

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DEA NA AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DAS ESCOLAS PRIVADAS DE BELO HORIZONTE

*APPLICATION OF THE DEA METHODOLOGY IN THE EVALUATION OF EFFICIENCY
OF THE BELO HORIZONTE PRIVATE SCHOOLS*

*APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEA EN LA EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE
LAS ESCUELAS PRIVADAS DE BELO HORIZONTE*

Gabriel de Carvalho Chaves¹ (gabrielcarch@gmail.com)
Diógenes Gabriel Souza e Santos¹ (diogenesgabriel@live.com)
Matheus Loli¹ (matheus_loli@hotmail.com)
Andressa Amaral de Azevedo¹ (andressa@pucminas.br)

*¹Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Departamento de Engenharia de Produção*

Resumo

Educação é um direito inalienável do cidadão e por isso é importante medir a eficiência de escolas, que são os provedores de ensino. Este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência das escolas particulares de Belo Horizonte. Foi utilizada a ferramenta de Análise Envoltória de Dados (DEA), tendo como *input* o valor da mensalidade do terceiro ano do ensino médio para o ano de 2018 e *outputs* os valores das médias das escolas nas cinco áreas de avaliação do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Palavras-Chave: Análise Envoltória de Dados, Educação, Belo Horizonte.

Abstract

Education is a citizen's inalienable right and because of that it is important to measure school's efficiency, since they are education providers. This article has the objective of evaluating the efficiency of Belo Horizonte's private schools. It was used the Data Envelopment Analysis (DEA) tool, having as input the monthly scholar tuition for the senior year of high school 2018 and as outputs the average values of the schools grades in the five evaluation areas of the Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM – Brazilian equivalent to the SAT).

Keywords: Data Envelopment Analysis, Education, Belo Horizonte.

Resumen

La educación es un derecho inalienable del ciudadano y por eso es importante medir la eficiencia de las escuelas, que son los proveedores de enseñanza. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la eficiencia de las escuelas particulares de Belo Horizonte. Se utilizó la herramienta de Análisis de Envoltura de Datos (DEA), teniendo como input el valor de la mensualidad del tercer año de la enseñanza media para el año 2018 y outputs los valores de las medias de las escuelas en las cinco áreas de evaluación del Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)

Palabras clave: Análisis de Envoltura de Datos, Educación, Belo Horizonte.

Introdução

A educação é um direito e um pilar fundamental para o desenvolvimento cultural, socioeconômico, o qual impulsiona o crescimento político dos cidadãos e da sociedade e consequentemente do país (HANUSHEK, 2005).

A qualidade da educação é um processo abrangente que envolve diversos parâmetros, ou seja, quem atua e como atua no processo de aprendizagem, podendo considerar a expectativa de ensino, os currículos, assim como os numerosos fatores extraescolares que interferem nos resultados educativos (DOURADO; OLIVEIRA, 2009). Cunha (2013) acredita que a educação é uma responsabilidade que envolve todas as diretrizes sociais, tais como: política, familiar, comunidade e organizações, sendo necessário um compromisso participativo de todas as entidades sem distinção partidária e posições pessoais.

Benegas (2012, p. 570) ainda descreve que “é relativamente consensual que o crescimento e desenvolvimento de longo prazo de uma nação passam inevitavelmente pela oferta abrangente e de qualidade do ensino básico”. Vincula historicamente a importância da educação na sociedade, pois grandes nações foram reerguidas, como exemplo o Japão pós-guerra, pelo alto investimento de seus governos na educação.

A educação escolar no Brasil começou no ano de 1533, com a fundação do primeiro estabelecimento de ensino em terra de Santa Cruz na Bahia, pelos Jesuítas (ALVES, 2009). A partir daí o Brasil foi se desenvolvendo, primeiramente como colônia de Portugal e depois como Estado soberano.

Foi promulgada em 20 de dezembro de 1961 a Lei 4.024 – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), que dá às escolas maior autonomia na sua organização administrativa, disciplinar e didática, desafiando o ensino privado a se reorganizar, questionando o modelo educacional vigente e propugnando uma educação alternativa aos modelos tradicional e técnico-desenvolvimentista (CUNHA, 2013).

Legalmente, a constituição de 1988 foi um marco no cenário da política educacional brasileira. Foi a partir dessa legislação que a educação se tornou um direito alienável, de modo que o Estado seja obrigado a garantir o ensino das crianças de 07 a 14 anos de idade. Somente a partir desse período a educação foi posta no centro da agenda pública (ABRÚCIO; SIMIELLI, 2015).

Porém, houve uma atualização da lei sancionada em 20 de dezembro de 1996, o texto da LDB – Lei nº 9.394. A argumentação do governo foi a de que a LDB deveria ser uma lei do possível, passível de cumprimento a partir dos recursos financeiros disponíveis nos esquemas orçamentários convencionais. Além disso, ela deveria ter flexibilidade suficiente para se adequar às diferentes situações da educação nacional (CUNHA; XAVIER, 2009).

De acordo com Censo Escolar realizado em 2017, o Brasil conta com 184,1 mil escolas de educação básica em que 61,3% são municipais; 21,7% privadas; 16,6% estaduais e 0,4% federais. Ainda segundo o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), 15,9% do total de escolas possui mais de 500 matrículas, podendo ser consideradas de grande porte, no outro lado, 22,7% delas possuem até 50 alunos, sendo consideradas de pequeno porte (INEP, 2017).

Portanto, com base no resultado do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) a diferença na qualidade de ensino entre escolas públicas e particulares fica evidenciada. O ranking por escolas deixou de ser publicado, mas pelos resultados do ENEM do ano de 2015, fica clara a diferença; das 100 instituições mais bem colocadas, 97 eram escolas particulares, as outras 3 instituições eram colégios federais. Além disso, a maioria das escolas públicas ficaram abaixo da média nacional do exame, o que mostra um baixo desempenho dessas instituições (USP, 2016).

