

## ESTIMAÇÃO DA EFICIÊNCIA ESCOLAR ATRAVÉS DO DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)<sup>1</sup>: ESTUDO DE CASO EM MUNICÍPIOS CEARENSES

Rita de Fátima Muniz\*, Wagner Bandeira Andriola\*\*,  
Sheila Maria Muniz\*\*\*

### RESUMO

No Ceará, há 30 anos, instaurou-se o Sistema Permanente de Avaliação da Educação Básica (SPAECE) como uma ferramenta para monitorar a qualidade educacional, componente de uma política pública direcionada à educação básica que impulsiona municípios a melhorarem a proficiência dos alunos em Língua Portuguesa e Matemática. Porém, apresentar boas proficiências não significa que todas as escolas tenham sido eficientes em seus processos de formação. Este artigo almeja demonstrar a aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) enquanto metodologia que permite identificar fatores educacionais que precisam de atenção maior por parte dos gestores, para que as unidades escolares possam melhorar sua eficiência com os recursos disponíveis. Salienta-se, todavia, que os gestores precisam tomar decisões considerando não apenas as análises impessoais dos pesquisados, mas as condições vividas no local da avaliação.

**Palavras-chave:** avaliação educacional; análise envoltória de dados (DEA); eficiência educacional.

<sup>1</sup> Pesquisa financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Edital n.º 12/2021 - Epidemias (Processo n.º 23038.004571/2022-13).

\* Bolsista de Pós-Doutorado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Doutora e Mestra em Educação Brasileira, Professora da Secretaria Municipal de Educação de Jijoca de Jericoacoara (CE). ORCID: 0000-0003-0267-7552. Correo eletrônico: ritamunizjijoca@gmail.com.

\*\* Doutor em Filosofia e Ciências da Educação pela Universidade Complutense de Madri (Espanha). Professor Titular da Universidade Federal do Ceará (UFC). Pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Nível 1B. ORCID: 0000-0001-6459-0992. Correo eletrônico: w\_andriola@ufc.br.

\*\*\* Bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Doutoranda e Mestra em Educação Brasileira, Professora da Secretaria Municipal de Educação de Jijoca de Jericoacoara (CE). ORCID: 0000-0002-4210-1497. Correo eletrônico: sheylamuniz@hotmail.com.

## ESTIMATION OF SCHOOL EFFICIENCY THROUGH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA): CASE STUDY IN CEARÁ MUNICIPALITIES

### ABSTRACT

*In Ceará, 30 years ago, the Permanent System of Basic Education Assessment (SPAECE) was established as a tool to monitor educational quality, a component of a Public Policy aimed at basic education that encourages municipalities to improve students' proficiency in Portuguese, its math. However, having good proficiencies does not mean that all schools have been efficient in their training processes. This article aims to demonstrate the application of Data Envelopment Analysis (DEA), as a methodology that allows identifying educational factors that need greater attention from managers, so that school units can improve their efficiency with the available resources. It should be noted, however, that managers need to make decisions considering not only the impersonal analyzes of those surveyed, but the conditions experienced in the place of evaluation.*

**Keywords:** *educational assessment; data envelopment analysis (DEA); educational efficiency.*

## ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA ESCOLAR A TRAVÉS DEL DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA): ESTUDIO DE CASO EN MUNICIPIOS DE CEARÁ

### RESUMEN

*En Ceará, hace 30 años, se instituyó el Sistema Permanente de Evaluación de la Educación Básica (SPAECE) como herramienta de seguimiento de la calidad educativa, componente de una política pública dirigida a la educación básica que impulsa a los municipios a mejorar la competencia de los estudiantes en Lengua Portuguesa y Matemáticas. Sin embargo, tener buenas competencias no significa que todas las escuelas hayan sido eficientes en sus procesos de formación. Este artículo tiene como objetivo demostrar la aplicación del Análisis Envolvente de Datos (DEA) como una metodología que permite identificar los factores educativos que necesitan mayor atención por parte de los gestores, para que las unidades escolares puedan mejorar su eficiencia con los recursos disponibles. Sin embargo, cabe señalar que los administradores deben tomar decisiones considerando no solo los análisis impersonales de los encuestados, sino también las condiciones experimentadas en el sitio de evaluación.*

**Palabras clave:** *evaluación educativa; Análisis envolvente de datos (DEA); eficacia educativa.*

## 1 INTRODUÇÃO

A educação no Brasil vem sendo apreciada por meio da adoção de avaliações em larga escala, dentre elas destaca-se a Prova Brasil, uma avaliação nacional idea-

lizada para diagnosticar o ensino ministrado nas escolas públicas e, em decorrência, subsidiar o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB). Consoante Klein (2019), esse índice reúne para cada modalidade de ensino da educação básica, uma medida de movimentação escolar e de qualidade da educação. Entretanto, as metas do IDEB deveriam ser mais altas e consistentes em relação às metas do Todos pela Educação<sup>2</sup>.

Nessa direção, as avaliações em larga escala passaram a constituir-se num dos recursos utilizados para a criação e o monitoramento de políticas públicas voltadas à educação nacional, ocupando atualmente um lugar de destaque nos debates desse cenário (MUNIZ, 2016, 2020).

Embasados na atual Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) - Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996 -, que estabelece, em seu artigo 9.º, inciso VI, que a União deve assegurar o processo nacional de avaliação do rendimento escolar no ensino fundamental, médio e superior, em colaboração com os sistemas de ensino, objetivando a definição de prioridades e a melhoria da qualidade do ensino; estados e municípios, por sua vez, vêm criando sistemáticas de avaliações externas e avaliações em larga escala, a exemplo do estado do Ceará (MUNIZ; MUNIZ; ANDRIOLA, 2022).

No Ceará, o Sistema Permanente de Avaliação da Educação Básica do Ceará (SPAECE) foi adotado como uma ferramenta de gestão, pois permite o diagnóstico da qualidade da aprendizagem do alunado nas áreas de Língua Portuguesa e Matemática. Essa sistemática de acompanhamento e monitoramento da educação pública compõe outras Políticas Públicas que, desde 1992, contribuem para que a educação no Ceará se destaque positivamente em âmbito nacional. Na edição do IDEB de 2021, por exemplo, o Ceará obteve 87 das 100 melhores escolas públicas do Brasil no ensino fundamental, ranqueadas conforme a proficiência alcançada pelos alunos (O POVO, 2022).

