

ARTIGO

EFICIÊNCIA DAS UNIDADES DO CEFET-MG: UMA AVALIAÇÃO POR DATA
ENVELOPMENT ANALYSIS¹

Alexandre de Cássio Rodrigues²
Cristiana Fernandes de Muylder
Tiago Silveira Gontijo

RESUMO

A Educação Profissional, Científica e Tecnológica é uma importante política pública do Brasil, pois visa preparar os alunos para atuar em setores que carecem de mão de obra especializada. Neste contexto, este artigo teve como objetivo avaliar a eficiência de nove unidades do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais em 2015. Para isso, empregaram-se modelos de *Data Envelopment Analysis*. Como *inputs*, consideraram-se o número médio de alunos por turma e o indicador de adequação da formação dos docentes; como *output*, utilizou-se um índice, o ID_CEFET-MG, que agregou a taxa de aprovação e a nota média dos alunos no Exame Nacional do Ensino Médio. Apurou-se que apenas duas unidades do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais foram globalmente eficientes; que, em média, o ID_CEFET-MG poderia ser incrementado em até 15 por cento, sem aumentar os *inputs*, e que as unidades ineficientes, em sua maioria, operaram abaixo da escala ótima. Os resultados obtidos são úteis, pois identificam *benchmarks* e alvos de desempenho realistas para as unidades ineficientes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Além disso, o método utilizado pode ser usado por outras instituições para aprimorar a gestão dos recursos aplicados na Educação Profissional, Científica e Tecnológica.

Palavras-chave: Eficiência. CEFET-MG. Análise envoltória de dados.

1 INTRODUÇÃO

A educação é um fator crucial para o alcance do desenvolvimento socioeconômico de qualquer nação (KEELEY, 2007; HANUSHEK; WOESSMANN, 2008). Neste sentido, a Constituição Federal brasileira prevê que a educação é um direito de todos e dever do Estado e da família, devendo ser promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. Para garantir esse direito, no tocante à responsabilidade do

¹ **Como citar este artigo:** RODRIGUES, Alexandre de Cássio; MUYLDER, Cristiana Fernandes de; GONTIJO, Tiago Silveira. Eficiência das unidades do CEFET-MG: uma avaliação por data envelopment analysis.

ForScience: revista científica do IFMG, Formiga, v. 6, n. 3, e00270, jul./dez. 2018.

² **Autor para correspondência:** Alexandre de Cássio Rodrigues, DNPM, e-mail: alexandrerodrigues.engprod@gmail.com

Estado, parte da receita resultante de impostos deve empregada na manutenção e no desenvolvimento do ensino (BRASIL, 1988).

No Brasil, a necessidade de atendimento às crescentes demandas educacionais e a conhecida escassez de recursos têm motivado o desenvolvimento de pesquisas com o intuito de mensurar a eficiência dos gastos públicos em educação (RODRIGUES, 2015; FARIA, JANNUZI, SILVA, 2008). Neste artigo, tem-se particular interesse na mensuração da eficiência dos recursos aplicados em Educação Profissional, Científica e Tecnológica - uma política de Estado de grande relevância para o País (PACHECO, 2008), já que tem como finalidade, sobretudo, preparar alunos com conhecimentos diferenciados para atuar em setores de ponta da economia, onde sobram vagas por falta de mão de obra qualificada (TCU, 2013).

De acordo com Silva, Corrêa e Gomes (2017), entende-se por eficiência a otimização de recursos e a ausência de desperdício, ou seja, a busca pela melhoria e pelo aumento qualitativo e quantitativo da produção, com alocação eficiente de insumos. A avaliação da eficiência de Instituições de Educação Profissional, Científica e Tecnológica foi o propósito dos estudos desenvolvidos por Ramos e Ferreira (2007), Almeida e Almeida Filho (2014) e Furtado e Campos (2015). Em comum, estas investigações mediram o desempenho de instituições heterogêneas entre si, o que, além de afetar os escores de eficiência, dificulta a identificação de *benchmarks* realistas (COOK; TONE; ZHU, 2014). Por isso, este trabalho adota uma perspectiva diferente, pois tem por objetivo avaliar a eficiência das unidades de uma mesma instituição: o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Para isso, são utilizados modelos de Análise Envoltória de Dados, em inglês *Data Envelopment Analysis* (DEA), a técnica mais empregada em pesquisas sobre eficiência em educação (LIU et al., 2013; EMOUZNEJAD; YANG, 2017).

Busca-se, a partir desta pesquisa, instigar academicamente, e, sob o ponto de vista da gestão, analisar a eficiência no contexto da educação pública brasileira, além de divulgar a metodologia adotada.

Além desta introdução, este artigo contém mais quatro sessões. A segunda discute a técnica DEA. Na terceira, são detalhados os métodos de pesquisa. Na seção quatro, discutem-se os resultados encontrados, e, por fim, têm-se as considerações finais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A DEA é uma técnica não paramétrica de mensuração de eficiência relativa, difundida especialmente a partir dos trabalhos de Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e Banker, Charnes e Cooper (1984). Admite-se que N unidades tomadoras de decisão, *Decision Making Units* (DMU), utilizem uma tecnologia comum (ψ) para transformar um vetor de *inputs* $x_n = (x_{n1}, \dots, x_{np}) \in \mathfrak{R}_+^p$ em um vetor de *outputs* $y_n = (y_{n1}, \dots, y_{nq}) \in \mathfrak{R}_+^q$. Assim, define-se o conjunto de possibilidades de produção, que é formado pelos planos (x, y) factíveis, tais que $\wp = \{(x, y) \in \mathfrak{R}_+^{p+q} | x \text{ pode produzir } y\}$.

