEA constrói uma medida do tipo:

$$\text{Indicador DEA} = \frac{w_1 \cdot p_1 + w_2 \cdot p_2 + \dots + w_n \cdot p_n}{v_1 \cdot i_1 + v_2 \cdot i_2 + \dots + v_m \cdot i_m}$$

$p_n$  é a quantidade observada do n-ésimo produto;

$i_m$  é a quantidade observada do m-ésimo insumo;

$w_n$  é o peso relativo associado ao n-ésimo produto;

$v_m$  é o peso relativo associado ao m-ésimo insumo;

$p_1$  = Índice LOED;

$i_1$  = NSE;

$i_2$  = Experiência profissional do professor;

$i_3$  = Clima escolar;

$i_4$  = Liderança administrativa;

$i_5$  = Estilo pedagógico do professor.

Para minimizar os efeitos das distorções em análises DEA sem restrição de pesos, vários estudos foram desenvolvidos para impor limites a pesos de fatores, tais como: Restrições Diretas nos pesos, desenvolvidas por Dyson & Thanassoulis (1988) e generalizadas por Roll, Cook & Golany (1991); Região de Segurança (Assurance Region [AR]), desenvolvida por Thompson, R. G. et al.

(1990); Método Cone Ratio, desenvolvido por Charnes, Cooper, Wei & Huang (1989); Restrições contingente dos *inputs* e *outputs* virtuais, propostas por Pedraja-Chaparro et al. (1997), entre outros. Mais recentemente, outros métodos estão sendo desenvolvidos na inserção das rotinas de computadores para cálculos destes estimadores (ALCÂNTARA; SANT'ANNA; LINS, 2003).

As propostas de Região de Segurança e as Restrições contingente dos *inputs* e *outputs* virtuais têm em comum a determinação dos pesos pelo pesquisador, sendo um tipo de restrição aos pesos “contingente”, porque o padrão dos pesos selecionados depende dos níveis dos *inputs* e *outputs* utilizados pela DMU.

Entre as diversas possibilidades de aplicação de métodos para a restrição dos pesos no modelo DEA, entendemos que as limitações impostas ao pesquisador por um sistema de restrição que não combinasse os métodos quantitativos e qualitativos na decisão de quais pesos deveriam ser utilizados na variável limitaria a análise a uma questão puramente técnica.

Todavia, essa prática requer, primeiramente, que as variáveis do modelo respondam de maneira satisfatória as perguntas sobre o problema delineado na avaliação em questão. E, mesmo com esses cuidados, não é raro que variáveis de impacto na visão do pesquisador e de outros estudos em áreas afins não apareçam de forma significativa na análise preliminar do modelo DEA, obrigando o pesquisador a tomar decisões que direcionem a análise de forma mais intuitiva, para gerar novos caminhos de análise e questionamentos. Evidentemente, essa interferência deve ser direcionada a luz de parâmetros que possam ser replicados e ratificados segundo uma base científica.

#### 4. Resultados: Entendendo a DEA com as escolas pesquisadas

Com o intuito de mostrar empiricamente o processo de obtenção da eficiência, vamos descrever os dados analisados através da DEA. O quadro 2 foi gerado com o número de identificação das unidades escolares de 1ª a 4ª séries, as medidas de eficiência e a contribuição de cada recurso (*input*) e o resultado (*output*) na obtenção da eficiência. O modelo CCR/Max-output utilizado foi o de Charnes, Cooper & Rhodes (1978); **sem restrição de pesos** nas variáveis analisadas, esse modelo maximiza os resultados.

**Quadro 2 – Índices de contribuição de cada variável sem restrição de pesos**  
(escolas de 1<sup>a</sup> a 4<sup>a</sup> séries – modelo CCR/Max-output)