O SPAECE tem como orientação os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ministério da Educação (MEC) e os Referenciais Curriculares Básicos da Secretaria da Educação do Estado (Seduc/CE). Os focos do SPAECE são: avaliação da série de alfabetização (Spaace-Alfa: 2.º ano); avaliação do ensino fundamental (5.º e 9.º anos); e avaliação do ensino médio (1.ª, 2.ª e 3.ª séries). Por conseguinte, o Ceará, por meio da Lei n.º 14.371, de 19 de junho de 2009, e da Lei Estadual n.º 15.052, de 6 de dezembro de 2011, resolveu instaurar uma política indutora de melhoria de resultados nessas avaliações, intitulada “Prêmio Escola Nota Dez”. Consoante Araújo, Leite e Andriola (2019), o referido prêmio faz uso dos resultados do SPAECE não apenas para verificar a eficiência da aprendizagem dos alunos, mas também para comparar, classificar e premiar as instituições escolares mediante os resultados obtidos nessas avaliações.

Segundo a SEDUC/CE, a lei prevê que o prêmio seja destinado para até 150 escolas públicas que apresentem os seguintes critérios: a) ter pelo menos 20 alunos matriculados no 2.º ano do ensino fundamental regular; b) ter o Índice de Desempenho Escolar-Alfabetização (IDE-Alfa) situado no intervalo entre 8,5 e 10,0.

<sup>2</sup> Segundo o artigo 1.º do Decreto n.º 6.094/2007: “O Plano de Metas Compromisso Todos pela Educação é a conjugação dos esforços da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, atuando em regime de colaboração, das famílias e da comunidade, em proveito da melhoria da qualidade da educação básica”.

As 150 escolas com os menores resultados também são contempladas, entretanto devem desenvolver um trabalho em parceria com as escolas vencedoras, de modo a também elevarem seus índices de proficiência e aprovação. Saliente-se que todas as 150 escolas de 5.º ano com melhores e piores índices são também recompensadas com premiações financeiras (MUNIZ, 2016).

Ademais, são divulgados boletins informativos com as médias de proficiências obtidas por escolas e municípios, pois se almeja que essas instâncias apropriem-se dos dados para direcionarem o processo de ensino-aprendizagem em suas instituições, promovendo assim uma autêntica avaliação formativa (ANDRIOLA; ARAÚJO, 2018). Os municípios passam, com isso, a focar, com maior intensidade, seus sistemas educacionais, visto que os resultados são acessíveis à sociedade e divulgados em diferentes mídias. Resulta disso que o senso comum relaciona as boas proficiências no SPAECE à boa administração de gestores públicos. A questão é esta: *ir bem nessas avaliações não necessariamente significa que todas as escolas de um município sejam eficientes*. Portanto, será apresentada a seguir a aplicação de uma metodologia que pode viabilizar a identificação de unidades educativas que merecem maior atenção dos gestores, de modo a que elas também possam evoluir em relação aos resultados mais proeminentes.

Desse modo, este artigo apresenta a análise de dados sobre a eficiência de dois municípios da 3.ª Corregedoria Regional de Desenvolvimento da Educação (Crede 3) do Ceará no SPAECE, por meio do emprego do método denominado Análise de Envolvimento de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*). No âmbito dessa pesquisa, apropriar-se-á somente das médias de proficiência em Língua Portuguesa, por considerá-la indispensável para a compreensão do desempenho dos alunos nas demais áreas.

Faz-se pertinente destacar a relevância do uso dessa metodologia, pois, consoante Cavalcante e Andriola (2012), Cavalcante e Leite (2013), trata-se de uma das técnicas de avaliação de eficiência mais utilizadas no setor público. Outrossim, Muniz *et al.* (2022) asseveraram que são significativas as potencialidades do uso dessa metodologia no cenário educacional brasileiro.

## 2 MODELO EMPREGADO: ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

O DEA é um método não paramétrico das áreas de pesquisa operacional e economia, utilizado para a estimativa de fronteiras de produção eficiente, ele mede empiricamente a eficiência produtiva das Unidades de Tomada de Decisão (*Decision Making Units - DMUs*). O DEA tem como base a programação linear, desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978). O método foi estendido por Banker, Charnes e Cooper (1984), que ficou conhecido como modelo BCC, em razão das iniciais de seus sobrenomes.

Convém aclarar, por oportuno, que as origens do referencial teórico desse tipo de análise surgem com o trabalho de Debreu (1951). O aperfeiçoamento das ideias de Debreu foi feito por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), mas as mudanças introduzidas não se tornaram requisitos essenciais para se poder generalizar os seus resultados. Logo, esses cientistas estenderam o método não paramétrico introduzido por Farrell para medir DMUs com múltiplas entradas e saídas (EDALATPANAH, 2020; MUNIZ *et al.*, 2021).

Consoante Edalatpanah (2018), a metodologia DEA consiste em uma programação linear para medir as eficiências relativas de unidades homogêneas de tomada de decisão (DMUs) sem conhecer as funções de produção, apenas utilizando informações de entrada e saída. Corroborando esse posicionamento, Moradi e Maghbouli (2021) ressaltam que a eficiência de uma DMU é obtida maximizando a razão entre a soma ponderada de suas saídas e a soma ponderada de suas entradas. Assim, essa relação não pode exceder o escore 01 (um) para nenhuma unidade (MUNIZ *et al.*, 2022).