Embora ψ não seja observável, a técnica DEA, por meio de programação linear, calcula a estimativa $\hat{\wp}$, dada pela Equação (1), ao definir o menor subconjunto do espaço $\mathfrak{R}_+^p \times \mathfrak{R}_+^q$ que contenha os dados (x_n, y_n) e que satisfaça às propriedades de livre descarte de *inputs* e *outputs*, convexidade do conjunto de possibilidades de produção e retornos de escala, que podem ser constantes (RCE) ou variáveis (RVE) (BOGETOFT; OTTO, 2010):

$$\hat{\wp}(\gamma) = \left\{ (x, y) \in \mathfrak{R}_+^{p+q} \mid \exists \lambda \in \Lambda^N(\gamma) : x \geq \sum_{n=1}^N \lambda_n x_n, y \leq \sum_{n=1}^N \lambda_n y_n \right\} \quad (1)$$

onde:

$$\Lambda^N(RCE) = \left\{ \lambda \in \mathfrak{R}_+^N \mid \sum_{n=1}^N \lambda_n \text{ livre} \right\} \quad (2)$$

$$\Lambda^N(RVE) = \left\{ \lambda \in \mathfrak{R}_+^N \mid \sum_{n=1}^N \lambda_n = 1 \right\} \quad (3)$$

Os modelos DEA podem ser orientados a *inputs*, quando o propósito é reduzi-los, mantendo-se constante os *outputs*; ou orientados a *outputs*, quando se deseja aumentá-los, sendo mantidos fixos os *inputs*. Em se tratando de modelos orientados a *outputs*, os quais serão utilizados neste trabalho, o escore de eficiência da DMU₀, $0 \leq \hat{\delta}_0 \leq 1$ é dado por:

$$\begin{aligned} \hat{\delta}_0 &= \max_{\delta, \lambda_1, \dots, \lambda_N} \delta \\ x_{0i} &\geq \sum_{n=1}^N \lambda_n x_{ni}, \quad i = 1, \dots, p \\ \delta y_{0j} &\geq \sum_{n=1}^N \lambda_n y_{nj}, \quad i = 1, \dots, q \\ \lambda &\in \Lambda^N(\gamma) \end{aligned} \quad (4)$$

O escore de eficiência da DMU_0 , obtido sob a pressuposição de retornos constantes de escala, é a eficiência técnica global; enquanto aquele obtido sob a pressuposição de retornos variáveis de escala é a eficiência técnica pura. A razão entre essas medidas fornece a eficiência de escala (FERREIRA; GOMES, 2009), ou seja, a ineficiência técnica global é composta pela ineficiência técnica pura e pela ineficiência de escala.

A Figura 1 ilustra geometricamente esses conceitos, considerando-se um *input* e um *output* e orientação a *outputs*. Nela, são representadas as fronteiras eficientes, calculadas pela DEA, sob os pressupostos de retornos constantes de escala (RCE), à qual pertence a DMU C, e de retornos variáveis de escala (RVE) formada pelas DMUs A, B, C, D e E. Esta última contém uma parte com retornos não decrescentes de escala (de A a C) e outra com retornos não crescentes de escala (de C a E). Tem-se que a DMU P não pertence àquelas fronteiras, portanto, é ineficiente. Para ser eficiente, P deve perseguir o alvo P_v ou P_c , dependendo do tipo de retorno de escala (RVE ou RCE, respectivamente), tendo C e D como principais *benchmarks*. Então, sob a pressuposição de retornos constantes de escala, a ineficiência técnica global de P é a distância PP_c . Por outro lado, sob a pressuposição de retornos variáveis de escala, a ineficiência técnica pura de P é a distância PP_v . A diferença entre essas ineficiências técnicas, dada pela distância P_vP_c , é a ineficiência de escala de P.

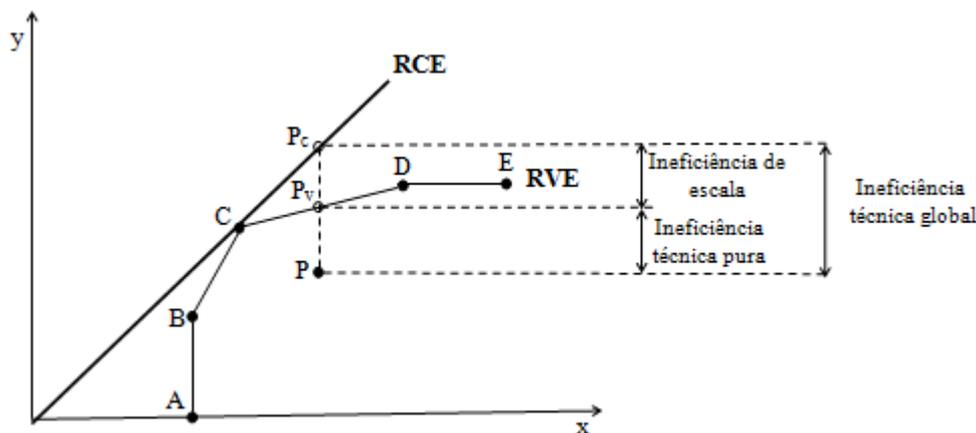


Figura 1 - Eficiência técnica e eficiência de escala
 Fonte: Adaptada de Ferreira e Gomes (2009, p. 192).