Identificação das Escolas	Medidas de Eficiência %	Contribuição da Variável				
		NSE	ExpProf	CLIMA	LiderADM	LOED
		<i>input</i>	<i>input</i>	<i>input</i>	<i>input</i>	<i>output</i>
2	100	0	0	0	100	100
3	42,97	100	0	0	0	100
4	94,02	0	100	0	0	100
5	45,69	42,2	0	57,8	0	100
6	42,84	100	0	0	0	100
7	55,63	40	0	60	0	100
9	50,86	0	81	19	0	100
10	49,44	50,3	0	49,7	0	100
11	56,67	100	0	0	0	100
12	61,65	0	81,7	18,3	0	100
13	61,66	39,5	0	60,5	0	100
14	42,82	0	80,8	19,2	0	100
15	40,07	0	80,5	19,5	0	100
16	45,25	100	0	0	0	100
17	59,97	43,2	0	56,8	0	100
18	59,81	0	81,9	18,1	0	100
19	91,34	44,5	0	55,5	0	100
20	58,48	0	100	0	0	100
21	56,14	0	100	0	0	100
22	100	0	0	100	0	100
23	65,15	100	0	0	0	100
25	67,84	0	80,2	19,8	0	100
26	61,4	41,9	0	58,1	0	100
27	56,27	0	100	0	0	100
28	92,73	0	83,7	16,3	0	100
29	84,73	0	80,7	19,3	0	100
30	51,72	0	82,9	17,1	0	100
31	40,67	100	0	0	0	100
32	78,27	0	100	0	0	100
33	50,02	43	0	57	0	100
34	57,4	100	0	0	0	100

Fonte: SME/LOED

É possível observar, no quadro 2, que a escola 2 alcança sua eficiência máxima baseada exclusivamente na variável (indicador) **liderança administrativa** (LiderADM), variável esta que não contribui em nenhuma das outras unidades escolares, enquanto que as escolas 3, 6, 11, 16, 23, 31 e 34 têm suas contribuições baseadas exclusivamente no indicador **nível socioeconômico** (NSE), entre outras leituras que podem ser feitas a partir do quadro, o que, na prática, não se apresenta como um resultado razoável.

Nessa perspectiva, a determinação empírica dos pesos pode ser realizada segundo os pressupostos de replicação e análise qualitativa da variável feita pelo pesquisador. No auxílio dessa decisão do pesquisador, é de fundamental importância a análise de saída dos dados gerados a partir do processamento do modelo DEA, verificando qual é o nível de contribuição de cada variável no resultado gerado pelo sistema nesse procedimento.

A definição dos pesos foi o resultado de simulações e análise das saídas do software "Frontier Analyst".

O quadro 3 apresenta os índices de contribuição de cada variável **com restrição de pesos**, para se obter um equilíbrio de participação de todas variáveis em todas as unidades escolares analisadas. O peso mínimo de cada variável foi assim definido para este estudo: NSE (30), ExpProf (10), CLIMA (10), LiderADM (10) e LOED (0). Nesta análise, somente a escola 2 obteve uma medida de eficiência de 100%. A redução do número de escolas eficientes indica que as restrições impostas cumpriram satisfatoriamente seu papel de evitar que padrões baseados em ponderações extremas elevem os índices de eficiência de algumas unidades (ALCÂNTARA; SANT'ANNA; LINS, 2003).

**Quadro 3 – Índices de contribuição de cada variável com restrição de pesos**  
(escolas de 1ª a 4ª séries - modelo CCR/Max-output)

Identificação das Escolas	Medidas de Eficiência %	Contribuição da Variável				
		NSE	ExpProf	CLIMA	LiderADM	LOED
		<i>input</i>	<i>input</i>	<i>input</i>	<i>input</i>	<i>output</i>
2	100	30,1	11,5	12,4	46	100
3	40,4	64	10,7	14,3	11	100
4	84,5	32,3	47,3	10,4	10	100
5	44,5	30	10,2	48,8	11	100
6	39,1	62,1	11,3	13,7	12,8	100
7	53,9	30	11,4	48,6	10	100
9	48,8	30	10	50	10	100
10	48,8	36,2	10,7	42,6	10,6	100
11	55,8	66,2	11,3	12,4	10	100
12	52,9	38,2	10	41,8	10	100
13	59,2	30	11,4	48,2	10,4	100
14	39,5	31,7	10	48,3	10	100
15	38,7	30	10	50	10	100
16	39,1	58,7	13,4	14,7	13,1	100
17	55,7	30	13,1	45,2	11,7	100
18	55,8	34,2	10	45,8	10	100
19	88,7	31,5	10,7	46,7	11	100
20	49,7	33,5	44,7	11,4	10,4	100
21	54,7	30	48,7	11,3	10	100
22	99,9	37,6	10,8	41,6	10	100
23	56,2	58,6	13,1	14,9	13,4	100
25	57,6	33,7	10	45,1	11,2	100
26	60,5	30,1	10,3	49,6	10	100
27	52,2	30,3	48,9	10,6	10,2	100
28	82,7	41,3	10	38,7	10	100
29	70	36,6	10	42,7	10,7	100
30	48,9	33,9	10,3	44,6	11,2	100
31	38,2	63,8	12,8	11,5	11,9	100
32	70	30,6	47,1	10,9	11,5	100
33	48,3	30,2	11,1	47,8	11	100
34	54,1	64	12,3	11,8	11,8	100