Escolas públicas e privadas no Brasil seguem as mesmas diretrizes de ensino determinadas pelo Governo Federal. Existem fatores que podem explicar a grande diferença no desempenho entre escolas públicas e privadas. O primeiro deles é a estrutura das escolas. Segundo levantamento do Grupo de Trabalho Custo Aluno-Qualidade (GT CAQ) do movimento todos pela educação apenas 4,5% das escolas públicas têm todos os itens de infraestrutura previstos por lei. Apenas 8,6% das escolas públicas de ensino fundamental e 43,9% de ensino médio possuem laboratório de ciência. Outro ponto é a valorização e capacitação do professor. Nas escolas particulares os salários e os investimentos em cursos são maiores que nas escolas públicas. Pode-se dizer que esses fatores influenciam no desempenho dos alunos em geral (PNE, 2016).

O ENEM foi estabelecido em 1998, através da Portaria nº 438, do Ministério de Estado da Educação e do Desporto. No mesmo ano em que foi instituído, o Enem lançou sua primeira edição, sendo analisada por muitas instituições de ensino superior, pois houve o interesse de adotar este Exame como forma de entrada para o vestibular (SANTOS; SILVA; MELO, 2017).

Em 18 de junho de 1999, o INEP disponibilizou em seu site uma lista com 25 universidades que utilizariam o resultado do ENEM como critério de avaliação para seus vestibulares. Cerca de quatro meses depois, em 8 de novembro de 1999, o INEP publicava outra lista contendo 87 universidades aderidas, em que 12 eram instituições públicas e 75 de instituições privadas. Em 14 de maio de 2004, o exame já estava presente em 436 instituições de ensino superior brasileira. E com isso, o número de alunos inscritos também aumentaria no decorrer dos anos, sendo que na sua primeira edição teve 157.221 alunos inscritos, na oitava 2,2 milhões, na décima 4,6 milhões e em 2015 teve 7,7 milhões de alunos.

Hoje em dia, com a nota obtida no ENEM, além de dar acesso ao ensino superior, o candidato concorre ao Programa Universidade para Todos (ProUni), ao Sistema de Seleção Unificada (Sisu), ao benefício do Fundo de Financiamento Estudantil (Fies) dentre outros programas.

Considerando este assunto e tomando esses indicadores como base, o objetivo geral deste trabalho foi construir um modelo para mensurar a eficiência entre os colégios particulares de Belo Horizonte, por meio da ferramenta *Data Envelopment Analysis* (DEA – Análise Envoltória de Dados), que fornece importantes resultados aos gestores das instituições a partir do *benchmarking* de um conjunto de entidades no intuito de analisar a sua eficiência.

1 Análise Envoltória de Dados – DEA

Segundo Tupy e Yamagushi (1998), a produtividade de uma unidade produtiva (considerando unidades produtivas como empresas agrícolas, agroindustriais etc.) é a relação entre as quantidades de produtos e insumos. Essa relação é de fácil entendimento, deve-se apenas computar quanto de insumo é utilizado na produção de um único produto. Eficiência, segundo Ferreira e Gomes (2009), é a ligação com o que foi produzido por unidade de insumo utilizado e o que poderia ser produzido, ou seja, está relacionada à otimização da quantidade de recursos utilizados na produção de algum bem ou serviço.

A fim de distinguir eficiência de eficácia, Silva (2016) descreve que a ênfase nos meios, ações dos trabalhos, soluções dos impasses e capacitação das pessoas estão relacionados com eficiência. Mello et al. (2005) caracterizam eficiência como um conceito relativo, relacionando aquilo que foi fabricado com o que foi disponibilizado e o que seria capaz de fabricar com os mesmos bens disponíveis. Já eficácia, Silva (2016) associa com a exibição dos resultados, obtenção dos propósitos, acerto na solução proposta e a tarefa efetuada da forma certa. A Figura 1 aponta a relação entre eficiência e eficácia.



Figura 1 - Relação entre eficiência e eficácia

Fonte: Silva (2016, p. 19)

Uma ferramenta utilizada em vários estudos de eficiência é a DEA, que conforme Ferreira e Gomes (2009) tem como propósito analisar a eficiência relativa, ou seja, comparar os preferíveis modelos de excelência (*benchmarks*). A ferramenta é dividida em dois modelos. O primeiro chamado de modelo CCR, referente a seus autores Charnes, Cooper e Rhodes (1978), tem a premissa de se fundamentar em múltiplos insumos e produtos utilizando um método de

programação matemática que tem como pilar a medida de eficiência técnica para casos de único *input* e *output* proposta por Farrel (1957), basicamente construindo *inputs* e *outputs* virtuais únicos, chamado de ganhos de escalas constantes. O segundo modelo, denominado modelo BCC, que também é referente aos autores Banker, Charnes e Cooper (1984), assume que existe uma variação de escala nos retornos dados pelas DMUs avaliadas, admitindo uma variação da produtividade máxima em função da escala de produção, chamado de ganhos de escalas variáveis (BELLONI, 2000). DMU é uma sigla em inglês para o termo *Decision Making Units*, que por sua vez são as unidades tomadoras de decisão, as unidades produtivas que vão ser monitoradas com o DEA.

Ambos os modelos podem ter orientação a *inputs* ou *outputs*. Benício e Mello (2014) descrevem a diferença entre os modelos CCR e BCC como o primeiro assumindo uma proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* e o segundo não, já que diferentes DMUs poderiam apresentar parâmetros diferentes de eficiência, considerando que existem diversas condições que influenciam na produção. A Figura 2 abaixo mostra a representação gráfica da fronteira de eficiência nos dois modelos.