Se a eficiência de escala for igual a um, então a DMU estará operando com retornos constantes de escala, mas, se for menor que um, poderá ocorrer retornos crescentes ou decrescentes de escala (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984). Ou seja, a eficiência de escala não identifica o tipo de retorno de escala que uma DMU está operando. Então, para todas as soluções ótimas da Equação (4) descrita anteriormente, devem-se verificar as condições a seguir (BANKER et al., 2004):

- Os retornos de escala serão crescentes se, e somente se $\sum_{n=1}^N \lambda_n < 1$;
- Os retornos de escala serão decrescentes se, e somente se $\sum_{n=1}^N \lambda_n > 1$;
- Os retornos de escala serão constantes se, e somente se $\sum_{n=1}^N \lambda_n = 1$.

Discutidos os fundamentos da DEA, a seguir, são detalhados os métodos empregados no desenvolvimento da pesquisa.

2.2 CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA

De acordo com Vieira e Souza Junior (2017), a educação brasileira e a atenção com a qualificação profissional passaram a representar uma preocupação a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº 5.692, aprovada em 1971, quando o ensino de 2º grau, hoje Ensino Médio, tornou-se obrigatoriamente profissionalizante. Segundo os autores, o egresso poderia ingressar no mercado de trabalho e dar continuidade aos estudos na educação superior. No entanto, compreendeu-se que o ensino não preparava para o mercado e nem para a educação superior, e a Lei foi alterada em 1982, fazendo com que a profissionalização, no ensino de 2º grau, passasse a ser opcional.

Em 2011, com o Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (Pronatec), foram traçadas as metas estabelecidas no Plano Nacional de Educação para o período de 2014 -2024, em que o foco não é somente os egressos do ensino médio, mas a oportunidade de profissionalização para todos que não continuaram os estudos, mesmo adultos, com vistas à inserção no mercado de trabalho (VIEIRA; SOUZA JUNIOR, 2017).

O Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) é o nome dado a alguns institutos de ensino da rede federal ligados diretamente ao Ministério da Educação. Estes centros oferecem cursos de nível médio, técnico, superior e pós-graduação. A partir da criação da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica (Lei 11.892/2008), os centros foram convertidos em Institutos Federais (IF), exceto três: CEFET-PR, CEFET-RJ e CEFET-MG, que, apesar de também fazerem parte da nova rede, tinham plano de se tornarem universidades tecnológicas, embora somente o do Paraná tenha conseguido. O CEFET-MG oferece cursos desde o técnico de nível médio até o doutoramento, com uma grande diversidade figura 2.

Nível de Ensino	2016	2017*
Cursos Técnicos de Nível Médio	10.777	8.776
Graduação	5.430	6.122
Especialização	136	216
Mestrado	1.032	1.363
Doutorado	175	239
Ensino a Distância - EaD/Nível Técnico	390	432
Formação Inicial Continuada-FIC/Extensão	520	519
Total	18.460	17.667

Figura 2 - Número de alunos por nível curso CEFET-MG
Fonte: CEFET (2018).

São onze *campi* no CEFET-MG, totalizando 93 cursos técnicos e 19 cursos de graduação. Ainda atua, em ensino a distância, em três cursos, em 10 cidades-polo figura 3.



Figura 3 - *Campi* do CEFET-MG
Fonte: CEFET (2018).

A próxima seção refere-se ao método utilizado nesta pesquisa.

3 MÉTODOS

Esta pesquisa é uma avaliação *ex post*, do tipo *cross section*, com abordagem descritiva e que emprega método quantitativo de análise. São considerados os dados do CEFET-MG, referentes ao ano de 2015, coletados no sítio do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), sendo todas as variáveis públicas e com valores e cálculos gerados pelo Governo Federal Brasileiro.

Foram admitidas como DMUs as nove unidades do CEFET-MG, localizadas nos municípios de Araxá, Belo Horizonte (Campus I), Curvelo, Contagem, Divinópolis, Leopoldina, Nepomuceno, Timóteo e Varginha, as quais ofertam cursos de educação profissional técnica de nível médio nas modalidades integrado, com concomitância externa e/ou subsequente. Em 2015, 1.108 alunos estavam matriculados no 3º ano do Ensino Médio dessas unidades, sendo que 1.060 - o equivalente a 95,7% do total - realizaram o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) (INEP, 2017a).