Fonte: SME/LOED

O quadro 3 apresenta a contribuição de cada variável no sistema. Nesta análise, podemos notar que, mesmo com a restrição de pesos imposta, algumas variáveis em determinadas unidades escolares permaneceram de forma robusta. A escola 2 tem na liderança administrativa (LiderADM) um componente muito forte na determinação de sua eficiência. O quadro 2 já apontava essa variável com 100% de contribuição; mesmo com a restrição de pesos (quadro 3), a variável não perdeu força de interferência direta na eficiência final da unidade escolar, se tornando a única unidade de 1ª a 4ª séries a ter eficiência máxima de 100%.

A variável de nível socioeconômico (NSE), no quadro 3, contribuiu com a eficiência de forma mais intensa nas escolas 3, 6, 11, 16, 23, 31 e 34, sendo que a escola 23 teve apenas 56,2% de eficiência, a maior eficiência apurada desse grupo. Para corroborar esses dados temos, nessas escolas, os menores valores de NSE, com um intervalo de 8,14 da escola 16 a 12,26 da escola 11, sendo que o maior valor apurado nessa variável foi o da escola 28, com NSE de 24,36, o que contribuiu com 41,3% na medida de eficiência dessa escola, que foi de 82,69%.

A variável do indicador experiência do professor (ExpProf), no quadro 3, contribuiu com a eficiência de forma mais determinante nas escolas 4, 20, 21, 27 e 32, sendo que a escola 4 e 32 possuem, respectivamente, 84,5% e 70% de eficiência, e as escolas 20, 21 e 27 possuem 49%, 54% e 52%, respectivamente.

O indicador de clima escolar (CLIMA), no quadro 3, contribuiu com a eficiência de forma mais intensa nas escolas 5, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 22, 25, 26, 29, 30 e 33, com eficiências que variaram de 38,7% da escola 15 a 99,9% da escola 22. Com 17 unidades escolares, essa variável assumiu papel de destaque na composição da medida de eficiência das unidades escolares. A contribuição dessa variável teve interferência de 38,7% a 50% no resultado final da eficiência desse grupo. A escola 22 possui 99,9% de eficiência, o que significa ter encontrado um equilíbrio nos valores de todas as variáveis de entrada e um dos maiores valores de saída expressado no cálculo pelo índice LOED (860,26).

A variável do indicador de liderança administrativa (LiderADM), no quadro 3, contribuiu com 46% da medida de eficiência alcançada pela escola 2, por ser o menor valor no indicador de liderança administrativa (6,67).

## 5. Conclusão

A proposta de avaliação não se limita somente a realizar uma análise técnica, seja quantitativa ou qualitativa, mas também busca fazer uma reflexão sobre os dados e com os dados, na perspectiva de propor melhorias a partir de

uma realidade da própria unidade a ser avaliada, seja indivíduo, instituição ou sistema. Por isso, a determinação do objeto a ser avaliado é fundamental para o desenvolvimento de instrumentos que possam dar conta de uma avaliação que possibilitem fazer medidas com a menor margem de erro associado possível, a fim de apontar a necessidade de utilização de melhores práticas na solução de eventuais problemas ou na continuação de ações bem sucedidas.

A grande vantagem da aplicação da DEA está em focar o olhar do gestor, para que ele possa colocar mais atenção nas características, precariedades e especialidades escolares (RODRIGUES, 2005). A metodologia desenvolvida pode ser usada no sentido de gerar esforços e informações sobre as DMUs, suas eficiências, melhores práticas e possibilitar uma intervenção na realidade escolar.

Os resultados deverão ser usados como referência de condições de cada escola, de seu funcionamento, um diagnóstico que deverá ser seguido do compromisso de articular o projeto pedagógico como instrumento de gestão e trabalho coletivo. Dessa forma, o uso da DEA como ferramenta no processo de tomada de decisão, no coletivo da escola, deve estar legitimado pelo projeto pedagógico. O coletivo da escola deve ter a responsabilidade no processo de avaliação institucional que transita da opção pelo processo avaliativo, passa pela identificação dos indicadores, levantamento e interpretação dos dados.