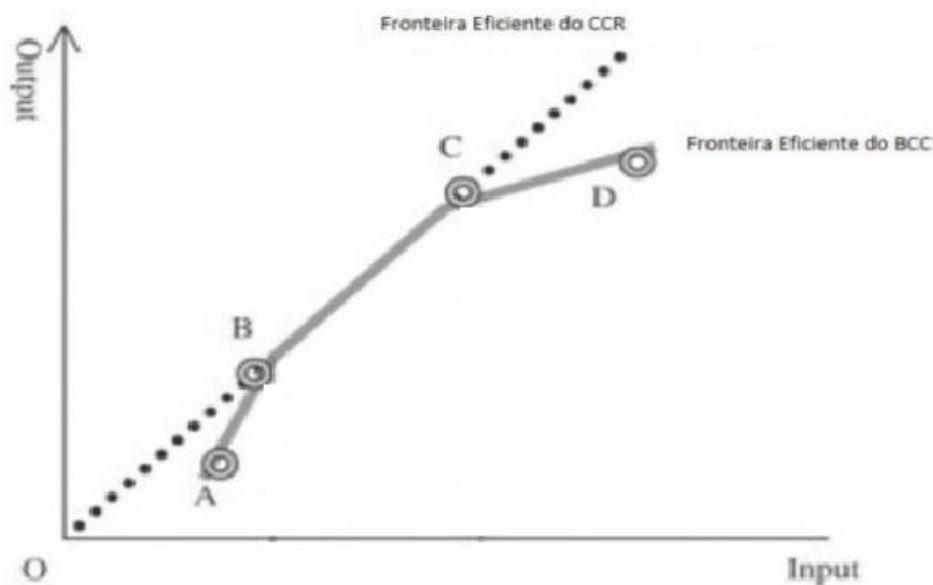


Figura 2 - Representação gráfica das fronteiras de eficiência CCR e BCC
Fonte: Benício e Mello (2014) com modificações dos autores

A DEA trabalha com a noção de DMUs, *inputs* e *outputs*. Os *inputs* de modo geral são as entradas e os *outputs* as saídas. Por exemplo, ao comparar a eficiência de indústrias papeleras, supõe-se que tem como entrada a quantidade x de árvores gastas para se fazer uma quantidade y de papel. Existe uma proporção x:y tal que essa DMU é considerada mais eficiente em relação às outras. Representando graficamente de uma forma mais objetiva é possível utilizar o exemplo na Figura 3.

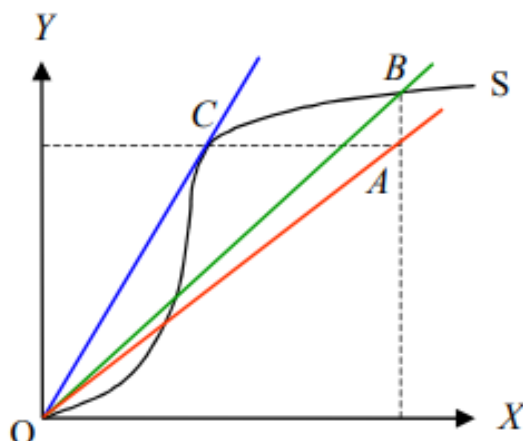


Figura 3 - Curva de um processo de produção
Fonte: Mello et al. (2005, p. 2522)

O gráfico da Figura 3 mostra a relação entre insumos e produção, representados respectivamente pelo eixo X e eixo Y. A curva S é a fronteira de eficiência. Esta indica a produção máxima para cada nível de recurso. A região abaixo da curva é denominada conjunto viável de produção que mostra os níveis de produções eficazes. Os pontos A, B e C representam três DMUs distintas. Analisando as relações temos o seguinte: o ponto A é eficaz, mas não é eficiente, já que está abaixo da curva S. Os pontos B e C são eficientes, já que estão na curva S. Produtividade é um conceito comparativo. Para analisar qual é o ponto produtivo, deve-se traçar uma reta que liga a origem ao ponto desejado. O ponto que gerar uma reta com maior coeficiente angular mostra a relação produtiva (*benchmark*). No caso da Figura 3, essa relação é encontrada no ponto C. Observa-se então que a DMU representada por C é a mais produtiva.

Orientando a *input*, poderia mover o ponto A para o ponto C, sintetizando a porção do insumo de XA para XC, com isso, a produção continuaria no mesmo patamar. Já orientando a *output*, poderia mover o ponto A para o ponto B, ampliando a porção produzida de YA para YB, com isso, se mantém a utilização do insumo anterior, XA.

2 Metodologia

A partir do propósito deste artigo de analisar a eficiência das escolas particular de Belo Horizonte através dos dados do ENEM, este trabalho adequa-se, quanto aos objetivos, em uma pesquisa exploratória. Para Malhotra (2012), a pesquisa exploratória deve ser usada quando se tem necessidade de definir mais precisamente o problema, identificar as possíveis ações e ainda obter dados adicionais anteriores ao desenvolvimento de uma abordagem. Segundo Mattar (1996), a pesquisa exploratória permite a utilização de métodos variados e versáteis como levantamentos em fontes secundárias de dados (pesquisas bibliográficas, documentais, etc.), estudos de casos e observação informal.

Contudo, abordando quanto à pesquisa, relaciona-se como quantitativa. Conforme Richardson (1999), esta pesquisa se salienta pelo uso da quantificação, tanto na parte de busca de dados, quanto no debate desses por meio de métodos estatísticos. Ela tem como distintivo a finalidade em elaborar trabalhos mais precisos. Busca entender a aplicação de *input* e de *output* para o julgamento do desempenho das variáveis conforme a competência produtiva das DMUs, por meio da metodologia DEA (MACIEL et al., 2014).