Definidas as DMUs, passou-se à escolha dos *inputs* e *outputs*, que é uma etapa fundamental em DEA, pois os escores de eficiência são diretamente influenciados por essas variáveis (COOK; TONE; ZHU, 2014). No entanto, ressalta-se que, na avaliação de eficiência em educação, não há um consenso sobre quais *inputs* e *outputs* devam ser adotados. Isso é ilustrado no quadro 1, que mostra os *inputs* e *outputs* utilizados em trabalhos que empregaram DEA para medir a eficiência de Instituições Federais de Educação Profissional, Científica e Tecnológica:

Trabalho	Inputs	Outputs
Ramos e Ferreira (2007)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Valor do orçamento anual para custeio e investimento 2. Total de docentes 3. Índice de titulação docente 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nota de desempenho no ENEM 2. Total de alunos matriculados no Ensino Médio 3. Total de alunos concluintes 4. Total de alunos matriculados no Ensino Superior
Almeida e Almeida Filho (2014)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Número de docentes 2. Número de servidores 3. Indicador de existência de (?) 4. Ambientes de auxílio à Aprendizagem 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nota média no ENEM 2. Número total de alunos no Ensino Médio
Furtado e Campos (2015)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gasto corrente por aluno matriculado 2. Índice de titulação docente 3. Relação de alunos por professor 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Relação de concluintes por aluno matriculado

Quadro 1 - *Inputs e outputs* de Instituições Federais de Educação Profissional, Científica e Tecnológica
 Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em Ramos e Ferreira (2007), Almeida e Almeida Filho (2014) e Furtado e Campos (2015).

Analisando-se as variáveis mostradas no quadro 1, observa-se que, em geral, os *inputs* estão associados aos gastos por aluno e à quantidade e à qualidade do corpo docente; enquanto os *outputs* referem-se ao número de concluintes e ao desempenho dos alunos no ENEM. Normalmente, os valores dessas variáveis, com exceção do desempenho dos alunos no ENEM, são extraídos do Relatório de Análise dos Indicadores de Gestão das Instituições

Federais de Educação Profissional, Científica e Tecnológica³, que é produzido pelo Tribunal de Contas da União (TCU). Porém, como esse documento disponibiliza somente dados agregados por instituição, não é possível realizar o detalhamento, por unidade, de cada instituição, que é o propósito deste trabalho.

Por isso, a partir de dados disponibilizados pelo INEP (2017a, b), referentes ao 3º ano do Ensino Médio de cada unidade do CEFET-MG, foram pré-selecionados os *inputs* e *outputs* mostrados no quadro 2, que também apresenta as justificativas que demonstram o alinhamento das variáveis escolhidas nos trabalhos anteriores.

<i>Inputs</i>	
Indicador	Justificativa
1. Número médio de alunos por turma (turma)	Quanto maior o número de alunos por turma, menores deverão ser as necessidades de professores e salas de aulas e, portanto, menor deverá ser o gasto por aluno.
2. Número médio de horas-aulas por dia (aulas)	Quanto maior o número de horas-aulas por dia, maior deverá ser a quantidade de professores e, conseqüentemente, maior deverá ser o gasto por aluno.
3. Indicador de adequação da formação docente (adequação)	É uma <i>proxy</i> da qualidade do corpo docente, pois verifica a adequação entre a formação acadêmica do docente e a(s) disciplina(s) que ele leciona. Carmo et al. (2015) mostram que a adequação do corpo docente influencia positivamente o desempenho dos alunos no ENEM.
<i>Outputs</i>	
Indicador	Justificativa
1. Taxa de aprovação de alunos (aprovação)	Reflete o fluxo escolar; é o produto do processo educacional (INEP, 2017b)
2. Nota média dos alunos no ENEM (ENEM)	É uma <i>proxy</i> da qualidade da educação ofertada pelas escolas (INEP, 2017a)

Quadro 2 - *Inputs* e *outputs* pré-selecionados
 Fonte: Elaborado pelos autores.

Sendo assim, inicialmente, para cada uma das nove DMUs, foram considerados três *inputs* e dois *outputs*, cujas estatísticas descritivas são mostradas na tabela 1.

³Disponível em: <goo.gl/LeUbb1>. Acesso em: jun. 2017.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas dos *inputs* e *outputs*

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
turma	21,3	33,0	23,6	3,6
aulas	10,4	16,6	11,3	1,8
adequação	39,5	75,0	63,1	11,2
aprovação	63,7	96,4	81,2	79,1
ENEM	584,1	673,2	637,6	26,8

Fonte: Elaborada pelos autores, com base em dados do INEP (2017a, b).

É importante frisar que Banker et al. (2004) recomendam que o número de DMUs seja igual a, no mínimo, três vezes o número de *inputs* e *outputs*, pois a quantidade de *inputs* e *outputs*, em comparação à de DMUs, diminui o poder de discriminação da DEA (COOK; TONE; ZHU, 2014). Como no caso em questão havia nove DMUs e cinco variáveis (três *inputs* e dois *outputs*) e não era possível aumentar o número de DMUs, já que a quantidade de unidades do CEFET-MG é fixa, para atender àquela recomendação, a única alternativa foi reduzir o número de variáveis. Assim, optou-se por diminuir o número de *inputs* e *outputs* para dois e um, respectivamente.

Para definir quais variáveis deveriam ser excluídas, levou-se em consideração que “[...] para cada par de variáveis insumos e para cada par de variáveis produtos [deve-se excluir] uma delas quando tiverem alta correlação (por exemplo, acima de 0,8)” (FERREIRA; GOMES, 2009, p. 149). A fim de verificar essa condição, primeiramente, calcularam-se as correlações entre os *inputs*, as quais são mostradas na tabela 2.

Tabela 2 - Correlação entre *inputs*

<i>Input</i>	turma	aulas	adequação
turma	1,000 (0,000)		
aulas	-0,153 (0,694)	1,000 (0,000)	
adequação	0,202 (0,602)	0,167 (0,667)	1,000 (0,000)

Fonte: Elaborada pelos autores, com base em dados do INEP (2017b).