A análise e a interpretação dos dados da avaliação institucional são espaços de reflexão coletiva das possibilidades e dificuldades apontadas pelo processo, revela-se como eixo de interação dos atores, o que privilegia a organização e os registros das concepções sobre os trabalhos realizados na sala de aula e na escola (professores, gestores, funcionários, comunidade). É o momento de abordar a avaliação e o Projeto Político Pedagógico como instrumentos de conhecimento e transformação da escola.

Há o entendimento de que são necessários muitos procedimentos de avaliação, mesmo porque nenhum deles isoladamente consegue atender à complexidade do processo. Em vista disso, é desejável o princípio de integração, isto é, um processo que envolva a avaliação institucional interna e externa, articulando diferentes dimensões de ensino, as administrativas e sociais de cada escola, da rede de ensino e do próprio poder público. Por se caracterizar como um processo de avaliação formativo, a avaliação institucional deve procurar, ao identificar os problemas e deficiências, superá-los em relação aos objetivos propostos e à identidade da escola. Assim, a função formativa da avaliação institucional é fortalecida quando a avaliação externa se integra à interna e ambas oferecem



dados e informações para a reflexão.

## Referências

- ALCÂNTARA, A. A. M.; SANT'ANA, A. P.; LINS, M. P. E. Restringindo flexibilidade de pesos em DEA utilizando análise de regressão MSEA. *Pesquisa Operacional*, 23(2):347-357, maio/ago, 2003.
- 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.
- BELLONI, J. A. *Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de universidades brasileiras*. 2000. 246 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- CASTRO, C.E.T. *Avaliação da eficiência gerencial e empresas de águas e esgotos brasileiras por meio da envoltória de dados (DEA)*. 2003. 1 v. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2003.
- CHARNES, A. W.; COOPER, W. W.; RHODES, E. L. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2:429-444, 1978.
- CHARNES, A.; COOPER, W.; WEI, Q.L. & HUANG, Z.M. Cone Ratio Data Envelopment Analysis and Multiple Objective Linear Programming. *International Journal of Management Science*, 20(7), 1099-1118, 1989.
- DYSON, R. G. & THANASSOULIS E. Reducing weight flexibility in DEA. *Journal of the Operational Research Society*, 39(6):563-576, 1988.
- FREITAS, L. C.; BELLONI, I.; SOARES, J. F. (Orgs.). *Avaliação de escolas e universidades*. Campinas: Komedi, 2003.
- LAPA, J. S.; NEIVA, C. C. Avaliação em Educação: comentários sobre desempenho e qualidade. *Ensaio: Aval. Pol. Pub. Educ.*, Rio de Janeiro, 12(4):213-236, jul/set., 1996.
- MIRANDA, A. C. *O desafio da construção de referências de qualidade para os sistemas de ensino: uma avaliação com o uso de análise envoltória de dados - DEA*. 2008. 290 p. Tese (Doutorado em Educação), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, 2008.
- MOITA, M. H. V. *Medindo a eficiência relativa de escolas municipais da cidade do Rio Grande (RS) usando uma abordagem DEA (Data Envelopment Analysis)*. 1995. 117 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

PEDRAJA-CHAPARRO, R.; SALINAS-JIMENES, J. & SMITH, P. On the Role of Weight Restrictions in DEA. *Journal of Productivity Analysis*, 8:215-230, 1997.

NUNES N. *Avaliação da eficiência produtiva de organizações educacionais*. Uma avaliação do método de análise envoltória de dados sobre a produção científica dos departamentos de ensino da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: Insular, 2002.

PAIVA JUNIOR, H. *Avaliação de desempenho de ferrovias utilizando a abordagem integrada DEA/AHP*. 2000. 193 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, 2000.

RODRIGUES, S. C. *Construção de uma metodologia alternativa para a avaliação das escolas públicas de ensino fundamental através do uso da análise por envoltória de dados (DEA): uma associação do quantitativo ao qualitativo*. 2005. 381 p. Tese (Doutorado em Educação), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, 2005

ROLL, Y.; COOK, W.; GOLANY, B. Controlling factor weights in DEA. *IIE Transactions*, 23(1):2-9, 1991.

THOMPSON, R. G. et al. The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas Farming. *Journal of Econometrics*, 46:93-108, 1990.

Enviado em mar./2010

Aprovado em jun./2010

---

Antonio Carlos Miranda  
Prof. Dr. do Centro Universitário Salesiano de São Paulo -  
UNISAL  
E-mail: miranda.ac@uol.com.br

Sueli Carrijo Rodrigues  
Profa. Dra. do Centro de Ciências da Saúde da  
Universidade Estadual do Norte do Paraná  
E-mail: suelicarrijo@uol.com.br

---