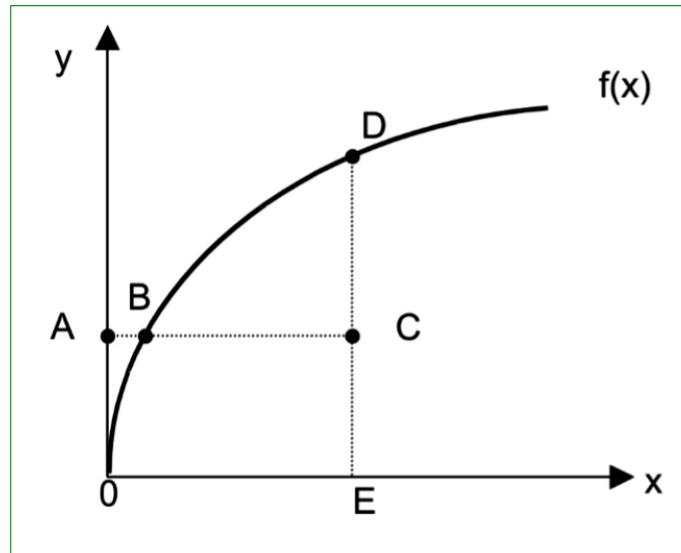
Cavalcante e Leite (2013), por seu turno, salientam que a ideia desse modelo é observar como mudanças proporcionais no conjunto de *inputs* se refletem, em termos de alterações, no conjunto de *outputs*. Ao diferenciá-los, os autores esclarecem que o modelo BCC, orientado a *input*, minimiza os *inputs* e mantém os *outputs* em seus níveis correntes, admitindo retornos variáveis de escala. O modelo BCC, orientado a *output*, maximiza os *outputs* e mantém os *inputs* em seus níveis correntes, admitindo retornos variáveis de escala (CAVALCANTE; LEITE, 2013).

A pesquisa indicou a utilização da modelagem DEA baseado no SBM (*Slacks-Based Measure*), que contempla a minimização das perdas tanto dos fatores de *inputs* como nos fatores de *outputs*, representando, assim, menores desperdícios. Trata-se, pois, de uma abordagem não paramétrica. Por seu turno, as abordagens não paramétricas têm o benefício de não assumirem uma forma funcional específica para a fronteira, no entanto elas não fornecem uma equação geral para a função que relaciona produtos e insumos (CAVALCANTE; ANDRIOLA, 2012).

Por considerar conjuntamente um grande número de informações e propor uma fronteira de eficiência, em que se levam em consideração os insumos empregados e os resultados obtidos, ela vem sendo utilizada como ferramenta gerencial de empresas, organizações, operações, processos, entre outras. Nessa direção, a eficiência considera a capacidade de gerir bem os insumos disponíveis, ou seja, de obter os melhores resultados dentro das práticas analisadas. Conforme Rosano-Peña (2008), na metodologia DEA, a eficiência seria então a combinação ótima dos insumos e métodos necessários (*inputs*) no processo produtivo de modo que gerem o máximo de produto (*output*).

No âmbito deste artigo, a metodologia DEA será empregada para avaliar a eficiência de instituições escolares, objetivando, com isso, nortear o gerenciamento das mesmas e servir como modelo relevante para gestores públicos, superintendentes e diretores escolares no que tange à avaliação da eficiência de suas unidades educativas quando da relação com os recursos investidos. Para tanto, essa técnica toma como base a identificação das melhores práticas dentre a base de dados analisada. Nesse sentido, Cavalcante (2011) enfatiza que a eficiência de 100% é atingida por uma unidade quando a comparação com as demais unidades observadas não identifica ineficiência no uso de qualquer *input* ou *output*. Desse modo, torna-se possível identificar as unidades que não atingiram a fronteira de eficiência e compará-las às unidades eficientes, de sorte a identificar aspectos que precisem ser revistos para que essas unidades ineficientes também possam evoluir (MUNIZ, 2020; MUNIZ *et al.*, 2022). Veja-se o Gráfico 1 a seguir:

Gráfico 1 – fronteira de eficiência



Fonte: Souza Júnior e Gasparini (2006).

No Gráfico 1, observa-se facilmente que o ponto C apresenta ineficiência, pois localizou-se abaixo da fronteira de eficiência, representada por  $f(x)$ , e os pontos B e D atingiram a fronteira de eficiência, sendo, portanto, unidades eficientes. Isso significa dizer que o ponto B serve como referência para C por atingir a ineficiência máxima, pois, conforme a imagem, o ponto B atingiu a fronteira utilizando menor quantidade de insumos (*input* representado pela variável X) ao passo que o ponto C apropriou-se de quantidade superior de insumos e obteve resultado semelhante (*output* é representada pela variável Y). Em outras palavras, B é eficiente porque utilizou uma quantidade menor de recursos que C para obter o mesmo resultado. Pontos com essa característica são chamados de *peers*, porque servem de referência para os que não alcançaram a eficiência máxima. Assim, o método DEA sugere, então, quais mudanças devem ser adotadas nos *inputs* do ponto C, sugeridas por B, para que ele alcance a eficiência máxima.

Para calcular a eficiência, a metodologia DEA utiliza modelos adequados de econometria conforme cada situação. Essa é uma das razões pelas quais esse programa é empregado como *benchmarking* no gerenciamento de operações, em que um conjunto de medidas é selecionado para comparar o desempenho das operações de fabricação e serviço. Convém aclarar, por oportuno, que “[...] a eficiência DEA é relativa ao conjunto das DMU observadas” (CHAVES; THOMAZ, 2008, p. 229). Isso implica dizer que as unidades consideradas eficientes o são, mas dentro do conjunto observado. Não necessariamente manteria esse *status* se comparadas a outra realidade (MUNIZ, 2020; MUNIZ *et al.*, 2022).

Corroborando esse posicionamento, Cavalcante e Leite (2013, p. 104) advoam que “[...] comparar a eficiência de unidades organizacionais pode ajudar a avaliar os seus desempenhos em relação às outras unidades. Se uma organização é eficiente, ela utiliza seus recursos (*inputs*) para alcançar a máxima produção (*output*)”. Nessa direção, é possível comparar os fatores que exercem influência negativa sobre cada uma das unidades ineficientes e, ao mesmo tempo,

ter uma visão desses fatores nas demais unidades. Assim, torna-se possível traçar projeções na DEA e articular mudanças no plano teórico.