Nota: Os números entre parênteses indicam o valor p (Sig. 2 tailed do teste do coeficiente de correlação de Pearson).

Verifica-se, na Tabela 2, que a correlação entre os *inputs* é menor que 0,8. Além disso, de acordo com o valor p, destacado entre parênteses, nota-se, ao nível de 5% de significância, que a correlação entre aquelas variáveis não é significativa. Logo, por meio do critério de correlação entre as variáveis, não foi possível excluir nenhum *input*.

Diante disso, para selecionar os dois *inputs* mais relevantes, empregou-se a técnica Análise de Componentes Principais (ACP), que tem por objetivo explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto por p-variáveis aleatórias, por meio

da construção de combinações lineares de k ($k < p$) variáveis originais – as componentes principais (HONGYU; SANDANIELO; OLIVEIRA JÚNIOR, 2016). Assim, do conjunto original de variáveis, é possível obter um conjunto substancialmente menor, que contém grande parte da informação.

A tabela 3 mostra os resultados da aplicação da ACP à matriz de covariância dos *inputs*. A variância total, dada pela soma dos autovalores da matriz de covariância, é 3,000. A primeira componente principal (CP1), que possui as informações mais relevantes dos dados originais, explica 40,116% da variância total.

Tabela 3 - Componentes Principais

Componente	Autovalores	Variância explicada (%)
CP1	1,203	40,116
CP2	1,146	38,195
CP3	0,651	21,688
Total	3,000	100,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

A CP1, dada pela Equação (5), pode ser entendida como sendo um vetor de pesos dos *inputs* atrelado ao desempenho global das unidades do CEFET-MG em termos de insumos empregados no processo educacional. Por possuírem os maiores coeficientes, o número de alunos por turma (turma) e o indicador de adequação da formação docente (adequação) são as duas variáveis mais importantes (MINGOTI, 2004) da CP1. Por isso, elas foram consideradas como os *inputs* do modelo.

$$CP1 = 0,711turma + 0,141aulas + 0,823adequação \quad (5)$$

No caso dos *outputs* pré-selecionados, a correlação foi estimada em 0,540. Como esse valor é menor que 0,8, não foi possível excluir nenhum deles, com base no critério de correlação entre as variáveis. Apurou-se, ainda, valor p igual a 0,133, o que revela, ao nível de 5% de significância, que a correlação entre os *outputs* não é significativa. Desse modo, assim como feito em relação aos *inputs*, empregou-se a técnica de Análise de Componentes Principais para selecionar o *output* mais relevante. No entanto, na primeira componente principal, que explicou 77,997% da variância total, ambos os *outputs* apresentaram o coeficiente 0,877, o que impediu a exclusão de uma das variáveis pré-selecionadas, já que tinham a mesma importância.

Desse modo, decidiu-se combinar os *outputs*, criando-se um índice, o ID_CEFET-MG, que varia de zero a dez e é similar ao Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB),

o qual foi utilizado como *output* em recentes trabalhos que avaliaram a eficiência de sistemas educacionais (SAVIAN; BEZERRA, 2013; RODRIGUES, 2015; FERREIRA; 2015).

Conforme mostrado na Equação (6), o ID_CEFET-MG, dado pelo produto entre a taxa de aprovação e a nota média dos alunos no ENEM, assim como o IDEB, incorpora dois conceitos igualmente importantes para a qualidade da educação: o fluxo escolar e as médias de desempenho nas avaliações. Em outras palavras, o ID_CEFET-MG equilibra essas duas dimensões, pois, se uma unidade do CEFET-MG reter seus alunos para obter melhores resultados no ENEM, o fator fluxo será alterado, indicando a necessidade de melhoria do sistema. Por outro lado, se uma unidade do CEFET-MG apressar a aprovação do aluno sem qualidade, o resultado do ENEM indicará igualmente a necessidade de melhoria do sistema.

$$ID_CEFET / MG = 10x\left(\frac{Taxa\ de\ aprovação}{100}\right)x\left(\frac{Nota\ média\ dos\ alunos\ no\ ENEM}{1000}\right) \quad (6)$$

As estatísticas descritivas do ID_CEFET-MG são mostradas na tabela 4:

Tabela 4 - Estatísticas descritivas do *output* ID_CEFET-MG

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
ID_CEDFET/MG	3,83	6,29	5,29	0,78

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na análise dos dados, adotaram-se modelos DEA orientados a *outputs*. Logo, foram classificados como eficientes as unidades do CEFET-MG que, considerando-se o número de alunos por turma e o indicador de adequação da formação docente à disposição, conseguiram maximizar o ID_CEFET-MG. A orientação a *outputs* foi apropriada, pois, se fosse adotada a orientação a *inputs*, o objetivo seria reduzi-los, mantendo-se o nível atual de *output*. Isso não seria razoável porque, além de se desejar aumentar o ID_CEFET-MG, as escolas têm autonomia para organizar e distribuir as turmas e alunos sob sua responsabilidade (BRASIL, 1996), embora haja uma proposta de limitar o número de alunos do Ensino Médio por sala em 35 (BRASIL, 2011). Além disso, o Plano Nacional de Educação em vigor estabelece como meta que todos os docentes do Ensino Médio tenham formação superior na área em que lecionam até 2024 (LIMA, 2015).