O trabalho utilizou dados primários e secundários. Os secundários são dados que já estão disponíveis de modo que não há coleta de dados em fontes diretas, como acontece com os dados primários, em que há uma coleta por parte do pesquisador. Os dados secundários foram as notas das escolas nas cinco áreas no ENEM de 2015, obtidos no relatório do Inep, e os dados primários foram as mensalidades do terceiro ano do ensino médio das escolas particulares de Belo Horizonte analisadas, para o ano de 2018, obtidas por meio de contato telefônico com as secretarias dos colégios. Ambos os dados foram coletados pelos autores durante o mês de julho de 2018.

A metodologia DEA com todo seu conceito foi a escolha para uma possível resposta às questões geradas na etapa da pergunta principal deste estudo.

Em estatística, o universo é um conjunto de dados, indivíduos, instituições que possuem algum aspecto para ser utilizado em estudos. O universo abordado neste trabalho são 98 escolas particulares do ensino médio de Belo Horizonte participantes do ENEM em 2015. Das 98 unidades inicialmente estimadas, 89 disponibilizaram a informação necessário para o estudo. Os dados são de 2015, pois foi o último ano em que o Inep disponibilizou para acesso visto que os dados estavam sendo usados de forma equivocadas pelas instituições segundo o Ministério da Educação.

Mello et al. (2005) abordam que o conjunto de DMUs deve ter a mesma aplicação para *input* e *output*, diferenciando apenas intensidade. A análise refere-se ao valor da mensalidade do 3º ano do ensino médio referente ao ano de 2018, como *input*, e como *output* a média das notas do Enem de 2015 nas cinco áreas. A escolha dessas variáveis foi com o intuito de analisar qual o custo/benefício do investimento econômico em relação ao desempenho das escolas com a média das notas obtidas no Enem.

Quadro 1 – Variáveis selecionadas

<i>INPUT</i>	<i>OUTPUT</i>
Valor da mensalidade do 3º ano do ensino médio, referente a 2018.	Média das notas do Enem de 2015, nas áreas de linguagens, matemática, ciências humanas, ciências da natureza e redação.

Fonte: Elaborado pelos autores

As DMUs, os *inputs*, os *outputs*, e algumas variáveis de desempenho estão representados na Figura 4.

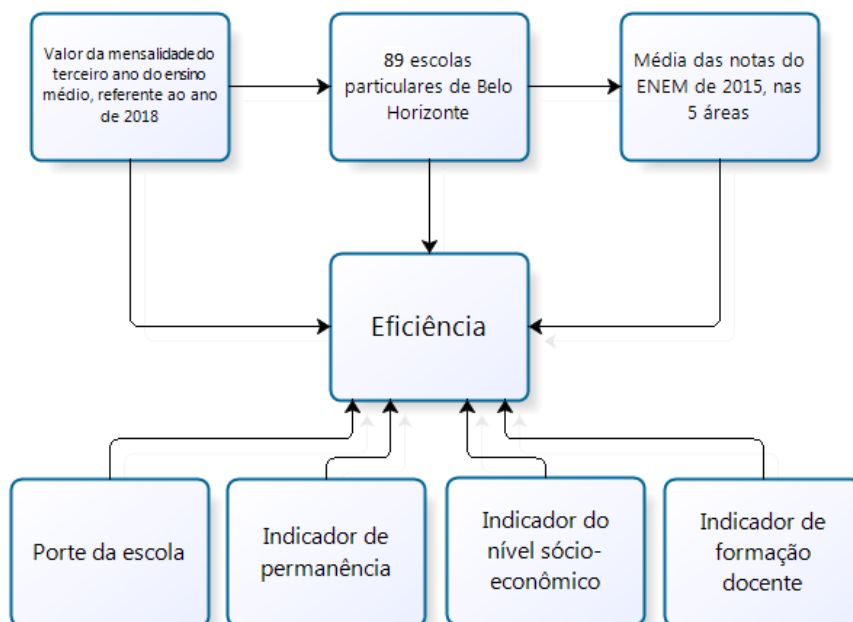


Figura 4 – Caracterização da pesquisa
Fonte: Elaborado pelos autores

Para a abordagem matemática e o uso do DEA o *software* Sistema Integrado de Apoio à Decisão (SIAD) auxiliou estes autores. Este *software* foi adotado por ser de fácil acesso, e segundo Meza (2005, p. 494), é “confiável, acessível, que fornece resultados completos e que incluisse os novos desenvolvimentos teóricos de modelos DEA”.

3 Resultados

As DMUs utilizadas para o trabalho foram às escolas particulares de Belo Horizonte que tiveram alunos participantes no ENEM no ano de 2015. No filtro inicial foram definidas 98 DMUs. Para obter o *input*, valor das mensalidades do terceiro ano do ensino médio para o ano de 2018, as escolas foram contatadas via número de telefone e questionadas quando a esse valor. Os *outputs* foram as notas médias das escolas nas cinco áreas de avaliação do ENEM, obtidos via levantamento do INEP. Abaixo segue Tabela 1 com os dados utilizados. Ela está ordenada em ordem decrescente da média das notas obtidas pelas escolas.