Cavalcante (2011, p. 25), por seu turno, salienta outra característica da DEA:

[...] avalia a eficiência técnica relativa em termos comparativos aos melhores padrões de excelência (*benchmarks*) de uma amostra de Unidades Tomadoras de Decisão (*Decision Making Units*- DMU), considerando os vários insumos e produtos, sem converter as medidas das variáveis em um padrão comum e sem estabelecer ponderações.

Ou seja, essa metodologia objetiva aferir a eficiência das DMUs, que, por sua vez, apropriam-se de múltiplos *inputs* (insumos, recursos) para produzir múltiplos *outputs* (produtos) (LEMOS, 2016). Nesse sentido, é uma metodologia capaz de avaliar o grau de eficiência relativa das unidades tomadores de decisão, tornando-se um modelo para análise da eficiência das organizações (BEZERRA, 2010; CERETTA; NIEDERAUER, 2001).

Para tanto, Chaves e Thomaz (2008, p. 223) esclarecem que em qualquer modelo DEA deve-se considerar que,

[...]

- 1) Para cada DMU, escolhe-se seu respectivo conjunto de pesos, de modo que cada DMU apareça o melhor possível em relação às demais. Dessa forma, cada DMU pode ter um conjunto de pesos (multiplicadores) diferente;
- 2) Todos os modelos são invariantes com a escala de medida;
- 3) A DMU que apresentar a melhor relação ( $\text{output } j / \text{input } i$ ) será sempre eficiente;
- 4) Há pré-escolha das variáveis, ou seja, identificação de quais variáveis poderão compor o modelo. Poderão ser levados em conta fatores controláveis (de gestão) e fatores não controláveis (do ambiente), tanto qualitativos, como quantitativos;
- 5) As DMU escolhidas precisam estar alinhadas e desempenhando funções semelhantes.

Portanto, após escolher as unidades produtivas (DMUs), os fatores de *inputs* e *outputs*, o modelo a ser utilizado, bem como o software a ser adotado, recomenda-se proceder à análise (MUNIZ *et al.*, 2021). Nesse artigo, o *software* utilizado para as análises foi o DEA - Solver da Empresa Multinacional SAITECH na versão profissional 7.0.

Quanto ao modelo adotado, apropriou-se do modelo DEA SBM-O-V orientado aos resultados (*outputs*) e com retornos variáveis de escalas. Trata-se de uma medida baseada em folgas, ou seja, o modelo SBM pode reduzir nos *outputs* as folgas e por considerar os retornos variáveis de escala, elas podem crescer, decrescer ou manter-se constante, variando assim, conforme a escala de produção (MUNIZ *et al.*, 2021, 2022).

### 3 LOCUS DA PESQUISA

Sob esse prisma, a metodologia DEA será aplicada para avaliar a eficiência de municípios cearenses da 3.<sup>a</sup> Coordenadoria Regional de Desenvolvimento da

Educação (Crede 3), em turmas dos 5.º anos dos anos iniciais do ensino fundamental. A justificativa para essa amostra leva em consideração que a referida Crede conquistou crescimento considerável no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb), ao longo das edições desse índice nacional considerado um referencial de qualidade, bem como praticamente todos os seus municípios superaram as metas projetadas até o ano de 2017 (MUNIZ, 2020). Veja-se a Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Metas e resultados obtidos pelos alunos da 3.ª Crede no Ideb de 2007 a 2017

4.ª série/5.º ano	Metas projetadas								Ideb observado					
	Município	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2019	2021	2007	2009	2011	2013	2015
Acaraú	3,5	3,8	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	3,7	4,0	4,8	4,5	5,3	6,3
Bela Cruz	3,8	4,2	4,6	4,9	5,1	5,4	5,7	6,0	3,5	4,4	5,2	5,3	5,6	6,6
Cruz	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0	5,3	5,6	5,9	4,2	4,9	5,7	6,2	7,5	7,7
Itarema	3,2	3,5	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	3,6	4,4	6,7	5,6	6,3	6,2
Jijoca de Jericoacoara	3,8	4,1	4,5	4,8	5,1	5,4	5,6	5,9	4,4	4,9	6,9	7,2	7,6	8,2
Marco	3,1	3,5	3,9	4,2	4,5	4,7	5,0	5,3	3,3	3,6	4,8	4,8	5,7	6,1
Morrinhos	2,9	3,3	3,7	4,0	4,3	4,6	4,9	5,2	3,1	4,2	5,5	5,7	6,7	6,4

\* As notas destacadas em cinza referem-se aos municípios que conseguiram atingir as metas.

Fonte: Muniz (2020).

Conforme evidenciado na tabela, todos os municípios da Crede 3 elevaram seus índices, ao passo que também superaram as metas projetadas no decurso das edições. Apropriou-se desse parâmetro nacional de qualidade na educação para escolher os municípios a serem analisados no SPAECE. Assim, focou-se nos dois municípios da referida Crede que obtiveram os melhores índices no Ideb em 2017: Cruz e Jijoca de Jericoacoara.

Ressalte-se, por oportuno, que nos dias vigentes, esses dois municípios sobressaíram-se nacionalmente no ranking educacional brasileiro. Na edição do Ideb de 2021 para os anos iniciais, Jijoca de Jericoacoara situou-se em 4.º lugar no Brasil; e o município de Cruz, na 6.ª colocação (IBGE, 2022). Assim, situaram-se entre os dez melhores índices do país. Jijoca de Jericoacoara, com um Ideb de 9,1; e Cruz, com uma proficiência de 9,0.

Convém saber como é a eficiência dos mesmos no sistema de avaliação da qualidade adotada em nível estadual, como o SPAECE e saber se as instituições de ensino dessas cidades são eficientes conforme a metodologia DEA.

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 4.1 Universo

O universo foi constituído pelas unidades de ensino dos dois municípios da Crede 3: Jijoca de Jericoacoara (9 escolas) e Cruz (19 escolas).

## 4.2 Amostra

A amostra foi do tipo intencional, composta por todas as turmas de 5.º ano dos anos iniciais do ensino fundamental que foram avaliadas no Ideb e no SPAECE para o ano de 2017 nos municípios de Jijoca de Jericoacoara e Cruz. Em Jijoca de Jericoacoara, foram analisadas oito unidades escolares e em Cruz, 10 unidades. Saliente-se que esse montante não representa a totalidade das unidades escolares presentes nessas cidades; esse valor refere-se exclusivamente ao total das unidades avaliadas nas referidas edições. Como se trata de um trabalho que objetiva conhecer a composição e o uso de insumos de escolas eficientes no estado do Ceará, esses dois municípios foram escolhidos e analisados separadamente.

## 5 SELEÇÃO DOS FATORES DE *INPUTS* E *OUTPUTS* DAS DMUS

### 5.1 Definição dos fatores

Aqui, considerou-se a posição de Nunamaker (1985), para quem o número de DMUs deve ser, no mínimo, três vezes maior do que a soma de produtos e insumos incluídos na especificação. Desse modo, para os insumos (*inputs*), foram estabelecidos como fatores, o número de alunos em cada escola; para os produtos (*outputs*), considerou-se a proficiência no Spaece (Língua Portuguesa) 5.º ano em 2017 e os índices de aprovação da escola do mesmo ano.

## 6 ANÁLISE DOS DADOS DE JIJOCA DE JERICOACOARA

Inicialmente será apresentada a análise das unidades do município de Jijoca de Jericoacoara, na sequência, apresentar-se-á o município de Cruz.

A análise realizada com a modelagem DEA aqui adotada, permitiu identificar que no município de Jijoca de Jericoacoara, as unidades escolares obtiveram uma média de eficiência surpreendente: 0,9852. Veja-se a Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Número de DMUs, *Inputs* e *Outputs* de Jijoca de Jericoacoara

<b>Escolas municipais de Jijoca de Jericoacoara</b>	<b>Frequência</b>
Nº de DMUs =	8
Nº de <i>Input</i> =	1
<i>Input</i> (1) = n.º de alunos	
Nº de <i>Output</i> =	2
<i>Output</i> (1) = Spaece_LP 5ºano	
<i>Output</i> (2) = Aprovação	
<b>Média dos scores =</b>	<b>0,9852</b>
Nº de DMUs em dados =	8
Nº de DMUs com dados inapropriados =	0
Nº de DMUs avaliadas =	8
Tempo gasto =	1 segundo
Número total de iterações simplex =	67

Fonte: dados gerados pelo DEA-Solver.

Conforme evidenciado na Tabela 3, foram avaliadas 8 DMUs no município de Jijoca de Jericoacoara e não houve DMUs com dados inapropriados. O número total de iterações simplex foi 67. As interações do simplex são a ferramenta para medir o esforço computacional. Isso significa que o programa resolveu 67 sistemas de equações lineares no tempo de 1 segundo.

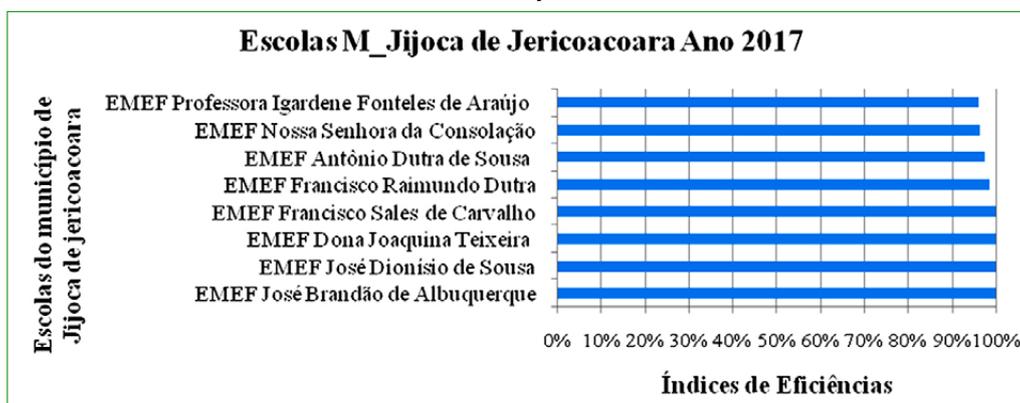
Tabela 3 – Projeções DMUs de Jijoca de Jericoacoara

Nº	DMU	Score				
		I/O	Dados	Projeção	Diferença	%
1	EMEF Antônio Dutra de Sousa		0,98			
	Nº alunos		291,00	291,00	0,00	0,00%
	Spaace_LP 5º ano		264,10	276,83	12,73	4,82%
	Aprovação		98,96	99,24	0,28	0,28%
2	EMEF Dona Joaquina Teixeira		1,00			
	Nº alunos		199,00	199,00	0,00	0,00%
	Spaace_LP 5ºano		263,30	263,30	0,00	0,00%
	Aprovação		100,00	100,00	0,00	0,00%
3	EMEF Francisco Sales de Carvalho		1,00			
	Nº alunos		447,00	447,00	0,00	0,00%
	Spaace_LP 5ºano		289,00	289,00	0,00	0,00%
	Aprovação		97,31	97,31	0,00	0,00%
4	EMEF Francisco Raimundo Dutra		0,98			
	Nº alunos		261,00	261,00	0,00	0,00%
	Spaace_LP 5ºano		268,80	275,18	6,38	2,38%
	Aprovação		98,46	99,15	0,69	0,70%
5	EMEF Professora Igardene Fonteles de Araújo		0,96			
	Nº alunos		456,00	456,00	0,00	0,00%
	Spaace_LP 5ºano		267,80	285,88	18,08	6,75%
	Aprovação		98,02	99,72	1,70	1,73%
6	EMEF José Dionísio de Sousa		1,00			
	Nº alunos		553,00	553,00	0,00	0,00%
	Spaace_LP 5ºano		291,20	291,20	0,00	0,00%
	Aprovação		100,00	100,00	0,00	0,00%
7	EMEF José Brandão de Albuquerque		1,00			
	Nº alunos		192,00	192,00	0,00	0,00%
	Spaace_LP 5ºano		271,40	271,40	0,00	0,00%
	Aprovação		98,95	98,95	0,00	0,00%
8	EMEF Nossa Senhora da Consolação		0,96			
	Nº alunos		398,00	398,00	0,00	0,00%
	Spaace_LP 5ºano		262,40	282,70	20,30	7,74%
	Aprovação		99,50	99,55	0,05	0,05%

Fonte: resultados obtidos por meio do software DEA-Solver.

Quanto à média dos scores, o valor obtido foi 0,9852, um valor considerado ótimo, pois implica que as unidades escolares dessa cidade se não atingiram a fronteira de eficiência, se aproximam bastante da mesma, conforme gráfico a seguir.

Gráfico 2 - Fronteira de Eficiência das DMUs de Jijoca de Jericoacoara



Fonte: gráficos gerados pelo software DEA-Solver.

Das oito unidades avaliadas, quatro não atingiram a fronteira de eficiência. Ressalte-se que as unidades ineficientes alcançaram um percentual muito bom, posto que ultrapassaram os 95% de eficiência. Entretanto, essas unidades não atingiram a fronteira e para alcançá-la, o modelo aponta na análise do *Reference set (lambda)*, as unidades eficientes que servirão como modelo para elas. A título de exemplo, têm-se as unidades EMEF José Dionísio de Sousa e EMEF José Brandão de Albuquerque. Ambas foram referenciadas quatro vezes, logo, além de servir como referências para si mesmas, atuam como *benchmarks* para todas as DMUs ineficientes.

A fim de espelhar-se nos fatores de suas *benchmarks*, ou seja, suas referências, e visualizar aspectos que requerem uma atenção maior, o modelo proporciona na aba *projection*, os escores obtidos pelas DMUs e a projeção das mesmas. Assim, sinaliza para uma possível redução ou aumento no score dos fatores. Ressalte-se, por oportuno, que, quando a diferença é 0,00 e em porcentagem aparece 0,00%, significa que aquele fator está eficiente e, portanto, não há necessidade de mudanças.

O programa apontou que a proficiência obtida no SPAECE, bem como as taxas de aprovação das escolas, precisa aumentar para que elas também se tornem eficientes. É possível que ao desenvolverem um trabalho mais direcionado a reduzir as taxas de reprovação, os gestores dessas unidades consigam melhorar os índices de eficiências.

## 7 ANÁLISE DOS DADOS DE CRUZ

No município de Cruz, evidenciou-se situação semelhante ao município de Jijoca de Jericoacoara, conforme os dados da Tabela 4.

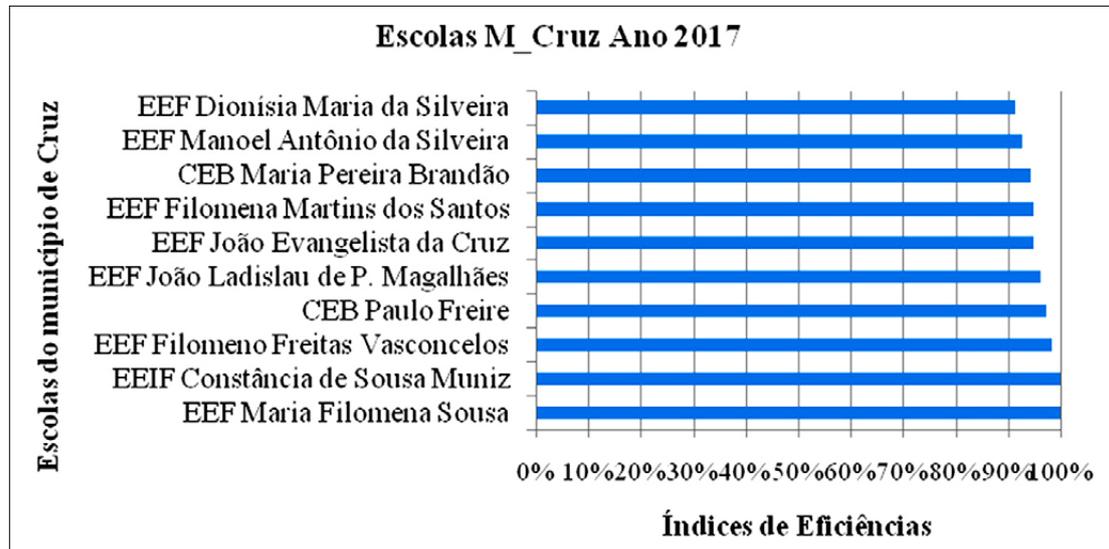
As 10 unidades educacionais foram avaliadas utilizando-se dos mesmos fatores de *inputs* e *outputs* do município de Jijoca de Jericoacoara. Nenhuma apresentou dados inapropriados. O município de Cruz também conseguiu um feito considerável: *a média dos scores ultrapassou os 90% de eficiência*.

Tabela 4 – Número de DMUs, Inputs e Outputs de Cruz

Escolas municipais de Cruz	Frequência
Nº de DMUs = 10	
Nº de Input =	1
Input(1) = Nº alunos	
Nº de Output =	2
Output(1) = Spaece_LP 5º ano	
Output(2) = Aprovação	
<b>Média dos scores =</b>	<b>0,9597</b>
Nº de DMUs em dados =	10
Nº de DMUs com dados inapropriados =	0
Nº de DMUs avaliadas =	10
Tempo gasto =	0 segundo
Número total de iterações simplex =	74

Fonte: resultados obtidos por meio do software DEA-Solver.

Gráfico 3 - Fronteira de Eficiência das DMUs de Cruz



Fonte: gráfico obtido por meio do software DEA-Solver.

Apenas duas escolas atingiram a fronteira: EEIF Constância de Sousa Muniz e EEF Maria Filomena Sousa. A primeira foi referenciada oito vezes: *é referência para oito, das 10 unidades avaliadas*. Convém averiguar os fatores de *benchmark* para as demais.

Tabela 5 – Projeções DMUs de Cruz

No.	DMU	Score			
		Dados	Projeção	Diferença	%
1	I/O				
	EEIF Constância de Sousa Muniz	1,00			
	Nº alunos	227,00	227,0	0,00	0,00%
	Spaece LP 5ºano	293,40	293,4	0,00	0,00%
	Aprov %	100,00	100,0	0,00	0,00%

(continuação Tabela 5)

No.	DMU	Score			
2	EEF Filomena Martins dos Santos	0,95			
	Nº alunos	240,00	227,0	-13,00	-5,42%
	Spaace LP 5ºano	271,20	293,4	22,20	8,19%
	Aprov %	97,50	100,0	2,50	2,56%
3	EEF Filomeno Freitas Vasconcelos	0,98			
	Nºalunos	213,00	213,0	0,00	0,00%
	Spaace LP 5º ano	288,50	290,7	2,23	0,77%
	Aprov %	97,18	100,0	2,82	2,90%
4	CEB Maria Pereira Brandão	0,94			
	Nºalunos	351,00	227,0	-124,00	-35,33%
	Spaace LP 5º ano	264,90	293,4	28,50	10,76%
	Aprov %	98,86	100,0	1,14	1,15%
5	CEB Paulo Freire	0,97			
	Nºalunos	328,00	227,0	-101,00	-30,79%
	Spaace LP 5ºano	281,50	293,4	11,90	4,23%
	Aprov %	98,78	100,0	1,22	1,24%
6	EEF Dionísia Maria da Silveira	0,91			
	Nºalunos	475,00	227,0	-248,00	-52,21%
	Spaace LP 5º ano	246,10	293,4	47,30	19,22%
	Aprov %	100,00	100,0	0,00	0,00%
7	EEF João Evangelista da Cruz	0,95			
	Nº alunos	258,00	227,0	-31,00	-12,02%
	Spaace LP 5º ano	265,20	293,4	28,20	10,63%
	Aprov %	100,00	100,0	0,00	0,00%
8	EEF João Ladislau de P. Magalhães	0,96			
	Nº alunos	215,00	215,0	0,00	0,00%
	Spaace LP 5º ano	269,50	291,1	21,61	8,02%
	Aprov %	100,00	100,0	0,00	0,00%
9	EEF Maria Filomena Sousa	1,00			
	Nºalunos	107,00	107,0	0,00	0,00%
	Spaace LP 5º ano	270,50	270,5	0,00	0,00%
	Aprov %	100,00	100,0	0,00	0,00%
10	EEF Manoel Antônio da Silveira	0,93			
	Nº alunos	114,00	114,0	0,00	0,00%
	Spaace LP 5º ano	236,30	271,8	35,54	15,04%
	Aprov %	99,12	100,0	0,88	0,89%

Fonte: resultados obtidos por meio do software DEA-Solver.

Ao observar os dados nessa tabela e compará-los com sua projeção, percebe-se que há casos em que o programa DEA Solver aponta acréscimos, como nas taxas de aprovação; e há outros em que sugere uma redução da quantidade, por exemplo, a redução do número de alunos. Essa informação é relevante, posto que pode sinalizar para a necessidade de dar uma atenção maior a essas escolas; veri-

ficar se elas estão com a quantidade necessária de profissionais e espaço físico para atender a demanda. A metodologia aponta direções, mas decerto é o gestor quem irá decidir se terão condições ou não de acatá-las (ANDRIOLA, 2022).

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dois municípios analisados, além de obterem as melhores proficiências no âmbito da Crede 3, obtiveram bons índices de eficiência, embora nem todas as suas unidades atingissem a fronteira conforme a metodologia DEA. O programa sinalizou para a necessidade de olhar com mais cautela fatores como as taxas de aprovação e quantidade de alunos das escolas.

Decerto, não se recomenda que as unidades escolares não realizem reprovações sem que se conheça a realidade dessas instituições, assim como as necessidades educacionais de seu alunado; ao contrário, sugere-se que se dê uma atenção mais direcionada aos educandos que apresentam fragilidades em suas aprendizagens, e que a mesma ocorra de forma processual e contínua. Desse modo, estar-se-ia trabalhando para uma aprendizagem mais significativa e como decorrência, para melhorias nas taxas de aprovação e das proficiências em avaliações externas.

Outrossim, faz-se necessário rever a quantidade de alunos matriculados nas escolas e alertar-se quanto a uma possível superlotação nas turmas. Certamente, não é recomendável a remoção ou realocação de alunos para outras unidades educativas sem que se estude em maior profundidade a realidade desses municípios e o impacto que tais decisões poderiam acarretar nas escolas. Uma possível solução talvez seja os gestores repensarem a estrutura física das escolas; analisar se é viável a construção de outras salas de aulas, ou se as unidades escolares possuem espaços que podem ser adaptados para transformar-se em novas salas de aulas ou até mesmo se é viável que estas unidades funcionem com turmas em anexo localizadas em locais próximos às mesmas. É imperativo analisar essa situação, posto que a metodologia alertou que o excesso na quantidade de alunos por sala de aula influi diretamente em suas aprendizagens.

Os dados fornecidos pelo programa DEA são úteis para a tomada de decisão que envolva muitas variáveis, mas não exclui a participação cuidadosa de um decisor. Na verdade, o referido programa é um instrumento que disponibiliza dados para a tomada de decisão. Portanto, cabe aos gestores discutirem com os encarregados da execução do programa as alternativas apontadas por ele para que as metas previstas sejam alcançadas.

Ademais, as mudanças previstas para que as unidades passem a ser consideradas eficazes, de acordo com os critérios do SPAECE, não definem o tempo para que elas sejam consideradas eficientes, isto é, o tempo é definido pelo administrador escolar e varia de acordo com cada realidade.

## REFERÊNCIAS

ANDRIOLA, W. B. Escala para avaliar a qualidade da mediação docente em ambiente universitário: adaptação cultural e evidências de validade. *Perspectivas* (online), Florianópolis, v. 40, p. 1-19, 2022.