Para avaliar a eficiência das unidades do CEFET-MG, foi utilizado o *software* Sistema Integrado de Apoio à Decisão (SIAD), proposto por Meza et al. (2005). Os resultados obtidos são apresentados e discutidos na sequência.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa. Inicialmente, a TAB. 5 mostra os escores de eficiência, o tipo de retorno de escala, o alvo para o ID_CEFET-MG e o principal *benchmark* das nove unidades do CEFET-MG.

Tabela 5 - Escores de eficiência, retornos de escala, alvo e *benchmark* das unidades do CEFET-MG

Unidade do CEFET-MG	Eficiência técnica		Eficiência de escala	Retornos de escala	ID_CEFET		<i>Benchmark</i>
	Global	Pura			Atual	Alvo	
Belo Horizonte	1,00	1,00	1,00	→	5,80	5,80	Belo Horizonte
Curvelo	1,00	1,00	1,00	→	5,18	5,18	Curvelo
Divinópolis	0,80	1,00	0,80	↑	6,29	6,29	Divinópolis
Araxá	0,78	1,00	0,78	↑	4,06	4,06	Araxá
Varginha	0,86	0,91	0,95	↑	5,34	5,89	Belo Horizonte
Contagem	0,83	0,89	0,93	↑	5,21	5,82	Belo Horizonte
Timóteo	0,87	0,89	0,98	↓	5,19	5,84	Belo Horizonte
Leopoldina	0,87	0,88	0,99	↑	4,64	5,28	Curvelo
Nepomuceno	0,68	0,68	0,99	↑	3,83	5,60	Belo Horizonte
Média	0,85	0,92	0,93				

Fonte: Elaborada pelos autores.

Analisando-se os resultados mostrados na tabela 5, nota-se que, sob o pressuposto de retornos constantes de escala, obtiveram máxima eficiência técnica global as unidades do CEFET-MG localizadas em Belo Horizonte e Curvelo. Segundo esse critério, o nível médio de ineficiência foi 0,15 (1-0,85), valor inferior ao apurado por Almeida e Almeida Filho (2014) - 0,19 - ao avaliar as unidades da rede federal de ensino em 2011. O nível de ineficiência aqui encontrado significa que as unidades avaliadas poderiam, em média, incrementar o ID_CEFET-MG em até 15,0%, sem aumentar o número de alunos por turma e o indicador de adequação da formação docente.

A ineficiência técnica global pode ser causada pela ineficiência técnica pura e/ou pela ineficiência de escala (FERREIRA; GOMES, 2009). Para verificar a influência da escala, relaxou-se o pressuposto de retornos constantes. Feito isso, obtiveram-se os escores de eficiência técnica pura, cuja média foi 0,92. Logo, pode-se afirmar que, em média, a ineficiência técnica global, avaliada em 15,0%, deve-se mais à ineficiência técnica pura, cotada em 8,00% (1 – 0,92), do que à ineficiência de escala, cuja média foi 7,00% (1 – 0,93). Constata-se também que, além das unidades do CEFET-MG localizadas em Belo Horizonte e Curvelo, apresentaram eficiência técnica pura aquelas situadas em Divinópolis e Araxá.

Também é mostrado, na TAB. 5, que as unidades do CEFET-MG localizadas em Belo Horizonte e Curvelo apresentaram retornos constantes de escala (\rightarrow), o que indica que estas unidades, que são *benchmark* para si mesmas, operaram em escala ótima. As demais seis unidades do CEFET-MG apresentaram retornos crescentes de escala (\uparrow), e uma (Timóteo) teve retorno decrescente de escala (\downarrow), o que significa que, respectivamente, operaram abaixo e acima da escala ótima (FERREIRA; GOMES, 2009). Tais resultados contrariam as conclusões de Ramos e Ferreira (2007), que constataram que os CEFETs do Brasil, entre 2003 e 2005, em geral, operaram sob retornos decrescentes de escala. É possível que essa distinção seja consequência da diferença das variáveis empregadas nos estudos e da expansão da rede federal de educação profissional e tecnológica ocorrida após 2008.

Ainda, na tabela 5, são mostrados os *benchmarks* das unidades do CEFET-MG classificadas como ineficientes. No entanto, além do que fizeram Furtado e Campos (2015), são expostos os alvos a serem perseguidos para que estas unidades se tornem eficientes. Devem-se observar os alvos que revelam o custo da ineficiência, pois indicam os *outputs* que deveriam ter sido obtidos, caso as DMUs fossem eficientes.

Cabe destacar que, embora a DEA possibilite calcular os escores de eficiência das DMUs, essa técnica, isoladamente, não identifica os fatores que influenciam a eficiência (COOK; TONE; ZHU, 2014). Assim, para completar a análise, apurou-se a correlação dos escores de eficiência técnica global com variáveis não discricionárias, as quais, ao menos no curto prazo, não podem ser controladas pelos gestores: o nível socioeconômico dos estudantes, o indicador de esforço dos docentes e o indicador de complexidade da gestão da escola⁴. Os resultados encontrados são mostrados na tabela 6.