Tabela 1 – DMUs, input e outputs

Nome da escola	Mensalidade	Linguagens	Matemática	Ciências Humanas	Ciências da Natureza	Redação
Escola 1	R\$ 2.212,00	647,1	837,5	713,6	702,9	845,9
Escola 2	R\$ 1.919,25	638,4	809,3	700,7	677,6	832,7
Escola 3	R\$ 1.998,70	632,4	814,5	693,1	681,5	848,0
Escola 4	R\$ 1.900,00	635,1	810,6	690,1	670,7	836,0
Escola 5	R\$ 1.998,00	635,1	782,6	697,0	679,7	843,7
Escola 6	R\$ 1.942,00	633,1	785,8	691,4	665,7	828,3
Escola 7	R\$ 2.072,00	620,3	752,3	681,6	645,9	824,1
Escola 8	R\$ 2.031,18	625,6	735,0	686,6	644,1	786,5
Escola 9	R\$ 1.958,00	611,6	726,6	676,5	631,7	784,6
Escola 10	R\$ 1.353,00	615,6	694,7	665,4	643,7	779,5
Escola 11	R\$ 1.654,77	617,6	688,2	668,6	638,5	784,1
Escola 12	R\$ 1.998,70	607,7	723,3	668,9	608,5	743,7
Escola 13	R\$ 1.998,70	603,4	714,8	665,5	616,9	788,4
Escola 14	R\$ 1.866,49	601,6	713,7	664,7	606,3	698,5
Escola 15	R\$ 1.512,00	618,3	679,1	665,6	617,8	764,9
Escola 16	R\$ 1.552,00	601,8	685,7	662,9	626,1	772,6
Escola 17	R\$ 1.996,00	603,9	685,4	657,5	624,6	785,0
Escola 18	R\$ 1.582,95	607,7	673,3	663,8	621,8	725,6
Escola 19	R\$ 998,00	601,8	687,0	661,4	616,1	727,7
Escola 20	R\$ 1.353,00	613,4	667,5	657,7	621,3	742,8
Escola 21	R\$ 1.839,00	601,0	674,4	660,4	621,6	756,9
Escola 22	R\$ 1.353,00	600,9	673,2	650,8	625,5	788,6
Escola 23	R\$ 1.611,00	591,5	671,9	661,6	607,4	719,7
Escola 24	R\$ 1.353,00	602,2	664,9	651,7	609,9	758,4
Escola 25	R\$ 1.233,00	592,8	685,4	648,1	590,6	710,5
Escola 26	R\$ 1.285,00	590,3	656,0	658,4	602,3	760,8
Escola 27	R\$ 1.630,20	599,7	641,4	648,4	606,8	632,2
Escola 28	R\$ 783,20	579,7	665,9	646,1	603,3	704,0
Escola 29	R\$ 1.885,00	604,0	628,9	650,8	607,9	698,4
Escola 30	R\$ 827,00	586,1	642,4	649,5	594,8	709,1
Escola 31	R\$ 1.361,36	590,8	641,6	643,1	596,9	713,6
Escola 32	R\$ 1.529,00	594,7	631,4	645,3	582,1	729,4
Escola 33	R\$ 2.146,16	585,9	634,6	635,9	584,7	695,2
Escola 34	R\$ 1.669,00	586,3	628,3	633,3	586,1	686,4

Escola 35	R\$ 1.300,00	599,0	607,1	629,5	596,3	678,0
Escola 36	R\$ 1.300,00	573,5	621,1	629,8	596,2	676,0
Escola 37	R\$ 1.323,00	578,1	609,7	637,8	588,3	753,7
Escola 38	R\$ 1.271,00	583,8	599,6	635,5	593,7	695,0
Escola 39	R\$ 1.559,00	583,9	594,7	643,2	590,5	687,6
Escola 40	R\$ 1.650,00	568,6	650,3	628,9	558,9	633,8
Escola 41	R\$ 1.370,00	586,0	608,7	632,2	575,2	747,6
Escola 42	R\$ 1.592,00	579,6	607,5	624,5	580,2	683,8
Escola 43	R\$ 1.553,41	555,0	619,8	632,7	581,3	694,3
Escola 44	R\$ 1.184,00	591,2	585,4	637,3	566,7	697,5
Escola 45	R\$ 1.182,00	564,4	617,8	618,2	579,3	641,3
Escola 46	R\$ 1.031,07	587,2	576,9	635,9	569,7	679,7
Escola 47	R\$ 935,00	568,6	629,7	619,3	549,5	673,3
Escola 48	R\$ 1.540,00	581,3	592,0	628,3	562,3	658,0
Escola 49	R\$ 1.291,33	581,3	557,6	640,1	584,3	665,8
Escola 50	R\$ 997,00	576,4	596,5	626,6	562,0	678,2
Escola 51	R\$ 1.261,60	586,8	570,0	625,4	565,8	630,0
Escola 52	R\$ 1.045,00	555,8	600,9	610,4	573,0	704,5
Escola 53	R\$ 1.170,00	575,8	563,1	626,3	563,4	615,0
Escola 54	R\$ 1.448,00	572,5	577,2	613,7	560,8	623,2
Escola 55	R\$ 1.415,00	568,7	580,0	609,0	561,7	663,8
Escola 56	R\$ 1.041,00	565,4	555,1	627,0	571,6	768,0
Escola 57	R\$ 1.290,00	557,8	578,3	621,5	560,1	686,7
Escola 58	R\$ 1.139,65	578,2	562,1	623,9	551,4	679,4
Escola 59	R\$ 1.150,00	577,3	588,3	609,8	537,6	649,3
Escola 60	R\$ 994,00	571,0	582,6	607,7	546,1	717,3
Escola 61	R\$ 1.347,00	572,4	552,6	617,1	559,0	677,6
Escola 62	R\$ 1.152,00	573,6	553,8	616,6	550,0	684,6
Escola 63	R\$ 1.539,00	563,6	593,4	608,5	527,1	663,8
Escola 64	R\$ 693,00	552,8	575,8	611,6	550,9	639,2
Escola 65	R\$ 1.315,00	567,7	557,8	613,9	546,9	627,6
Escola 66	R\$ 834,00	564,2	555,5	621,0	543,4	647,6
Escola 67	R\$ 980,90	543,3	600,8	598,4	541,2	640,9
Escola 68	R\$ 824,00	564,8	551,1	610,5	555,2	610,0
Escola 69	R\$ 1.199,00	547,7	589,9	601,9	526,5	667,4
Escola 70	R\$ 1.349,00	548,9	557,8	619,3	522,0	664,8
Escola 71	R\$ 958,82	558,0	519,5	600,3	564,8	581,8
Escola 72	R\$ 900,00	545,7	575,2	590,8	530,6	556,5

Escola 73	R\$ 995,00	559,6	530,4	610,8	540,1	601,9
Escola 74	R\$ 956,00	557,5	521,1	602,8	554,8	609,4
Escola 75	R\$ 1.117,00	542,7	554,3	597,6	529,6	552,0
Escola 76	R\$ 825,00	569,2	521,9	614,7	509,2	620,0
Escola 77	R\$ 1.117,00	544,3	534,3	595,7	527,9	549,4
Escola 78	R\$ 1.108,18	528,3	547,3	588,9	531,9	595,5
Escola 79	R\$ 987,36	534,8	546,6	576,7	530,5	624,2
Escola 80	R\$ 950,00	538,7	529,7	600,3	514,8	592,9
Escola 81	R\$ 860,00	539,3	512,9	597,1	531,6	621,2
Escola 82	R\$ 890,00	533,2	538,5	586,9	519,1	603,2
Escola 83	R\$ 953,31	541,1	524,7	581,5	530,3	591,4
Escola 84	R\$ 1.735,00	543,5	522,7	577,6	531,8	603,6
Escola 85	R\$ 928,00	530,3	512,1	586,9	528,9	607,2
Escola 86	R\$ 573,00	540,0	536,0	587,0	494,6	540,6
Escola 87	R\$ 732,00	532,3	503,4	596,3	514,0	535,2
Escola 88	R\$ 890,00	548,2	490,3	587,1	504,4	571,4
Escola 89	R\$ 885,00	513,3	462,5	552,6	477,5	578,2

Fonte: Elaborado pelos autores

Utilizando o *software* SIAD foi feita a análise de eficiência das DMUs. Os parâmetros utilizados foram o modelo BCC com orientação a *output*. A escolha do modelo BCC se deu pelo fato de que os dados se apresentam numa forma em que há um retorno variável de escala, significando uma variação proporcional válida não linear. A orientação a *output* foi preterida devido ao objetivo de se analisar a interferência do preço da mensalidade no desempenho dos alunos da escola no ENEM. Abaixo na Figura 5 a captura de tela do SIAD na etapa de pré-cálculo.

Entrada de Dados

Matriz de Dados

Nomedaes	Linguagens	Matemática	CienciasHu		
Escola1	647,07000	837,49000	713,63000	702,88000	845,87000
Escola2	638,36000	809,35000	700,70000	677,56000	832,67000
Escola3	632,38000	814,54000	693,08000	681,53000	848,00000
Escola4	635,08000	810,61000	690,06000	670,68000	836,00000
Escola5	635,12000	782,61000	697,04000	679,73000	843,68000
Escola6	633,05000	785,76000	691,42000	665,68000	828,26000
Escola7	620,26000	752,26000	681,56000	645,90000	824,15000
Escola8	625,56000	734,99000	686,62000	644,10000	786,51000
Escola9	611,56000	726,58000	676,50000	631,68000	784,57000
Escola10	615,60000	694,65000	665,38000	643,72000	779,53000
Escola11	617,61000	688,18000	668,63000	638,52000	784,08000

BCC (VRS)

Output

Nenhum

Editor Salvar Cancelar Calcular Multicritério

Figura 5 – Configuração do SIAD pré-cálculo
Fonte: Software SIAD

Os resultados de eficiência no SIAD se dão na escala de 0 a 1, sendo 1 a eficiência máxima e 0 a mínima. Pela análise do *software* são obtidas as eficiências padrão, invertida, composta e composta normalizada. Para uma definição de *ranking*, foi analisada a eficiência composta normalizada, na qual cada DMU apresentará um valor diferente. As fórmulas para obter a composta e a composta normalizada são apresentadas a seguir:

$$Eficiência\ Composta = Eficiência\ Padrão + \frac{1 - Eficiência\ Invertida}{2}$$

$$Eficiência\ Composta\ Normalizada = \frac{Eficiência\ Composta}{Máxima(Eficiência\ Composta)}$$

Para fins de classificação de unidade mais eficiente, levando em consideração *outputs* e *inputs*, é utilizada a classificação decrescente da eficiência composta normalizada. Os resultados obtidos na análise do estudo são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – DMUs e as respectivas eficiências

Nome da escola	Padrão	Invertida	Composta	Composta Normalizada
Escola 19	1,0000	0,8596	0,5702	1,0000
Escola 10	1,0000	0,8608	0,5696	0,9990
Escola 20	0,9959	0,8639	0,5660	0,9926
Escola 15	0,9937	0,8662	0,5638	0,9887
Escola 30	1,0000	0,8758	0,5621	0,9858
Escola 2	1,0000	0,8811	0,5594	0,9811
Escola 22	1,0000	0,8819	0,5591	0,9805
Escola 4	1,0000	0,8825	0,5587	0,9799
Escola 28	1,0000	0,8854	0,5573	0,9774
Escola 11	0,9837	0,8753	0,5542	0,9719
Escola 5	1,0000	0,8984	0,5508	0,9659
Escola 6	0,9919	0,8922	0,5499	0,9643
Escola 24	0,9781	0,8799	0,5491	0,9631
Escola 3	1,0000	0,9024	0,5488	0,9625
Escola 26	0,9895	0,8936	0,5480	0,9610
Escola 46	0,9736	0,8830	0,5453	0,9563
Escola 18	0,9722	0,8855	0,5434	0,9530
Escola 44	0,9705	0,8861	0,5422	0,9509
Escola 25	0,9701	0,8867	0,5417	0,9500

Escola 56	1,0000	0,9177	0,5412	0,9491
Escola 16	0,9726	0,8922	0,5402	0,9474
Escola 35	0,9759	0,8972	0,5393	0,9459
Escola 64	1,0000	0,9285	0,5358	0,9396
Escola 31	0,9588	0,8973	0,5307	0,9308
Escola 50	0,9581	0,8973	0,5304	0,9302
Escola 8	0,9749	0,9176	0,5286	0,9271
Escola 60	0,9707	0,9146	0,5281	0,9261
Escola 32	0,9548	0,9015	0,5266	0,9236
Escola 66	0,9616	0,9098	0,5259	0,9223
Escola 37	0,9663	0,9148	0,5258	0,9221
Escola 23	0,9619	0,9113	0,5253	0,9212
Escola 38	0,9530	0,9026	0,5252	0,9210
Escola 41	0,9550	0,9054	0,5248	0,9204
Escola 58	0,9519	0,9034	0,5243	0,9194
Escola 47	0,9541	0,9058	0,5241	0,9192
Escola 49	0,9497	0,9079	0,5209	0,9136
Escola 7	0,9731	0,9322	0,5204	0,9127
Escola 51	0,9584	0,9186	0,5199	0,9118
Escola 68	0,9645	0,9264	0,5190	0,9103
Escola 9	0,9627	0,9263	0,5182	0,9089
Escola 76	0,9717	0,9379	0,5169	0,9065
Escola 62	0,9437	0,9113	0,5162	0,9053
Escola 59	0,9497	0,9197	0,5150	0,9032
Escola 14	0,9513	0,9260	0,5126	0,8991
Escola 21	0,9470	0,9221	0,5125	0,8987
Escola 29	0,9482	0,9254	0,5114	0,8968
Escola 53	0,9461	0,9272	0,5095	0,8935
Escola 39	0,9382	0,9201	0,5091	0,8928
Escola 27	0,9566	0,9402	0,5082	0,8912
Escola 36	0,9351	0,9208	0,5072	0,8895
Escola 12	0,9497	0,9390	0,5053	0,8862
Escola 52	0,9438	0,9336	0,5051	0,8858
Escola 34	0,9330	0,9229	0,5050	0,8857
Escola 48	0,9326	0,9237	0,5045	0,8847
Escola 61	0,9297	0,9254	0,5022	0,8807
Escola 1	1,0000	1,0000	0,5000	0,8769
Escola 86	1,0000	1,0000	0,5000	0,8769

Escola 13	0,9449	0,9457	0,4996	0,8762
Escola 45	0,9266	0,9281	0,4993	0,8756
Escola 17	0,9427	0,9445	0,4991	0,8753
Escola 42	0,9268	0,9289	0,4989	0,8750
Escola 74	0,9323	0,9364	0,4980	0,8734
Escola 73	0,9304	0,9412	0,4946	0,8674
Escola 65	0,9240	0,9355	0,4942	0,8668
Escola 55	0,9197	0,9356	0,4920	0,8629
Escola 54	0,9239	0,9413	0,4913	0,8616
Escola 57	0,9222	0,9459	0,4881	0,8560
Escola 71	0,9328	0,9617	0,4856	0,8516
Escola 81	0,9162	0,9518	0,4822	0,8457
Escola 40	0,9121	0,9505	0,4808	0,8432
Escola 43	0,9233	0,9675	0,4779	0,8381
Escola 67	0,9065	0,9511	0,4777	0,8378
Escola 80	0,9122	0,9659	0,4732	0,8298
Escola 87	0,9440	1,0000	0,4720	0,8277
Escola 70	0,9155	0,9717	0,4719	0,8276
Escola 69	0,8984	0,9575	0,4704	0,8251
Escola 88	0,9263	0,9856	0,4704	0,8249
Escola 82	0,9009	0,9629	0,4690	0,8225
Escola 83	0,9053	0,9676	0,4688	0,8222
Escola 72	0,9206	0,9901	0,4652	0,8159
Escola 79	0,8901	0,9666	0,4618	0,8099
Escola 85	0,8939	0,9707	0,4616	0,8095
Escola 63	0,9043	0,9853	0,4595	0,8058
Escola 33	0,9082	1,0000	0,4541	0,7964
Escola 78	0,8841	0,9866	0,4487	0,7870
Escola 77	0,8975	1,0000	0,4487	0,7870
Escola 75	0,8966	0,9999	0,4483	0,7863
Escola 89	0,8679	1,0000	0,4340	0,7611
Escola 84	0,8612	1,0000	0,4306	0,7552

Fonte: Dados obtidos pelo SIAD a partir dos autores

Dos resultados obtidos é possível tirar algumas observações. Das 89 escolas analisadas, apenas 12 (13,48%) foram consideradas totalmente eficientes (eficiência padrão). Essas foram as escolas 1, 2, 3, 4, 10, 19, 22, 28, 30, 56, 64, 86. Entre essas há a escola com o maior valor de mensalidade (Escola 1) e também a de menor valor (Escola 86). A escola mais cara também é a

que possui a melhor média de notas (considerando uma média aritmética simples), já a mais barata possui a terceira pior média de notas. Por isso é importante considerar a eficiência composta normalizada para análise comparativa.

Das 89 escolas dentro da amostra estudada, Escola 19 é a escola com o melhor desempenho considerando notas e mensalidade. O valor da mensalidade desta escola, de R\$ 998,00, que é inferior à média das mensalidades do grupo de colégios, que é de R\$ 1337,40, e bastante inferior ao maior valor de mensalidade, que é da Escola 1, de R\$ 2.212,00. A média da líder do ranking, 658.80, é superior à média geral das escolas, de 618.68, e menor que a maior média individual, 749.38 – Escola 1.