- ANDRIOLA, W. B.; Araújo, A. C. Potencialidades da Avaliação Formativa e Somativa. *Revista Eletrônica Acta Sapientia*, v. 5, p. 1-15, 2018.
- ARAÚJO, K. H.; LEITE, R. H.; ANDRIOLA, W. B. Prêmios para escolas e professores com base no desempenho acadêmico discente: a experiência do estado do Ceará (Brasil). *Revista Linhas*, Florianópolis, v. 10, p. 303-325, 2019.
- BANKER, R.; CHARNES, A.; COOPER, W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies, in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- BEZERRA, D. V. *Avaliação de eficiência de redes corporativas utilizando análise envoltória de dados*. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 dez. 1996.
- CAPES. *Plataforma Sucupira*. Disponível em: <https://www.capes.gov.br/avaliacao/plataforma-sucupira>. Acesso em: 12 abr. 2020.
- CAVALCANTE, S. M. A. *Avaliação da eficiência acadêmica dos cursos de graduação da Universidade Federal do Ceará (UFC): utilização de indicadores de desempenho como elementos estratégicos de gestão*. 2011. 215 f. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.
- CAVALCANTE, S. M. A.; ANDRIOLA, W. B. Avaliação da eficiência dos cursos de graduação da Universidade Federal do Ceará (UFC) através da Análise Envoltória de Dados (DEA). *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, Santiago de Chile, v. 5, p. 291-313, 2012.
- CAVALCANTE, S. M. A.; LEITE, R. H. A aplicação da técnica de Análise Envoltória de Dados na avaliação de cursos de graduação da Universidade Federal do Ceará. In: LEITE, Raimundo Hélio; RIBEIRO, Ana Paula de Medeiros (org.). *Avaliação educacional: veredas, fronteira de eficiência*. Fortaleza: UFC, 2013. p. 95-110.
- CHAVES, A.C; THOMAZ, A. C. F. Gestão pública e pesquisa operacional: avaliação de desempenho em agências da Previdência Social. *Revista do Serviço Público*, Brasília, v. 59, n. 2, p. 221-236, 2008.
- CEARÁ. Lei nº 14.371, de 19 de junho de 2009. Cria o Prêmio Escola Nota Dez, destinado a premiar as escolas públicas com melhor resultado no Índice de Desempenho Escolar-Alfabetização (IDE-Alfa), e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, Poder Executivo, Fortaleza, 19 jun. 2009.
- CEARÁ. Lei nº 15.052, de 6 de dezembro de 2011. Institui o Prêmio Escola Nota Dez, destinado a premiar as escolas públicas com melhores resultados de aprendizagem no segundo e quinto anos de ensino fundamental, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, Poder Executivo, Fortaleza, 12 dez. 2011.

- CERETTA, P. S.; NIEDERAUER, C. A. P. Rentabilidade e eficiência do setor bancário. *Revista de Administração Contemporânea*, Rio de Janeiro, v. 5, n. 3, p. 7-26, 2001.
- CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.
- EDALATPANAH, S.A. Data envelopment analysis based on triangular neutrosophic numbers. *CAAI Trans. Intell. Technol.*, 2020, Vol. 5, Iss. 2, pp. 94-98. Disponível em: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1049/trit.2020.0016>. Acesso em: 17 jul. 2022.
- EDALATPANAH, S.A. Neutrosophic Perspective on DEA. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, v. 5, n. 4, p. 339-345, 2018. Disponível em: [http://www.journal-aprie.com/article\\_91226\\_0d40ecb9810089cda0616b8089c0d88d.pdf](http://www.journal-aprie.com/article_91226_0d40ecb9810089cda0616b8089c0d88d.pdf). Acesso em: 17 jul. 2022.
- KLEIN, R. Uma solução para a divergência de diferentes padrões no SAEB. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 103, p. 229-249, 2019.
- LEMOS, R. A. F. *A aplicação da Análise Envoltória de Dados para comparativo dos cursos de graduação do Centro Universitário Católica de Quixadá*. 2016. Monografia (Graduação em Sistemas de Informação) - Programa de Graduação em Sistema de Informação, Centro Universitário Católica de Quixadá, Quixadá, 2016.
- MUNIZ, R. F. *Os efeitos de uma sistemática de avaliação municipal na aprendizagem de alunos de 2º ano dos anos iniciais em escolas do município de Jijoca de Jericoacoara (CE)*. 2016. 120 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.
- MUNIZ, R. F. *Otimização da eficiência educacional de unidades escolares: vivências de avaliação do ensino-aprendizagem com métodos multicritérios*. 2020. 150f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação Brasileira, Fortaleza, 2020.
- MUNIZ, R. F.; ANDRIOLA, W. B.; MUNIZ, S. M.; THOMAZ, A. C. F. Emprego do Data Envelopment Analysis (DEA) para estimar a eficiência escolar. *Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação*, Rio de Janeiro, v. 30, p. 116-140, 2022.
- MUNIZ, R. F.; ANDRIOLA, W. B.; MUNIZ, S. M.; THOMAZ, A. C. F. The Use of Data Envelopment Analysis (DEA) to Estimate the Educational Efficiency of Brazilian Schools. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering (JARIE)*, Teheran, v. 8, n. 3, 2021.
- NUNAMAKER, T. R. Using Data Envelopment Analysis to measure the efficiency of non-profit organizations: A critical evaluation. *Managerial and Decision Economics*, v. 6, n. 1, p. 293-323, 1985.
- O POVO. *Ceará tem 87 das 100 melhores escolas públicas do Brasil no ensino fundamental*. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/ceara/2022/09/16/ceara-tem-87-das-100-melhores-escolas-publicas-do-brasil-no-ensino-fundamental.html>. Acesso em: 12 nov. 2022.

ROSANO-PEÑA, C. R. Um modelo de avaliação da eficiência da Administração Pública através do método Análise Envoltória de Dados (DEA). *RAC*, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 83-106, jan./mar. 2008.

SHERMAN, D.; ZHU, J. Benchmarking with quality-adjusted DEA (Q-DEA) to seek lower-cost high quality service: evidence from a U.S. bank application. *Annals of Operations Research*, v. 145, n. 1, p. 301-319, 2006.

SOUZA JÚNIOR, C. V. N.; GASPARINI, C. E. Análise de equidade e da eficiência dos estados no contexto do federalismo fiscal brasileiro. *Estudos Econômicos*, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 803-832, 2006.

Recebido em: 21 nov. 2022.

Aceito em: 1.º dez. 2022.