Tabela 6 - Correlação entre os escores de eficiência técnica global e as variáveis não discricionárias

Variáveis	Eficiência	Socioeconômico	Esforço	Complexidade
Eficiência	1,000 (0,000)			
Socioeconômico ^a	0,043 (0,912)	1,000 (0,000)		
Esforço ^b	0,318 (0,404)	-0,087 (0,825)	1,000 (0,000)	
Complexidade ^c	-0,260 (0,500)	0,478 (0,193)	-0,725 (0,027)	1,000 (0,000)

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa e do INEP (2017b)

Notas: Os números entre parênteses indicam o valor p (Sig. 2 tailed do teste do coeficiente de correlação de Pearson); a) Socioeconômico: indica se, em média, os alunos da escola possuem nível socioeconômico alto (1) ou não (0); b) Esforço: é o percentual de docentes que tem até 150 alunos, atua em um único turno, escola e etapa; c) Complexidade: indica se a escola tem entre 50 e 500 matrículas, opera em 2 turnos, com 2 ou 3 etapas e apresenta os Anos Finais como etapa mais elevada (1) ou não (0).

⁴ Os procedimentos para apurar os valores destas variáveis podem ser consultados nas notas técnicas disponibilizadas pelo INEP em <<http://portal.inep.gov.br/indicadores-educacionais>>. Acesso em jun. 2017.

Analisando os resultados mostrados na TAB. 6, nota-se, ao nível de 5% de significância, que não há correlação significativa entre os escores de eficiência técnica global das unidades do CEFET-MG e o nível socioeconômico dos estudantes, o indicador de esforço dos docentes ou o indicador de complexidade da gestão da escola. Por um lado, tais resultados ampliam os obtidos por Furtado e Campos (2015), que mostraram que, em 2012, a relação de ingresso por aluno matriculado e o índice de retenção escolar não impactaram na eficiência dos institutos federais de educação profissional, científica e tecnológica. Por outro, contrariam as conclusões de Almeida e Almeida Filho (2014), que apuraram que, em 2011, as escolas da rede federal mais eficientes possuíam alunos com melhores contextos socioeconômicos do que as escolas menos eficientes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, avaliou-se a eficiência de nove unidades do CEFET-MG em 2015. Para isso, foram utilizados modelos DEA, considerando-se como *inputs* o número médio de alunos por turma e o indicador de adequação docente - ambos referentes ao 3º ano do Ensino Médio; e como *output* um índice, o ID_CEFET-MG, que agrega a taxa de aprovação e a nota média dos alunos no ENEM.

Concluiu-se que apenas as unidades do CEFET-MG localizadas em Belo Horizonte e Curvelo foram globalmente eficientes; que, em média, o ID_CEFET-MG poderia ser incrementado em até 15,0%, sem aumentar os *inputs*; que as unidades ineficientes, em sua maioria, operaram abaixo da escala ótima, e que os escores de eficiência não foram correlacionados ao nível socioeconômico dos estudantes, ao indicador de esforço dos docentes ou ao indicador de complexidade da gestão da escola.

Os resultados desta pesquisa podem contribuir para aumentar a eficiência das unidades do CEFET-MG, sobretudo porque identificam os *benchmarks* e os alvos de desempenho realistas. Além disso, o método empregado pode ser utilizado por outras instituições para aprimorar a gestão dos recursos aplicados em Educação Profissional, Científica e Tecnológica.

Entende-se que o objetivo do estudo não era generalizar os resultados, e sim instigar discussões acerca da eficiência em instituições de ensino. Limitações estão relacionadas à utilização de dados governamentais que envolvem mensurações de indicadores particulares do cenário brasileiro, que pode não ser o mesmo em âmbito internacional.

Por fim, sugere-se que, em trabalhos futuros, sejam aprimoradas as variáveis do modelo DEA, incluindo-se, por exemplo, a taxa de empregabilidade dos concluintes dos cursos ofertados por aquelas instituições, já que estas visam, especialmente, preparar os alunos para o mercado de trabalho, bem como novos estudos longitudinais para analisar efeitos macroeconômicos nestes indicadores.

CEFET-MG UNITS EFFICIENCY: AN EVALUATION BY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

ABSTRACT

The professional, scientific and technological education is a relevant public policy in Brazil, since it aims to prepare students to work in sectors that need some specialized labor. In this context, this article evaluates the efficiency of nine units of the Federal Center for Technological Education of Minas Gerais (CEFET-MG) in 2015. According to the aforementioned purpose, we used the Data Envelopment Analysis (DEA) models. As the model inputs we take into account: the student's average number per class and the indicator of teacher training adequation. On the other hand, the output used was: an index called by ID_CEFET-MG, which added the approval rate and the average student's grade in the ENEM exam. We found that only two CEFET-MG units are globally efficient; that indicate on average, that the ID_CEFET-MG could be increased by up to 15.0%, without increasing the inputs, and those inefficient units, for the most part, operated below the optimal scale. The results obtained are quite useful since it is possible to identify realistic benchmarks and performance targets for inefficient CEFET-MG units. In addition, the method used can be applied by different institutions in order to improve their applied resources management in vocational, scientific and technological education.

Keywords: Efficiency. CEFET-MG. Data Envelopment Analysis.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. T. C.; ALMEIDA FILHO, Á. C. Eficiência técnica da gestão das escolas federais de educação básica no Brasil. **Ciências Sociais em Perspectiva**, Cascavel, v. 13, n. 25, 2014.

BANKER, R. D. et al. Returns to scale in different DEA models. **European Journal of Operational Research**, v. 154, n. 2, p. 345-362, 2004.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, Sept. 1984.