Considerações Finais

Considerando o objetivo geral deste estudo, de mensurar a eficiência das escolas particulares da capital mineira utilizando a DEA, é possível dizer que foi obtido êxito na aplicação da metodologia desenvolvida. Os dados utilizados proveram de fontes oficiais e confiáveis, o que é fundamental para a elaboração de um trabalho consistente.

É notável a contribuição desse tema na formação do Engenheiro de Produção, visto que esse profissional atua em áreas distintas, mas tem um papel fundamental na tomada de decisão no seu ambiente de trabalho e a DEA auxilia bastante nesse aspecto. Em adição à contribuição acadêmica, também é destacável a contribuição na área organizacional, pois fornece conteúdo que pode ser utilizado para implementação de melhorias nas unidades.

Finalmente, foi possível fazer a comparação de 89 escolas de ensino médio da rede particular da cidade de Belo Horizonte, MG, estabelecendo um ranking de eficiência dessas escolas. O modelo de dados encontrado permitiu uma análise quantitativa comparativa baseada nos custos de mensalidade do ano de 2018 e nas médias de notas dos alunos dessas escolas no ENEM de 2015. Foi observado que a eficiência das escolas não é diretamente relacionada ao custo de mensalidade, nem ao desempenho, já que a escola mais eficiente não possui a mensalidade mais elevada nem a melhor nota.

Referências

ABRÚCIO, Fernando Luiz; SIMIELLI, Lara. **Cenários Transformadores para a Educação Básica no Brasil**. Contextualizando a educação brasileira: trajetória recente, situação atual e perspectivas sociopolíticas. Instituto Reos, jun. 2015.

ALVES, Manoel. A histórica contribuição do ensino privado no Brasil. **Educação**, v. 32, n. 1, 2009.

BELLONI, José Ângelo. **Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de Universidades Federais brasileiras**. 2000. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, 2000.

BENEGAS, Mauricio et al. O uso do modelo network DEA para avaliação da eficiência técnica do gasto público em ensino básico no Brasil. **Economia**, v. 13, n. 3a, p. 569-601, 2012.

BENÍCIO, Juliana; MELLO, João Carlos CB Soares. Retornos de escala em DEA: críticas ao BCC e novo modelo. **Temiminós Revista Científica**, v. 4, n. 2, p. 42-61, 2014.

BRASIL. Casa Civil. **Lei Nº 9.394**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9394.htm> Acesso em: 5 mar. 2018, às 18h.

_____. Casa Civil. **Lei Nº 4.024**, de 20 de dezembro de 1961. Fixa as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/leis/L4024.htm> Acesso em: 5 mar. 2018, às 18h.

CASA NOVA, Sílvia Pereira de Castro. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis**. 2002. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, 2002.

COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; ZHU, Joe. Data envelopment analysis. In: **Handbook on data envelopment analysis**. Springer, Boston, MA, 2004. p. 1-39.

CUNHA, Antonio Eugenio. A História da Educação Privada Brasileira e o princípio democrático da livre iniciativa. **Revista FENEP**, 2013.

CUNHA, Luís Antônio; XAVIER, Libânia. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN)**. Disponível em: <<http://www.fgv.br/cpd/doc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/lei-de-diretrizes-e-bases-da-educacao-nacional-ldben>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

DOURADO, Luiz Fernandes; OLIVEIRA, João Ferreira de. A qualidade da educação: perspectivas e desafios. **Cad. Cedes**, Campinas, v. 29, n. 78, p. 201-215, maio/ago. 2009.

FARREL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, n. 3, 1957.

FERREIRA, Carlos Maurício de Carvalho; GOMES, Adriano Provezano. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. Viçosa, MG: UFV, 2009.

GRUPO DE TRABALHO constituído com a finalidade de “elaborar estudos sobre a implementação do Custo Aluno Qualidade – CAQ, como parâmetro para o financiamento da Educação Básica” (2015). **Relatório Final**. [Online] Brasília: MEC, pp. 5,6,7. Disponível em: <pne.mec.gov.br/images/pdf/publicacoes/RELATORIO_FINAL_GT_CAQ_out_15.pdf> Acesso em 7 de abril de 2018.

HANUSHEK, Eric A. The economics of school quality. **German Economic Review**, v. 6, n. 3, p. 269-286, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – Inep. **Legislação e Documentos**. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br/>>. Acesso em: 16 mar. 2018.

MACIEL, G. S. et al. Avaliação de processos licitatórios de embarcações de apoio marítimo offshore com utilização de análise envoltória de dados. **Journal of Transport Literature**, v. 8, n. 4, p. 329-349, 2014.

MALHOTRA, Naresh K. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada. Porto Alegre, RS: Bookman Editora, 2012.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**: edição compacta. São Paulo: Atlas, 1996.

MEZA, Lidia Angulo et al. ISYDS-Integrated System for Decision Support (SIAD-Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 3, p. 493-503, 2005.

MELLO, JCCBS et al. Curso de análise de envoltória de dados. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, v. 37, p. 2521-2547, 2005.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social**: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SANTOS, J. M. C. T.; SILVA, M. K.; MELO, S. F. Accession of the Uern to the Enem and the Democratization of Access to Higher Education. **HOLOS**, v. 33, n. 3, p. 16-31, 2017.

SILVA, A. M. F.; LOPES, P. I. X.; CASTRO, A. M. D. A. Educational Evaluation in Brazil: tests centrality assumed by survey. **HOLOS**, v. 32, n. 7, p. 388-401, 2016.

TUPY, Oscar; YAMAGUCHI, Luis Carlos Takao. Eficiência e produtividade: conceitos e medição. **Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1998.

Recebido em 27/09/2018

Aceito em 19/11/2018