BOGETOFT, P.; OTTO, L. **Benchmarking with Dea, Sfa, and R**. New York: Springer Science & Business Media, 2010. 352 p.

BRASIL. Congresso Nacional. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado, 1988.

_____. Congresso Nacional. **Lei n. 11.892**, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111892.htm>.

_____. Congresso Nacional. **Lei. 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/19394.htm>.

_____. Senado Federal. **Projeto de Lei do Senado n. 504**, de 2011. Altera o parágrafo único do art. 25 da Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação), para estabelecer o número máximo de alunos por turma na pré-escola e no ensino fundamental e médio. Brasília: Senado, 2011.

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS. **CEFET-MG em números**: 2017. Belo Horizonte: CEFET-MG, 2018. Disponível em: <http://cefetmg.br/portalicefet/export/sites/portalicefet/textoGeral/Indicadores/CEFETMG_Numeros_web_C6.pdf>. Acesso em: jun. 2018.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

COOK, W. D.; TONE, K.; ZHU, J. Data envelopment analysis: prior to choosing a model. **Omega**, v. 44, p. 1-4, 2014.

EMROUZNEJAD, A.; YANG, G. L. A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 61, p. 4-8, 2018.

FARIA, Flavia Peixoto; JANNUZZI, Paulo de Martino; SILVA, Silvano José da. Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro. **Rev. Adm. Pública**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 1, p. 155-177, 2008.

FERREIRA, C. M. D. C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados**: teoria, modelos e aplicações. Viçosa: UFV, 2009.

FERREIRA, J. **Boas práticas administrativos-pedagógicas que colaboram para o desempenho de alunos de escolas municipais do ensino fundamental do estado de São Paulo no IDEB**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.

FURTADO, L. L.; CAMPOS, G. M. Grau de eficiência técnica dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia e a relação dos custos, indicativos de expansão e retenção junto aos escores de eficiência. **Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade**, v. 9, n. 3, 2015.

HANUSHEK, E. A.; WOESSMANN, L. The role of cognitive skills in economic development. **Journal of Economic Literature**, v. 46, n. 3, p. 607-668, 2008.

HONGYU, K., SANDANEILO, V. L. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, G. J. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83-90, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **ENEM por escola**. 2017a. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/enem-por-escola>>. Acesso em: jun. 2017.

_____. **Indicadores Educacionais**. 2017b. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/indicadores-educacionais>>. Acesso em: jun. 2017.

KEELEY, Brian. **Human capital: how what you know shapes your life**. Paris: OECD Publishing, 2007. 150 p.

LIMA, K. Plano Nacional de Educação 2014-2024: nova fase do privatismo e da certificação em larga escala. *Universidade e Sociedade*, Brasília: ANDES, n. 55, p. 32- 43, fev. 2015.

LIU, J. S. et al. A survey of DEA applications. **Omega**, v. 41, n. 5, p. 893-902, 2013.

MEZA, L. A. et al. 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.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

PACHECO, E. M. **Bases para uma política nacional de EPT**. 2008. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf2/artigos_bases.pdf>. Acesso em: jun. 2017.

RAMOS, R. E.; FERREIRA, G. M. Analisando retornos de escala usando DEA: um estudo em Instituições de Ensino Tecnológico no Brasil. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 2, n. 4, 2007.

RODRIGUES, A. C. **Determinantes da (in)eficiência dos gastos públicos em educação dos municípios mineradores de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Universidade Federal de Viçosa, Florestal, 2015.

SAVIAN, M. P. G.; BEZERRA, F. M. Análise de eficiência dos gastos públicos com educação no ensino fundamental no estado do Paraná. **Economia & Região**, v. 1, n. 1, p. 26-47, 2013.

SILVA, Juliana Sales; CORRÊA, Carolina Rodrigues; GOMES, Adriano Provezano. Determinantes da eficiência dos programas de pós-graduação em economia do Brasil. **Reflexões Econômicas**, v. 2, n. 2, p. 55-75, 2017.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Auditoria Operacional**: Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. Brasília: TCU, 2013. Disponível em: <<https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?inline=1&fileId=8A8182A14D92792C014D92847B703AE5>>.

VIEIRA, Alboni Marisa Dudeque Pianovski; SOUZA JUNIOR., Antonio. A educação profissional no Brasil. **Interacções**, v. 12, n. 40, 2017.

DADOS DO AUTOR

Alexandre de Cássio Rodrigues

E-mail: alexandrerodrigues.engprod@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9092933661769976>

Doutorando em Administração pela Universidade FUMEC. Mestre profissional em Administração pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Graduado em Administração Pública pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Graduado em Engenharia de Produção pela UFOP. Atualmente é especialista em recursos minerais do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) e professor no Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix.

Cristiana Fernandes de Muylder

E-mail: cristiana.muylder@fumec.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0450255381559550>

Doutora em Economia Aplicada e mestra em Economia Rural pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Graduada em Ciência da Computação pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Atualmente é coordenadora do Programa de Doutorado e Mestrado na Universidade FUMEC.

Tiago Silveira Gontijo

E-mail: tiago.gontijo@izabelahendrix.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2865658247618316>

Doutorando em Saúde Pública pela Faculdade de Medicina da UFMG. Mestre em Engenharia de Produção UFMG. Bacharel em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Graduando em Engenharia de Produção (FUMEC). Atualmente é professor no Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix.