

ANÁLISE INTERTEMPORAL NA EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS GASTOS MUNICIPAIS DO NORDESTE COM EDUCAÇÃO BÁSICA: UMA ABORDAGEM COM DEA E ÍNDICE DE MALMQUIST

Josué Nunes de Araújo Junior (PPGECON/URCA)

Wellington Ribeiro Justo (PPGECON/URCA)

João Ricardo Ferreira de Lima (Embrapa Semiárido - PPGECON/UFPE)

Monaliza de Oliveira Ferreira (PPGECON/UFPE)

José Lincoln Pinheiro Araújo (Embrapa Semiárido – UFPE)

O presente trabalho tem como objetivo mensurar e analisar a eficiência estática e dinâmica dos municípios nordestinos em gastos com educação, para os anos de 2007 e 2013. Para atingir os objetivos do trabalho, primeiramente foi realizado uma Análise de Clusters utilizando o método não hierárquico k-médias, para agrupar os municípios nordestinos de acordo com as características socioeconômicas e populacionais. Após definidos os grupos, foi aplicado o modelo DEA-BCC para analisar a eficiência estática e DEA-Malmquist para analisar a dinâmica da eficiência no período. Os resultados indicam que os municípios nordestinos melhoraram a eficiência nos gastos públicos com educação no período de 2007 e 2013. Contudo, ainda mantém baixos níveis de eficiência.

Palavras-chave: Educação. Gastos públicos. IDEB. DEA. Eficiência.

INTERTEMPORAL ANALYSIS ON THE TECHNICAL EFFICIENCY OF NORTHEAST MUNICIPAL EXPENDITURE WITH BASIC EDUCATION: AN APPROACH WITH DEA AND MALMQUIST INDEX

The objective of this work is to measure and analyze the static and dynamic efficiency of Northeastern municipalities, for the years 2007 and 2013. In order to reach the objectives of the work, a Cluster Analysis was first carried out using the non-hierarchical k-means method, to To group the northeastern municipalities according to socioeconomic and population characteristics. After the groups were defined, the DEA-BCC model was applied to analyze the static efficiency and DEA-Malmquist to analyze the efficiency dynamics in the period. The results indicate that Northeastern municipalities improved the efficiency of public spending on education in the period 2007 and 2013. However, it still maintains low levels of efficiency.

Keywords: Education. Public spending. IDEB. DEA. Efficiency.

JEL Classification: I21, H21, H52

1 INTRODUÇÃO

Desde o início do século XX até os dias atuais, os gastos públicos aumentaram consideravelmente nas principais economias mundiais. Este crescimento, em grande medida, está associado a política do estado de bem-estar social, em que os governos provém a população serviços públicos básicos (educação, saúde, habitação, etc.) e proteção.

Tanzi e Schuknecht (1997), Afonso e St. Aubyn (2004) e Benício et al. (2015), questionaram a capacidade dos governos em manterem por um longo período as suas despesas, principalmente em períodos de crise, como no atual cenário de desaceleração da economia mundial, em que os governos se deparam com a diminuição das receitas tributárias e a crescente demanda social. Esta situação tem exigido dos governos que aloquem da melhor forma os seus recursos, ou seja, que os seus gastos sejam eficientes.

No Brasil, observa-se um crescimento nos gastos públicos, chamando atenção o aumento dos gastos com educação nos últimos anos. Essa elevação dos gastos públicos com educação, deve-se ao fato de que o Estado brasileiro, nas últimas duas décadas, tem mostrado grande interesse pelo seu desenvolvimento educacional. Pois, com a promulgação da Constituição de 1988, ficou estabelecida a universalização da educação básica, tornando-se direito de todos e dever do Estado, sendo de competência dos três entes federativos (União, Estados e Municípios) manterem o sistema de ensino brasileiro em pleno funcionamento.

Os recursos necessários destinados à manutenção do sistema de ensino brasileiro são oriundos das receitas tributárias dos entes federativos. Cabe à União destinar no mínimo 18% da Receita Líquida Tributária (RLT) e aos Estados e Municípios 25% da RLT para manutenção e desenvolvimento do ensino (BENICIO et al., 2015). Em 2007, a União criou o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (FUNDEB), cujo objetivo é destinar recursos para o financiamento do ensino fundamental, da educação infantil, do ensino médio e da educação de jovens e adultos, que são ofertados pelos estados e municípios (FNDE, 2012).

No ano de 2008, a União gastou com o FUNDEB cerca de 0,54% da RLT, representando um montante de 4,43 bilhões de reais. Já em 2014, essa cifra subiu consideravelmente, para 1,07% da RLT, um montante de 10,86 bilhões de reais, o que demonstra um crescimento considerável de 145,15% (MENDES, 2015). Esses números apontam o interesse do Estado brasileiro em fortalecer a educação básica e, assim, desenvolver o capital humano do país, pois, de acordo com a UNESCO (1998), a educação básica é a base que dá a sustentação para a formação do capital humano de uma nação.

No entanto, o que se tem constatado é que o volume de recursos empregados na educação, por si só não garante o retorno esperado. Para verificar a qualidade da educação básica, utiliza-se o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), que tem como objetivo avaliar o desempenho dos alunos do ensino básico. Analisando os resultados mais recentes (2013), verificou-se que a Região Nordeste apresentou o pior resultado para os anos iniciais, nota 4 (em uma escala de 0 a 10), bem abaixo da Região Sul, que obteve nota 5,6. A nota para o Brasil foi de 4,9 (INEP, 2013).

Diante da quantidade de recursos aplicados na educação básica e dos baixos resultados apresentados pelos municípios do Nordeste nas avaliações do IDEB, faz-se necessário um estudo para mensurar (e avaliar) o nível de eficiência nos gastos municipais com educação, bem como analisar o seu comportamento em determinado

período de tempo. E assim, apresentar resultados que possam sinalizar a qualidade dos gastos públicos com educação nos municípios nordestinos. Na literatura corrente, o método mais utilizado para mensurar a eficiência na área de educação é a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis-DEA*), os resultados obtidos permitem orientar as *Decision Making Unit*¹ (Tomadores de Decisão nas Unidades-DMUs) a otimizarem os seus resultados.

A grande maioria dos trabalhos nacionais que tratam de eficiência nos gastos públicos com educação, apenas fazem análises estáticas, ou seja, não avaliam o comportamento da eficiência no tempo. Na literatura nacional, pode-se destacar os trabalhos Rosano-Peña et al. (2012) e Santos et al. (2015) que analisaram a dinâmica da eficiência nos gastos municipais com educação, o primeiro para estado de Goiás e o segundo para Minas Gerais. Não foi encontrado nenhum trabalho que analisasse a eficiência dinâmica dos municípios nordestinos com gastos em educação. Assim, o presente trabalho poderá contribuir na literatura regional com aplicação dos modelos de análises de eficiência dinâmicos.

Para realizar este trabalho, foi utilizado o modelo DEA-Malmquist, que permitirá avaliar a eficiência dos municípios nordestinos nos gastos com educação entre o período de 2007 e 2013². Os resultados irão sinalizar se os municípios estão tornando a aplicação destes recursos mais eficientes ou menos eficientes.

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos, incluindo esta introdução. No capítulo a seguir, será apresentada a trajetória dos gastos públicos no mundo e no Brasil, destacando os gastos com educação. No capítulo três, são colocados os modelos utilizados para mensurar a eficiência técnica com gastos em educação. No capítulo quatro, discorre-se sobre o modelo que será utilizado neste trabalho. No capítulo cinco, são apresentados os resultados encontrados no trabalho e no último capítulo, são feitas considerações finais do trabalho.

2 GASTOS PÚBLICOS

O papel do Estado na economia tem sido exaustivamente debatido nos últimos três séculos. Como aponta Keynes (1926), a incompetência e a corrupção dos governos no século XVIII levaram vários pensadores contemporâneos deste século, e do século seguinte, a criarem linhas de pensamentos nas quais o Estado deveria atuar diante apenas das suas funções mínimas. Deixando, assim a economia por conta do próprio mercado, sem regulamentações, inaugurando o pensamento do *laissez-faire*.

Tanzi e Schuknecht (1997, p.165), argumentam que os pensadores do século XIX defendiam o Estado mínimo, limitando o Estado a desenvolver apenas funções alocativas, sendo estas: "a defesa, a lei e a ordem, obras públicas básicas, a proteção dos direitos de propriedade, e outras funções semelhantes". Até este momento, as questões sociais eram alheias ao Estado. Os autores confirmam esta situação quando analisam as despesas públicas de vários países (Alemanha, Reino Unido, Estados Unidos, Suécia, França, Japão), em que se verificou que os gastos públicos em média no período entre 1870 e 1913, foram em torno de 11% e 12% ao ano, em relação ao Produto Interno Bruto (PIB).

¹ Na literatura DEA é uma unidade produtora que toma decisões, é considerada uma DMU.

² Para a escolha do período estudado foram considerados três fatores: primeiro, o aumento dos repasses de recursos destinados à educação básica para os municípios, após a criação do FUNDEB em 2007; segundo, a avaliação do IDEB é feita a cada dois anos, estando disponíveis para 2005, 2007, 2009, 2011 e 2013; e por último, o fator tempo, considerou-se o maior intervalo de tempo entre dos dois períodos, assim, poderá captar se os municípios se tornaram mais, menos ou permaneceram eficientes.

No século XX, o Estado começa a se preocupar não apenas com suas funções alocativas, mas também com ações que minimizem as distorções ocasionadas pelo livre mercado. Nesse sentido, Musgrave (1959) define as atribuições do governo em três funções: alocativa, estabilizadora e distributiva. Na função alocativa, o governo atua nos setores de bens e serviços que o mercado não teria condições de ofertar em quantidade satisfatória, ou não seria economicamente viável, os chamados bens públicos. Na função estabilizadora, o governo interfere na economia tentando impedir que as oscilações econômicas não afetem na renda e no consumo, diminuindo o bem-estar das famílias. Na função distributiva, o governo adota medidas para minimizar as distorções de renda que o mercado gera.

Após 1913, observa-se uma mudança nas atribuições do Estado, provendo o Estado-Social. Os governos começaram a expandir as suas obrigações com: educação, ofertando ensino para todos os níveis; saúde; previdência social; e assistência pública para os indivíduos desempregados. Em virtude da política do Estado-Social e das guerras, houve um crescimento significativo nas despesas públicas em relação ao PIB no decorrer do século de XX. Nos países como Alemanha, Reino Unido, Estados Unidos, França e Japão, os gastos públicos em média no ano de 1913 foram de 11,43% passando para 23,79% em 1937, chegando a 44,83% em 1990 (TANZI e SCHUKNECHT, 1997). Vale ressaltar que os gastos públicos, mesmo em períodos que o mundo não estava em guerra, continuaram aumentando.

O crescimento dos gastos públicos no século XX pode ser analisado de acordo com o pensamento de Adolf Wagner (1892), em que, na medida que os países fossem tornando-se mais industrializados as demandas por bens e serviços iriam crescer. Assim, com o aumento da renda per capita destes países, a demanda da sociedade por bens e serviços aumentaria mais que proporcionalmente ao crescimento da renda, pressionando os gastos públicos. A Lei de Wagner é justificada por três premissas: i – o crescimento natural das atividades administrativas do governo e dos gastos com segurança; ii - a industrialização e a urbanização da economia pressionam os governos a aumentarem a oferta por bens e serviços, tais como educação e saúde; iii - e na medida em que os países fossem se industrializando o Estado deveria atuar para corrigir, ou atenuar, as falhas de mercado, como por exemplo, os monopólios e oligopólios (READ, 2015; BENICIO et al., 2015).

Atualizando os dados de Tanzi e Schuknecht (1997), na Tabela 1 pode-se observar que os gastos públicos em 102 anos quase quadruplicaram. Esse aumento pode ser creditado em grande parte as novas atribuições que os governos adotaram para proporcionar a política do estado de bem-estar social. Entre os países analisados nota-se que, em média, há uma leve redução nos gastos públicos entre 2001 e 2007, de 40,7% para 40,4%. No entanto, a França, os Estados Unidos e o Reino Unido continuaram aumentando os seus gastos públicos.

Tabela 1 Evolução da despesa pública total do governo em relação ao PIB, entre 1913 e 2015

Países	1913	1920	1937	1960	1990	2001	2007	2010	2015
França	17	27,6	29	34,6	49,8	51,2	52,2	56,4	56,9
Alemanha	14,8	25	34,1	32,4	45,1	46,8	42,6	47,0	43,9
Japão	8,3	14,8	25,4	17,5	31,7	36,4	33,3	38,9	39,3
Reino Unido	12,7	26,2	30	32,2	39,9	36,5	39,4	45,4	40,2
Estados Unidos	7,5	12,1	19,7	27	33,3	32,7	34,5	40,0	35,7
Média	12,1	21,1	27,6	28,7	39,9	40,7	40,4	45,5	43,2

Fonte: Fundo Monetário Internacional (2016) e Tanzi e Schuknecht (1997).

Ainda na Tabela 1, nota-se um aumento considerável nos gastos públicos no período entre 2007 e 2010 de 5,1 pontos percentuais, ou seja, um aumento de 12,62%. Um crescimento bastante considerável para um curto período de tempo. Esse fato ocorreu devido à crise financeira de 2008, iniciada nos Estados Unidos, diante da qual os governos tiveram que injetar um grande volume de recursos públicos para estabilizar os mercados.

Analisando as despesas públicas por grupos de desenvolvimento, nota-se que na primeira década deste século, os gastos públicos seguiram uma tendência de crescimento. Há um crescimento abrupto no período entre 2008 e 2010 nas despesas da União Europeia, no G7 e nas Economias Avançadas, correspondendo a um acréscimo respectivamente de 3,7, 2,7 e 2,5 pontos percentuais. Como já mencionado, esta situação é proveniente da crise financeira de 2008. Neste mesmo período, as despesas públicas do Brasil, da América Latina, do Caribe e dos BRICS, cresceram respectivamente 1,4, 1,7 e 1,4 pontos percentuais. Esta relação pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2 Evolução da despesa pública total por grupos de desenvolvimento e Brasil, em relação ao PIB, entre 2001 e 2015

Países	2001	2006	2008	2010	2013	2014	2015
União Europeia	45,0	44,9	45,7	49,4	47,9	47,7	46,8
Brasil	36,2	39,2	37,4	38,8	37,5	39,1	41,9
G7	37,2	38,0	40,4	43,1	40,9	40,4	39,8
Economias avançadas	37,2	37,7	39,9	42,5	40,4	40,0	39,3
América Latina e Caribe	26,7	29,2	30,5	32,2	32,7	33,7	34,9
BRICS	27,4	28,1	30,1	31,5	32,3	32,5	34,4

Fonte: Fundo Monetário Internacional, (2016).

A despesa pública no Brasil, nos últimos quinze anos, cresceu 5,7 pontos percentuais, ou seja, uma variação total de 15,75% no período. Quando comparada ao crescimento das despesas da União Europeia (3,95%), do G7 (6,87%) e das Economias Avançadas (5,54%), avalia-se que os gastos públicos no Brasil cresceram significativamente mais que os países destes grupos. Vale ressaltar que os gastos públicos do Brasil, em 2001, correspondiam a 36,2% do PIB, bem próximo do padrão médio dos países desenvolvidos que compõem o G7 (37,2%) e o grupo das Economias Avançadas (37,2%). No ano 2015, esses países atingiram um nível de gastos respectivamente de 41,9%, 39,8% e 39,3%.

Comparando o padrão dos gastos públicos do Brasil em relação aos países com similaridades econômicas, nota-se que a despesa pública da América Latina e Caribe (34,9%) e dos BRICS (34,4%) são bem inferiores quando comparadas ao Brasil (41,9%). Ressalte-se que o Brasil faz parte dos BRICS, ou seja, o nível de gastos público brasileiro eleva a média de gastos do BRICS. Como pode-se observar, o nível dos gastos públicos do Brasil está no padrão dos países desenvolvidos.

2.1 Gastos públicos com Educação no Brasil

Nas últimas duas décadas, os governos brasileiros começaram a dar mais atenção aos problemas do baixo nível de escolaridade do país. Um grande divisor de

águas foi a promulgação da Constituição Federal de 1988, em que foi assegurado o direito à educação básica pública para todos. Vale ressaltar ainda que outro ganho considerável para a educação brasileira foi a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei nº 9.394/1996), que instituiu as diretrizes que norteiam o sistema educacional brasileiro (ARAÚJO-JUNIOR et al., 2016).

Como foi observado na Tabela 2, o gasto público brasileiro no início deste século seguiu uma tendência de crescimento. Em parte, pode ser atribuída ao aumento dos gastos com educação. Como aponta Mendes (2015), em 2004 o governo gastava com educação 4% da receita líquida do Tesouro, já no ano de 2014 essa cifra aumentou para 9,3%. Um crescimento significativo de 130%.

Este crescimento no gasto público com educação pode ser atribuído a ações que os governos vêm adotando para aumentar o nível de escolaridade da população brasileira. Pode-se citar, por exemplo, a Emenda Constitucional de nº 53/2006, que substituiu o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental (Fundef) pelo Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (Fundeb). Esta emenda ampliou os recursos repassados da União para os estados e municípios para aplicação na educação básica (BENÍCIO; RODOPOULOS; BARDELLA, 2015).

O gasto público do Brasil em 2012 com educação corresponde a 5,4% do PIB, um nível alto, acima dos países desenvolvidos como: França (4,9%); Coreia (4,7%); Estados Unidos (4,7%); e acima do padrão médio do gasto público com educação dos países que compõem a OCDE, 4,7%. Esta relação pode ser observada na Figura 1.

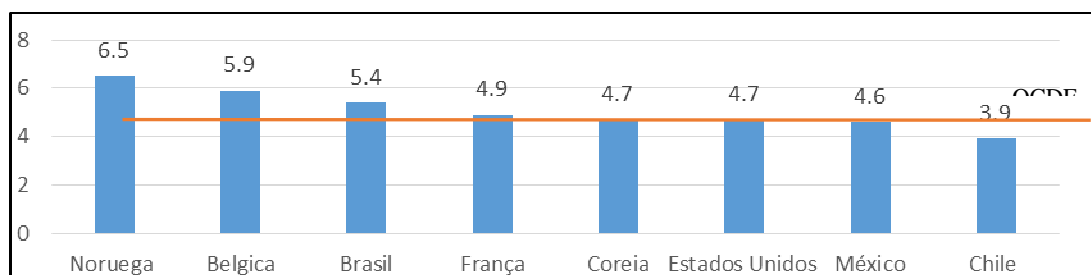


Figura 1 Gasto público com educação (%) em relação ao PIB, para o ano de 2012.
Fonte: OCDE, (2016a).

Notadamente, o Brasil vem dando significativa atenção à educação. Esta situação ainda pode ser ratificada quando analisada a participação do gasto público com educação no gasto público total. Em 2012, no Brasil 17,2% do gasto total era para a educação, uma cifra bem superior à de países como: França (8,8%); Bélgica (11%); Noruega (14,1%); Coreia (14,5%); e a média dos países da OCDE (11,8%).

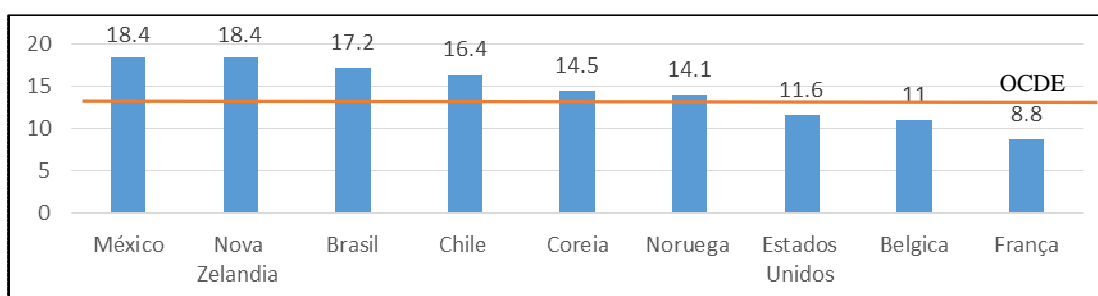


Figura 2 Gastos públicos com educação (%) em relação ao gasto público total, para o ano de 2012.
Fonte: OCDE, (2016b).

Mesmo com esse volume de recursos destinados à educação, o Brasil ainda deixa muito a desejar em seus resultados. No Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA), desenvolvido pela OCDE, o Brasil não apresenta resultados satisfatórios. Na última avaliação, o Brasil ocupou as últimas posições. A Tabela 3 mostra o resultado do PISA por área. O pior desempenho do Brasil foi em matemática com 392 pontos, 102 pontos a menos que a média da OCDE. No quesito leitura, somou 409 e em ciência, 405, ficando abaixo da OCDE em 88 e 96 pontos, respectivamente.

Tabela 3 Resultado do PISA por área, para o ano 2012

País	Leitura	Ciência	Matemática
Coreia	537	538	553
Bélgica	509	505	515
França	505	499	495
Noruega	505	495	489
OCDE	497	501	494
Estados Unidos	498	497	481
Chile	441	445	475
México	423	415	413
Brasil	409	405	392

Fonte: OCDE (2016c, 2016d, 2016e).

A interpretação desta situação brasileira requer muito cuidado. Vários fatores podem ser responsáveis pelo fato de o Brasil apresentar altos padrões de gastos públicos em educação, ao mesmo tempo em que apresenta resultados pífios na qualidade da educação. Questões socioeconômicas influenciam diretamente nestes resultados, Araújo-Junior et al. (2016), mostra que a vulnerabilidade social dos estudantes atinge negativamente o desempenho dos mesmos. Outro fato, é a ineficiência do governo em alocar os recursos, garantindo uma maximização dos resultados. Ribeiro (2008) aponta que o Brasil apresenta um alto nível de ineficiência nos gastos públicos quando comparado com alguns países da América Latina.

3 DECISÃO DO MODELO

Para mensurar a eficiência, comumente são utilizados modelos não-paramétricos, em especial *Data Envelopment Analysis* (DEA) e *Free Disposal Hull* (FDH). Para mensurar a eficiência na educação, o método mais utilizado é o DEA, pois, como destaca Mello et al. (2005, p. 2544), a “avaliação educacional deve ser quantitativa e comparada”, sendo a aplicação do DEA de grande relevância, já que possui essas duas características em consonância.

De-Witte e Torres (2015), realizaram um vasto levantamento bibliográfico de trabalhos que tratam sobre a eficiência na educação, indicando que este setor é uma das cinco principais áreas de aplicação dos modelos DEAs. É largamente aplicado na avaliação da eficiência dos gastos públicos com educação desde o ensino básico às universidades, como também a eficiência técnica das instituições de ensino.

Um dos primeiros estudos sobre eficiência em educação está relacionado ao próprio surgimento do método DEA, que foi desenvolvido por Charnes, Cooper,

Rhodes (1978) com o objetivo de avaliar os programas públicos dos Estados Unidos nos anos de 1970, tendo como objeto de estudo o programa educacional "*Follow Through*".

Nos últimos anos foram incorporadas várias extensões ao modelo DEA original, com intuito de aprimorar as suas estimações. A literatura recente tem utilizado bastante a extensão DEA-Malmquist, proposta por Färe et al. (1994) para avaliar a dinâmica da eficiência técnica das unidades estudadas. Para o setor da educação, a aplicação desta extensão está concentrada nos estudos voltados para mensurar a eficiência técnica das instituições de ensino superior.

Para fazer uma análise intertemporal na eficiência técnica dos gastos municipais do Nordeste com educação básica, o modelo DEA-Malmquist apresenta-se como sendo o método adequado pelos seguintes motivos:

- O DEA permite a utilização de múltiplos insumos e produtos, não necessitando que as variáveis estejam na mesma unidade. Neste caso, os *inputs* utilizados são valores monetários e os *outputs* notas de desempenho;
- O modelo DEA pode ser orientado para *inputs* e *outputs*, em que, orientado para o *output* mensura o quanto pode-se aumentar na produção permanecendo constante a utilização dos insumos. Para a educação, essa orientação é mais pertinente, pois, os insumos utilizados no processo dificilmente podem ser reduzidos, por exemplo, salários dos professores. Então, deve-se trabalhar na perspectiva de melhorar os resultados dados os insumos disponíveis;
- A extensão Malmquist permite a avaliação da dinâmica da eficiência em mais de um período, possibilitando identificar os municípios que melhoram, permaneceram ou pioraram na otimização em aplicar os recursos em educação.

4 METODOLOGIA

Para mensurar o nível de eficiência dos gastos públicos tem sido recorrente a utilização dos modelos não paramétricos. Os trabalhos em sua maioria concentram-se em analisar os gastos com saúde e educação, como justifica Afonso e St. Aubyn (2004), estes dois setores têm uma grande participação nos gastos públicos.

Para avaliar a eficiência dos gastos públicos tem sido bastante utilizada a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis*- DEA) e suas extensões. Pode-se destacar os trabalhos de: Afonso, Schuknecht e Tanzi (2005, 2010), que mensuraram a eficiência nos gastos públicos dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE); Afonso e St. Aubyn (2004) que analisaram a eficiência dos gastos públicos com educação e saúde dos países da OCDE; Pang, et al. (2005) e Aristovnik (2012) que mensuraram eficiência dos gastos públicos com saúde e educação dos países em desenvolvimento; já Agasisti (2014) mensurou a dinâmica da eficiência nos gastos públicos com educação da União Europeia; Prasetyo et al. (2013) avaliaram a dinâmica da eficiência nos gastos públicos com saúde e educação de 81 países; e Ribeiro (2008) mensurou a eficiência nos gastos públicos do Brasil e da América Latina em saúde e educação.

Na literatura nacional, pode-se destacar: Faria et al. (2008) analisaram a eficiência dos gastos municipais em saúde e educação no estado do Rio de Janeiro; Rosa-Pena et al. (2012) avaliaram a dinâmica eficiência dos gastos públicos em educação nos municípios do Estado de Goiás, no período de 2005-2009; Gonçalves e Franca (2013) mensuraram a eficiência dos gastos municipais com educação no Brasil;

Almeida e Gasparini (2011) avaliaram a eficiência nos gastos públicos municipais no Estado da Paraíba; e Rocha et al. (2015) analisaram a eficiência na provisão de educação e saúde nos municípios brasileiros.

A seguir, será apresentado o modelo DEA e suas extensões. Mostrando uma visão geral do modelo e suas adaptações.

4.1 Análise Envoltória de Dados (DEA)

Cooper, Seiford e Zhu (2004) apontam Farrel como responsável em dar as primeiras contribuições para Análise Envoltória de Dados, em seu trabalho seminal “*The Measurement of Productive Efficiency*”. Farrel (1957) atribuiu críticas aos seus contemporâneos pelas limitações nos métodos utilizados para mensurar a eficiência produtiva, em que apenas era considerada a média produtiva do trabalho excluindo os demais insumos do modelo.

O trabalho de Farrel (1957) apresenta limitações para mensurar modelos com múltiplos produtos, admitindo apenas um produto e vários insumos. Esse problema foi solucionado por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), sendo atribuído a estes como responsáveis pelo desenvolvimento do método da Análise Envoltória de Dados (COOPER et al., 2004).

Charnes et al. (1978) propuseram uma medida de eficiência (CCR³) considerando a razão da soma ponderada do *output* pela soma ponderada do *input*. Estabelecendo uma relação proporcional (ou linear) entre os múltiplos *outputs* e *inputs*, ou seja, considerando um aumento (ou redução) na quantidade dos insumos utilizados espera-se um aumento (ou redução) proporcional na quantidade de *outputs*.

Para contornar a condição de proporcionalidade do modelo DEA-CCR, Banker et al. (1984) adicionam a condição de convexidade possibilitando retornos variáveis de escala. Esse modelo é conhecido como BCC⁴. Mello et al. (2005) afirmam que o modelo permite que a DMU esteja na fronteira eficiente, apresentando retornos crescente ou decrescente de escala. Tal fato não ocorreria no CCR, pois devido à condição de proporcionalidade, a DMU que estivesse apresentado retornos não proporcionais estaria abaixo da fronteira sendo considerada ineficiente.

Os modelos CCR e BCC podem ser melhor visualizados na Figura 3, em que se têm duas fronteiras de eficiência estimadas. A fronteira CCR, como pode-se observar, é uma reta constante, em que apenas a DMU B está posicionada sobre ela. Então, apenas a DMU B conseguiu apresentar retornos constantes de escala, devido à condição de proporcionalidade imposta ao modelo, ficando as demais abaixo da fronteira de eficiência sendo consideradas como ineficientes.

Ainda analisando a Figura 3, a fronteira estimada pelo modelo DEA-BCC considera eficiente as DMUs A, B e C. Como pode-se observar, a DMU B é considerada eficiente para os dois modelos, situação que não ocorre para as DMUs A e B. Isto é ocasionada pela condição da convexidade do modelo BCC, admitindo retornos constantes e variáveis. Vale ressaltar que as DMUs D, E e F que não estão sobre a fronteira são consideradas ineficientes, partindo do pressuposto que essas DMUs não conseguiram alocar da melhor forma os seus recursos.

³ Foi atribuído ao nome do modelo um acrônimo com os nomes dos autores. Charnes, Cooper e Rhodes-CCR.

⁴ Acrônimo feito em homenagem aos autores Banker, Charnes e Cooper-BCC.

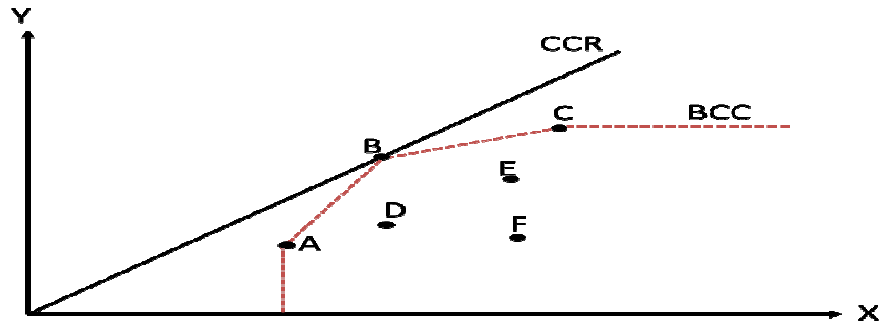


Figura 3 Fronteira de Produção DEA com retornos constante e variáveis
 Fonte: Adaptado de Lins e Meza (2006).

O método de Análise Envoltória de Dados possibilita uma análise do processo sob duas óticas: produto e insumo. Quando o modelo é utilizado com orientação ao produto, ele maximizará a produção mantendo a utilização dos insumos constantes. Assim, apresentará uma produção ótima diante dos recursos disponíveis, caso a produção seja inadequada (não ótima), será considerado ineficiente tecnicamente. A lógica é a mesma para o modelo com orientação ao insumo, isto é, minimiza-se a quantidade de insumos utilizados mantendo o mesmo nível da quantidade produzida. Caso a utilização dos insumos seja inadequada (em excesso), será considerado ineficiente tecnicamente (GOMES; FERREIRA, 2009).

4.1.1 Análise Envoltória de Dados com retornos variáveis de escala – DEA-BCC

Banker et al. (1984) propuseram uma extensão do modelo CCR incluindo uma condição de convexidade. Contrário do modelo CCR (que admite apenas retornos constantes de escala), agora no seu modelo BCC permite que as DMUs que operem com retornos variáveis crescentes e decrescentes de escala sejam consideradas eficientes tecnicamente.

Nos modelos multiplicadores com rendimentos variáveis com orientação ao *input* e *output*, são adicionadas variáveis duais u_* e v_* associadas à condição de convexidade. Podem ser verificadas nas equações (1) e (2) respectivamente:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Eff_0 &= \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} + u_* & \text{Min } Eff_0 &= \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} + v_* \\
 \text{sujeito a} & & \text{sujeito a} & \\
 \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} &= 1 & \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} &= 1 \\
 \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + u_* &\leq 0, \forall k & \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + v_* &\leq 0, \forall k \\
 v_i, u_j &\geq 0, u_* \in \mathcal{R} & v_i, u_j &\geq 0, v_* \in \mathcal{R}
 \end{aligned}
 \tag{1} \tag{2}$$

As equações (1) e (2), como podem ser observadas, são bem similares às formulações PML do modelo CCR, apenas foram incluídas as variáveis u_* e v_* que devem ser consideradas como fatores de escala. Transformando as equações (1) e (2) para a estrutura do Método de Envelope, têm-se as equações (3) e (4) respectivamente:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta \\
 & \text{sujeito a} \\
 & \theta x_{jo} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \quad (3) \\
 & -y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\
 & \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\
 & \lambda_k \geq 0, \forall k
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } \phi \\
 & \text{sujeito a} \\
 & x_{jo} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \quad (4) \\
 & -\phi y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\
 & \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\
 & \lambda_k \geq 0, \forall k
 \end{aligned}$$

4.2 Análise intertemporal dos scores de eficiência técnica - DEA-BCC-Malmquist

Até aqui, foi apresentado o método DEA e algumas das suas extensões. Este método apenas permite calcular a eficiência técnica para um período t . Para fazer uma análise dinâmica do comportamento das DMUs nos períodos t e $t+1$, se faz necessário um modelo intertemporal. Rosano-Peña et al. (2012), destacam a importância de utilizar um método intertemporal no DEA, pois permite que seja observado o comportamento de determinada DMU em outros períodos e o posicionamento dela em relação às demais DMUs.

Existem vários métodos com objetivo de calcular a Produtividade Total dos Fatores em mais de um período, como: Laspeyres, Paasche, Fisher, Tornqvist e Malmquist. Na utilização do modelo DEA, é preferível Malmquist, pois não necessita de informações sobre preço. Outra vantagem do Índice de Malmquist, é a possibilidade de decompô-lo, fornecendo informações sobre mudanças na eficiência técnica (emparelhamento) e no progresso tecnológico (deslocamento da fronteira) (FERREIRA e GOMES, 2009).

Assim, optou-se pela utilização do Índice Malmquist para analisar a dinâmica da eficiência técnica nos gastos com educação dos municípios nordestinos entre os períodos t e $t+1$.

4.2.1 Índice de Malmquist

O Índice de Malmquist foi desenvolvido por Caves et al. (1982), com base no trabalho de Sten Malmquist (1953). O índice é calculado considerando o quociente entre a função distância no período t e $t+1$. Havendo a possibilidade de escolher qual tipo de orientação (*input/output*) a ser dada para funções de distância.

Como mostram Färe et al. (1994), a função distância com orientação ao *output* é apresentada na função (10), em que o período está sobrescrito e a orientação subscrita.

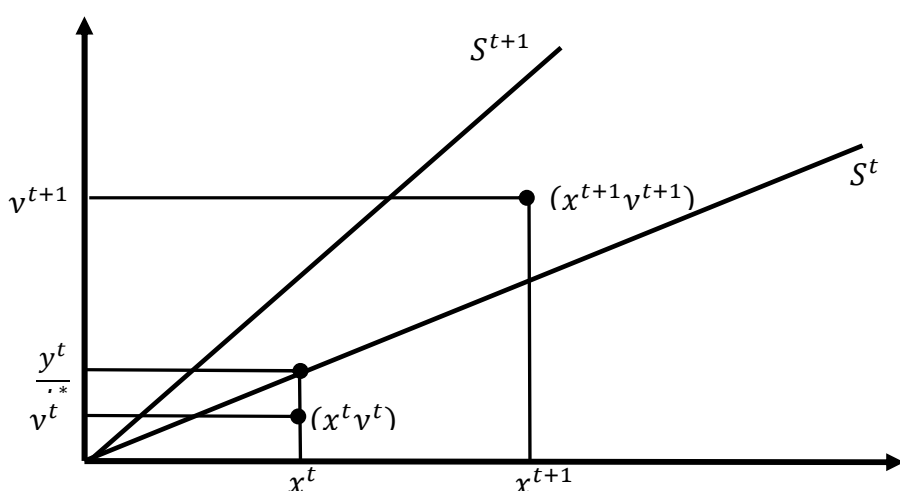
$$D_o^t(x^t, y^t) = (\max\{\phi: (x^t, \theta y^t) \in S^t\})^{-1} \quad (10)$$

Na função (10), ϕ é o fator mínimo que o produto pode ser contraído, permanecendo eficiente tecnicamente, dada a tecnologia utilizada, no período t ; y^t é o *output*, ou seja, produção no período t ; x^t são insumos utilizados no período t ; S^t é o conjunto da produção dada a tecnologia do período t . O conjunto S^t pode ser apresentado da seguinte forma:

$$S^t = \{(x^t, y^t): x^t \text{ pode produzir } y^t\} \quad (11)$$

A função (10) representa a expansão máxima do vetor y^t (*output*) dado o vetor x^t (*input*). A função distância será $D_o^t(x^t, y^t) = 1$, se e somente se (x^t, y^t) estiver na fronteira de produção. Assim, a tecnologia aplicada na combinação (x^t, y^t) terá que ser ótima para obter a eficiência técnica. Essa relação poderá ser melhor compreendida na Figura 4, considerando um *input* e um *output*.

Como mostra a Figura 4, (x^t, y^t) pode ser considerado ineficiente tecnicamente, pois está abaixo da fronteira. Pois, dada a tecnologia no período t , os *inputs* não estão sendo bem alocados, ocorrendo uma produção não-ótima, que seria alcançada no ponto y^t/ϕ^* da reta S^t .



F
igura 4
Índice de
Malmquist
e função
distância,
orientado
ao *output*.
F
onte:
Adaptação
de Färe et
al. (1994).

A função distância para mais de um período orientada ao *output* pode ser apresentada na seguinte forma:

$$D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = (\max\{\phi: (x^{t+1}, \theta y^{t+1}) \in S^{t+1}\})^{-1} \quad (5)$$

Na Expressão (12) observa-se que a função distância para o período $t+1$, segue a mesma intuição da função (11). Analisando a Figura 4, (x^{t+1}, y^{t+1}) se posiciona abaixo S^{t+1} , indicando que é ineficiente tecnicamente dada a tecnologia do período $t+1$.

O Índice de produtividade de Malmquist é dado pela razão da função distância do período $t+1$ em relação à função distância em t , tendo como base o período t . Podendo também tomar como base o período $t+1$, as equações são apresentadas em (6) e (7), respectivamente (FÄRE et al., 1992).

$$M^t = \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \quad (6)$$

$$M^{t+1} = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (7)$$

O Índice de Malmquist orientado ao *output* se dá pela média geométrica das equações (6) e (7):

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

Färe et al. (1992), mostram que a equação (8) é equivalente à:

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \right) \left[\left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

O resultado da equação (9) pode ser maior, igual ou menor que um. As interpretações dos resultados podem ser da seguinte maneira:

- $M_o > 1$: Indicando que um aumento na produtividade da DMU_k no período $t+1$ em relação a t ;
- $M_o = 1$: A produtividade da DMU_k manteve-se constante no período $t+1$ em relação a t ;
- $M_o < 1$: Indicando que a produtividade da DMU_k diminuiu no período $t+1$ em relação a t .

Como já foi dito anteriormente, o índice M_o pode ser decomposto permitindo que seja analisada a dinâmica da eficiência técnica e o comportamento da fronteira eficiente. Decompondo a equação (9), podem-se captar dois efeitos: efeito de emparelhamento (*catch-up effect*), que identifica se a eficiência técnica da DMU melhorou, manteve-se constante ou piorou no ao período $t+1$ em relação a t ; e o efeito do deslocamento da fronteira eficiente (*frontier-shift effect*) no período $t+1$ em relação a t . Esse feito se dá pelo fato da incorporação de novas tecnologias (ou redução), permitindo analisar se houve progresso (regresso) tecnológico.

A equação (9) mostra o efeito emparelhamento (*catch-up effect*):

$$EE_o = \left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \right) \quad (10)$$

Em que,

- $EE_o > 1$: Indica que houve aumento na eficiência técnica da DMU_k no período $t+1$ em relação a t ;
- $EE_o = 1$: A eficiência técnica da DMU_k manteve-se constante no período $t+1$ em relação a t ;
- $EE_o < 1$: Houve uma redução na eficiência técnica da DMU_k no período $t+1$ em relação a t .

O deslocamento da fronteira eficiente (*frontier-shift effect*) é apresentado na equação (10):

$$ED_o = \left[\left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

Em que,

- $ED_o > 1$: Representa um progresso tecnológico da DMU_k no período $t+1$ em relação a t ;
- $ED_o = 1$: Não houve avanços tecnológicos da DMU_k no período $t+1$ em relação a t ;

- $ED_o < 1$: Houve um retrocesso tecnológico da DMU_k no período $t+1$ em relação a t .

4.2.2 DEA BCC- Malmquist

Färe et al. (1992), propõe um modelo não-paramétrico baseado nos *inputs/outputs* que possibilita calcular a dinâmica da Produtividade Total Dos Fatores (PTF), combinando o Índice de Malmquist proposto por Caves et al. (1982) e a ideia de medida de eficiência desenvolvida por Farrel (1957), sendo a mesma ideia de eficiência utilizada nos modelos DEAs.

Färe et al. (1994), desenvolveram um método para calcular a produtividade de Malmquist, utilizando DEA. Em seu trabalho, foi considerado o modelo orientado ao *output* com retornos constantes de escala. No entanto, admite a possibilidade de calcular a produtividade de Malmquist com retornos variáveis de escala, incluindo no modelo a condição de convexidade.

Admitindo⁵ que para cada $DMU_k (k=1, \dots, n)$ seja produzido um vetor *output* $y_k^t = (y_{1k}^t, \dots, y_{sk}^t)$ utilizando um vetor *input* $x_k^t = (x_{1k}^t, \dots, x_{mk}^t)$ para cada período de tempo $T, t=1, \dots, T$. O índice de produtividade de Malmquist (e suas decomposições) será calculado através do modelo DEA-BCC⁶ com orientação ao *output*, adotando as seguintes etapas:

1. Analisando x_0^t na fronteira no período t , e calculando $\phi_0^t(x_0^t, y_0^t)$:

$$\begin{aligned}
 \phi_0^t(x_0^t, y_0^t) &= \max \phi_0 \\
 &\text{sujeito a} \\
 &\sum_{k=1}^n \lambda_k y_k^t \leq \phi_0 y_0^t \\
 &\sum_{k=1}^n \lambda_k x_k^t \geq x_0^t \\
 &\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\
 &\lambda_k \geq 0, k = 1, \dots, n
 \end{aligned} \tag{12}$$

2. Analisando x_0^{t+1} na fronteira no período $t+1$, e calculando $\phi_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$:

$$\begin{aligned}
 \phi_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) &= \max \phi_0 \\
 &\text{sujeito a} \\
 &\sum_{k=1}^n \lambda_k y_k^t \leq \phi_0 y_0^t \\
 &\sum_{k=1}^n \lambda_k x_k^t \geq x_0^t
 \end{aligned} \tag{13}$$

⁵ Nota: a demonstração da utilização DEA para calcular Índice de Malmquist foi baseada em Zhu (2014).

⁶ A condição de convexidade $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ foi incluída conforme proposto por Färe et al. (1994) e Zhu (2014).

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k \geq 0, k = 1, \dots, n$$

3. Analisando x_0^t na fronteira no período $t+1$. O cálculo para os períodos combinados $\phi_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)$ é feito por programação linear:

$$\begin{aligned} \phi_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t) &= \max \phi_0 \\ &\text{sujeito a} \\ &\sum_{k=1}^n \lambda_k y_k^{t+1} \leq \phi_0 y_0^t \\ &\sum_{k=1}^n \lambda_k x_k^{t+1} \geq x_0^t \\ &\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\ &\lambda_k \geq 0, k = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (14)$$

4. Analisando x_0^{t+1} na fronteira no período $t+1$. O cálculo para os períodos combinados $\phi_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$ é feito por programação linear:

$$\begin{aligned} \phi_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) &= \max \phi_0 \\ &\text{sujeito a} \\ &\sum_{k=1}^n \lambda_k y_k^t \leq \phi_0 y_0^{t+1} \\ &\sum_{k=1}^n \lambda_k x_k^{t+1} \geq x_0^{t+1} \\ &\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\ &\lambda_k \geq 0, k = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (15)$$

O Índice Produtividade pode ser definido agora como:

$$M_o = \left(\frac{\phi_0^t(x_0^t, y_0^t)}{\phi_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} \right) \left[\frac{\phi_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) \phi_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)}{\phi_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) \phi_0^t(x_0^t, y_0^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

O efeito do emparelhamento e o deslocamento da fronteira serão dados por (17) e (8), respectivamente:

$$EE_o = \left(\frac{\phi_0^t(x_0^t, y_0^t)}{\phi_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} \right) \quad (17)$$

$$ED_o = \left[\frac{\phi_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{\phi_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} \frac{\phi_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)^{\frac{1}{2}}}{\phi_0^t(x_0^t, y_0^t)} \right] \quad (18)$$

Vale ressaltar que a análise das Expressões (16), (17) e (18) é a mesma utilizada em (9), (10) e (12), respectivamente.

4.3 Análise de Clusters

A Análise Envoltória de Dados é um método que mensura a eficiência técnica das DMUs. Para tal, o método compara cada unidade dentro da amostra para gerar uma fronteira de eficiência. Assim, avalia a produção da DMU_k dado a um certo nível de utilização dos fatores de produção comparando com as demais DMUs, analisando quais unidades conseguiram melhor alocar os seus recursos. Esta situação pressupõe que as DMUs analisadas sejam homogêneas, ou seja, eliminando a presença de *outliers*. Caso contrário pode se deparar com resultados indesejados.

Dyson et al. (2001), chama atenção ao problema de não-homogeneidade na Análise Envoltória de Dados. Caso os dados não-homogêneos forem assumidos como homogêneos, o DEA irá analisar coisas não-semelhantes como semelhantes caindo em uma armadilha. Os autores propõem que seja aplicada uma Análise de Clusters na amostra para criar grupos homogêneos, e assim, estimar o DEA para cada grupo.

Neste sentido, Santos et al. (2015) utilizaram a Análise de Clusters para analisar a eficiência do Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado, aplicado nas escolas mineiras. Para identificar as amostras semelhantes utilizou a distância euclidiana e para agrupar escolas semelhantes empregou o método não hierárquico das *k*-médias.

Diante disto, para analisar a eficiência técnica dos gastos municipais dos estados do Nordeste com educação, o presente trabalho criou grupos semelhantes com os municípios para não incorrer em erros nos seus resultados. Para tal, foi utilizada a técnica da distância euclidiana para criar indicadores de semelhança. Logo após, foi aplicado o método hierárquico *k*-médias para formar os grupos homogêneos a partir dos indicadores calculados pela distância euclidiana.

4.3.1 Análise de Clusters utilizando modelos não hierárquicos *k*-médias formados a partir da distância euclidiana

Para realizar a Análise de Cluster, primeiramente deve-se criar um indicador de semelhança entre as DMUs, que neste caso será a distância euclidiana. Supondo que, uma amostra contenha DMUs em que, possua duas variáveis $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ e $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$, a distância euclidiana pode ser encontrada conforme Mingoti (2005):

$$d_{xy} = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2, \dots, + (x_n - y_n)^2} = \sqrt{\sum_i^n (x_i - y_i)^2} \quad (25)$$

Com o resultado da equação (25) obtém-se um indicador de semelhança para DMU que será utilizado para formar *K* grupos, com o método não hierárquico *k*-médias. Segundo Mingoti (2005) o método das *k*-médias é composto por quatro passos: a) primeiro defini os *k* centroides para inicializar o processo de participação; b) cada elemento do conjunto de dados é comparado com cada centroide inicial, dada pela

expressão (25), e assim cada elemento é agrupado tomando como referência a menor distância; c) aplica o passo b para cada um dos n elementos amostrais, recalcula-se os valores dos centroides para cada novo grupo formado, e repete-se o passo b, considerando os centroides destes novos grupos; e d) os passos b e c devem ser repetidos até que todos os elementos amostrais estejam bem alocados em seus grupos.

4.4 Dados

4.4.1 Escolha das variáveis para Análise de Clusters

A análise de Cluster tem como objetivo agrupar amostras semelhantes dentro de um universo, a partir de características comuns entre os elementos, formando grupos homogêneos. Antes de estimar o modelo DEA-BCC-Malmquist, foi realizado um agrupamento dos municípios nordestinos considerando características similares dos municípios.

As variáveis escolhidas para formar os clusters com os municípios devem ser relacionadas ao objetivo do estudo, pois o modelo necessita que as DMUs possuam características o mais semelhantes possível (DE-WHITE; TORRES, 2015). Neste caso, as variáveis utilizadas são:

- Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) – o IDHM é um indicador de qualidade de vida e de desenvolvimento econômico que utiliza três indicadores: saúde, educação e renda. Com esta variável, pretende-se agrupar os municípios conforme as suas características socioeconômicas;
- PIB per capita – com esta variável pretende-se agrupar os municípios conforme o seu grau de atividade econômica;
- População – com esta variável pretende-se agrupar os municípios considerando o tamanho da sua população;
- Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) – é um índice que analisa o desenvolvimento do município considerando três áreas de atuação: renda e emprego; saúde e educação. Com esta variável pretende-se agrupar os municípios de acordo com suas características socioeconômicas.

4.4.2 Escolha dos *inputs* e *outputs*

Conforme Mello et al. (2005), a seleção dos *inputs* e *outputs* deve ser criteriosa para não incorrer em erro na estimação do DEA. As variáveis escolhidas devem estar ligadas ao objetivo da pesquisa.

Para estimar o modelo DEA-VRS-Malmquist, foi utilizado como *input*⁷ o gasto municipal com educação fundamental por aluno. Para construir esta variável foi considerada a razão entre o gasto total do município com ensino fundamental e a quantidade de alunos matriculados neste mesmo nível da educação básica.

Como *output*⁸, foram consideradas as notas do IDEB para anos iniciais e finais. A nota do IDEB é calculada pelo INEP, através da combinação do resultado da Prova Brasil (Português e Matemática) com a taxa de aprovação dos estudantes.

4.4.3 Tratamento da base de dados

⁷ A escolha da variável foi feita de acordo com os trabalhos de Prasetyo et al. (2013), Agasist et al. (2014) e Costa et al. (2015).

⁸ Para captar o efeito dos gastos com educação, a variável de desempenho do aluno apresenta-se como sendo a melhor opção, de acordo com o trabalho de Agasist et al. (2014).

Para realização deste trabalho, foram utilizadas as informações dos 1794 municípios do Nordeste disponíveis nos sites oficiais. No Quadro 2 podem ser observadas as variáveis utilizadas para a formação dos clusters e para a estimação do Índice de Malmquist.

Quadro 1 Descrição das variáveis utilizadas para formação dos clusters e estimação do índice de Malmquist

Variável	Descrição	Fonte
Variáveis utilizadas para definição dos clusters		
<i>pib_per_cap</i>	Produto interno bruto do município dividido pela quantidade de habitantes	Contas Nacionais 2010, IBGE
<i>População</i>	Quantidade de pessoas residentes no município	Censo demográfico 2010
<i>IDHM</i>	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	PNUD 2010
<i>IFDM</i>	Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal	FIRJAN 2010
Variáveis utilizadas no modelo DEA-Malmquist		
<i>ideb_final_2007</i>	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica dos anos finais no ano de 2007	Microdados do IDEB 2007
<i>ideb_final_2013</i>	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica dos anos finais no ano de 2013	Microdados do IDEB 2013
<i>ideb_inicial_2007</i>	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica dos anos iniciais no ano de 2007	Microdados do IDEB 2007
<i>ideb_inicial_2013</i>	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica dos anos iniciais no ano de 2013	Microdados do IDEB 2013
<i>gastos_educ_aluno_2007</i>	Gasto municipal com educação fundamental em 2007	Microdados do IDEB 2007 e FINBRA 2007
<i>gastos_educ_aluno_2013</i>	Gasto municipal com educação fundamental em 2013	Microdados do IDEB 2007 e FINBRA 2007

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Inicialmente foram compiladas todas as bases de dados em apenas uma base, totalizando 1794 observações. Logo em seguida, foram retiradas as observações que apresentavam ausência de informações, fechando a base com 1105 observações.

5 RESULTADO

Nesta seção serão discutidos os resultados alcançados neste trabalho. Para analisar a eficiência estática e temporal dos gastos municipais com educação, primeiramente foram divididos os municípios nordestinos em grupos homogêneos, utilizando o método não hierárquico *k*-médias. Logo em seguida foi estimado o modelo DEA-BCC para mensurar o nível de eficiência técnica para os anos de 2007 e 2013. Para analisar o comportamento da eficiência no período (2007 e 2013) foi utilizado o método Malmquist-DEA.

5.1 Formação dos clusters

Para estimar o modelo DEA-Malmquist, primeiramente foram divididos os municípios nordestinos em grupos homogêneos. Para tanto, foi aplicado o método de análise de clusters. Para formação dos grupos, foram consideradas variáveis que agrupassem os municípios por aspectos socioeconômicos, tamanho e nível de desenvolvimento.

O método não hierárquico *k*-médias necessita de uma prévia definição da quantidade de grupo. Mufti et al. (2005) e Halpin (2016), sugerem o teste de Calinski e Harabasz para determinar a quantidade ótima de grupos, pois, este indicador analisa a similaridade e dissimilaridade, dentro e entre os grupos.

O teste de Calinski-Harabasz analisa o centroide de cada grupo, avaliando a similaridade dentro destes grupos. Ao mesmo tempo em que analisa a distância dos centroides entre os grupos, calculando a dissimilaridade entre eles e determinando a quantidade ideal de clusters.

Para realizar o teste de Calinski e Harabasz, primeiramente foi aplicado seis vezes o método não hierárquico *k*-médias. Para cada estimação foi definido quantidades diferentes de grupos, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Logo em seguida, foi realizado o teste de Calinski e Harabasz para cada estimação. Pelo o critério do teste, valores mais altos indicam que os grupos estão melhores, ou seja, homogêneos dentro do grupo e heterogêneos entre os grupos.

O resultado do teste Calinski e Harabasz (Tabela 4), indica que o mais adequado é a utilização de cinco grupos. Pois, o *Pseudo-F* apresentou o maior valor (585,43) para o grupo com cinco clusters.

Tabela 4 Resultado do teste de Calinski e Harabasz

Números de Clusters	<i>Pseudo-F</i>
2	472,37
3	494,28
4	422,59
5	585,43
6	543,59
7	512,41

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Como pode-se observar na Tabela 5, o Grupo 4 é composto por sete observações, sendo os seguintes municípios: São Luís, Fortaleza, Salvador, Natal, Teresina, João Pessoa e Recife. Este grupo é constituído por sete capitais do Nordeste que possuem características distintas das outras cidades. Em média, a população deste grupo é de 1.431.695 habitantes, bem superior à média dos outros grupos. É de grande relevância que estes municípios estejam agrupados, pois espera-se que os grandes centros urbanos possuam sistemas de controle e aplicação de recursos mais modernos.

Tabela 5 Descrição dos Clusters

Grupo	Freq.	Part.	Média			
			PIB per capita	População	IDHM	IFDM
1	503	46%	5.310,73	19.008	0,60	0,56
2	135	12%	10.441,66	85.200	0,66	0,64
3	433	39%	4.525,86	16.453	0,56	0,45
4	7	1%	16.503,26	1.431.695	0,76	0,75
5	27	2%	35.658,69	48.082	0,65	0,62
NE	1105	100%	6.386,02	35.753	0,52	0,59

Fonte: Elaboração do próprio autor, com base nos dados IBGE (2010), FIRJAN (2010) e PNUD (2010).

Os Grupos 1 e 3 possuem características que representam a maioria dos municípios nordestinos. São municípios com pequena população, baixo PIB per capita e com indicadores socioeconômicos menores. O Grupo 3 possui os piores indicadores, o PIB per capita (R\$ 4.525,86) é inferior à média dos municípios do Nordeste (R\$ 6.386,02), mostrando que estes municípios possuem uma baixa atividade econômica em relação aos demais municípios do Nordeste. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e o Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) também apresentaram resultados abaixo da média, respectivamente, de 0,56 e 0,45, indicando que esses municípios possuem sérios problemas socioeconômicos.

O Grupo 5 tem características bem distintas dos demais grupos, possui um PIB per capita (R\$ 35.658,69) bem superior ao do Nordeste e os indicadores de IDHM (0,65) e IFDM (0,62) estão acima da média. Este Grupo é constituído por municípios que possuem uma alta atividade econômica, por exemplo: Camaçari –BA, possui um Polo Industrial que conta com empresas petroquímicas, químicas e automobilísticas; Ipojuca-PE e Cabo de Santo Agostinho – PE, que abrigam o Complexo Industrial e Portuário de Suape.

Assim, pode-se concluir que: o Grupo 1 é formado por municípios de pequeno porte, com baixa atividade econômica; o Grupo 2 é constituído por municípios de pequeno e médio porte, com atividade econômica relevante; o Grupo 3 é composto por municípios pequenos, com baixa atividade econômica e baixos indicadores socioeconômicos; o Grupo 4 é formado por municípios grandes, com atividade econômica alta e com indicadores socioeconômicos altos; e o Grupo 5, é formado por municípios de pequeno e médio porte, com alta atividade econômica e com indicadores socioeconômicos relevantes.

Como é possível observar, os grupos podem ser considerados homogêneos. Com isto, o modelo DEA-Malmquist pode ser aplicado sem incorrer no problema da não-homogeneidade apontado por Dyson et al. (2001).

5.2 Análise de eficiência na alocação dos recursos municipais em educação

5.2.1 Eficiência estática dos gastos municipais com educação nos anos de 2007 e 2013

Para mensurar o nível de eficiência técnica dos municípios nordestinos com gastos em educação para os anos de 2007 e 2013, foi aplicado o modelo DEA-BCC com orientação ao produto. Foram utilizadas três variáveis, um *input* e dois *outputs*. Como variável de saída (*output*), foram consideradas as notas do IDEB municipal para os anos iniciais e finais do ensino fundamental. E como entrada (*input*) o gasto municipal com educação por aluno.

Em média, os municípios nordestinos (Tabela 6) gastaram com educação no ano de 2007 cerca de R\$ 1.919,97 por aluno, em 2013 esse valor foi de R\$ 4.882,44, um crescimento de 116%. O Grupo 5 apresentou gastos com educação bem acima da média para os dois períodos, este valor pode ser justificado pelo fato de os municípios que compõem este grupo possuírem uma alta atividade econômica. E a Constituição Federal de 1988 obriga os municípios a investirem no mínimo 25% da receita resultante de impostos em educação. Assim, esses municípios dispõem de mais recursos para investirem em educação.

Ainda discorrendo sobre os gastos com educação, observa-se que no Grupo 4, mesmo sendo constituído por cidades com alta atividade econômica, os valores gastos

com educação por aluno são inferiores à média nos dois períodos, R\$ 1.836,88 em 2007 e R\$ 3.389,93 em 2013.

Tabela 6 Variáveis utilizadas no modelo DEA-BCC e Malmquist-DEA, resultado do IDEB para os anos iniciais e finais e gasto municipal em educação por aluno

Grupos	Média					
	Anos Iniciais		Anos Finais		Gasto por aluno (R\$)	
	2007	2013	2007	2013	2007	2013
Grupo 1	3,21	4,25	2,91	3,44	1938,74	4555,96
Grupo 2	3,42	4,35	2,99	3,54	1776,43	3916,86
Grupo 3	3,03	3,83	2,75	3,17	1638,83	4033,35
Grupo 4	3,80	4,39	3,03	3,56	1836,88	3389,93
Grupo 5	3,20	3,98	2,80	3,11	2408,94	4882,44
Nordeste	3,33	4,16	2,90	3,36	1919,97	4155,71

Fonte: Elaboração do próprio autor, com base em informações do INEP (2007; 2013) e FINBRA (2007; 2013).

Percebe-se que as notas do IDEB melhoraram significativamente do ano de 2007 para 2013. A média do IDEB dos municípios nordestinos no ano de 2007 para os anos iniciais foi de 3,33, passando para 4,16 em 2013, aproximadamente um crescimento de 25%. Nos anos finais, o IDEB de 2007 foi de 2,9 e em 2013, 3,36, um crescimento de 15,86%. O Grupo 4 apresentou resultados acima da média nordestina nos dois períodos, em que, no ano de 2007 para os anos iniciais foi de 3,8, e para os anos finais de 3,03. Em 2013, respectivamente, essa nota foi 4,39 e 3,56.

Como pode-se observar, o resultado do IDEB municipal entre o período de 2007 e 2013 melhorou significativamente. No entanto, o nível de eficiência técnica dos municípios com gastos em educação, apresentou-se muito baixo. Analisando o resultado do DEA-BCC (Tabela 7) em conjunto⁹ percebe-se um alto nível de ineficiência para os dois períodos.

No ano de 2007 cerca de 98,19% dos municípios nordestinos foram considerados ineficientes, já em 2013 foram 97,83%. Ainda pode-se destacar que aproximadamente 80% dos municípios (nos dois períodos) apresentaram níveis de eficiência abaixo de 0.8. Em 2007, apenas 1,81% dos municípios foram considerados eficientes, em 2013 esse número foi de 2,17%.

Estes altos níveis de ineficiência dos municípios nordestinos com gastos em educação, estão relacionados a má gestão dos recursos públicos. Pois, como destaca Gasparini e Miranda (2011), os municípios nordestinos possuem um nível de eficiência nos gastos públicos médio de 50%. Esse baixo nível de eficiência gerou um desperdício de recursos públicos de aproximadamente 3,7 bilhões de reais, no ano de 2000.

Analisando por grupos percebe-se um padrão semelhante entre os Grupos 1, 2 e 3 e o Nordeste. Mais de 95% dos municípios foram ineficientes para os dois períodos. O Grupo 1 apresentou os piores resultados, mais de 80% possuem níveis de eficiência inferiores 0.8 nos dois períodos. Em 2007 menos de 1% dos municípios foram considerados eficiente e em 2013 foram 1,19%. Apesar de tentador, não se pode afirmar que há uma melhora nos indicadores de eficiência do Grupo 1, porque conforme destaca

⁹ Para efeito de comparação, estimou-se o modelo DEA-BCC com todos os municípios nordestinos e para grupo formado estimou-se outro DEA-BCC.

Santos et al. (2015), não é correto considerar que houve uma melhora no período de 2013 em relação a 2007, pois estão operando em fronteiras distintas.

Tabela 7 Distribuição da eficiência técnica com orientação ao output dos municípios nordestinos, para os anos de 2007 e 2013

Grupos	Período	Estratos de Eficiência (%)				
		0 -----0,6	0,6 -----0,8	0,8----- 0,9	0,9 -----1	1
NE	2007	14,76	64,95	14,31	4,17	1,81
	2013	23,64	56,61	12,59	4,98	2,17
Grupo 1	2007	15,11	68,59	12,72	2,58	0,99
	2013	31,61	50,30	12,33	4,57	1,19
Grupo 2	2007	1,49	60,45	27,61	7,46	2,99
	2013	23,13	53,73	12,69	5,97	4,48
Grupo 3	2007	19,63	64,20	11,32	3,46	1,39
	2013	16,17	65,82	11,78	4,85	1,39
Grupo 4	2007	-	14,29	14,29	42,86	28,57
	2013	-	-	42,86	28,57	28,57
Grupo 5	2007	-	44,44	25,93	18,52	11,11
	2013	3,70	55,56	22,22	3,70	14,81

Fonte: Elaboração do próprio autor, com base nos resultados da pesquisa.

O Grupo 4 foi o que apresentou os melhores resultados nos dois períodos, em que 28,57% foram considerados eficientes. As cidades de Recife-PE e Salvador-BA alcançaram os melhores resultados neste grupo, operando em plena eficiência nos dois períodos. Em 2007 a cidade de Natal-RN apresentou o pior nível de eficiência no grupo, sendo de 77,7%. Para Natal tornar-se eficiente, seria necessário que ela aumentasse a nota do IDEB em 29,88%, mantendo inalterados os gastos com educação por aluno. Já em 2013 a cidade de Teresina-PI apresentou o pior resultado, operando em apenas 86% da sua capacidade. Para se tornar eficiente, é necessário que aumente a nota do IDEB em 16,27% mantendo o *input* constante.

Em 2007 cerca de 11% dos municípios que compõem o Grupo 5, eram considerados eficientes, em 2013 foram 14,81%. As cidades baianas de Conceição do Jacuípe e Camaçari, obtiveram eficiência plena nos dois períodos, ao mesmo tempo em que mais de 70% dos município operaram em escala de eficiência menor que 70%. No ano de 2007, a cidade Porto do Mangue-RN apresentou o pior desempenho com nível de eficiência (64%) e em 2013 foi Itagibá-BA (59%). Para esses municípios alcançarem a fronteira de eficiência será necessário aumentar a nota do IDEB, respectivamente, em 56% e 69% mantendo constante os gastos com educação.

Para tentar explicar a variação nos níveis de eficiência nos gastos municipais com educação entre os grupos, pode-se destacar o trabalho de Rocha et al. (2015), que analisou a eficiência dos municípios brasileiros com gastos em educação, agrupando os municípios de acordo com o tamanho da população. Chegando à conclusão de que os municípios pequenos (até 50 mil habitantes) operam com o nível médio de eficiência nos gastos municipais com educação de 50,3% e os municípios grandes (mais de 500 mil habitantes) operam com 81,2%.

Percebe-se um padrão entre os resultados encontrados neste trabalho e os de Rocha et al. (2015). Os Grupos 1, 2 e 3 são constituídos por cidades pequenas e apresentaram os piores resultados. Uma justificativa para tal fato é que os menores municípios possuem custos per capita bem superiores as grandes cidades. Como pode-

se observar na Tabela 6, os gastos per capita por educação para os Grupos 1, 2 e 3 são superiores as do G 4. Estes resultados reforçam a necessidade de se fazer uma análise de clusters.

Os municípios nordestinos apresentaram baixos níveis de eficiência nos gastos com educação. Quando analisado de forma desagregada todos os grupos apresentam resultados insatisfatórios. Percebe-se ainda que há uma elevação na quantidade de municípios que operam na fronteira de eficiência, na relação de 2013 a 2007. Não podemos afirmar que houve uma melhora nos níveis de eficiência, esta informação será analisada na próxima seção com os resultados do modelo Malmquist-DEA.

5.2.2 Análise intertemporal da eficiência técnica dos municípios nordestinos com gastos em educação, entre 2007 e 2013

Nesta seção serão apresentados os resultados do modelo Malmquist-DEA. O índice de Malmquist analisa a produtividade de um determinado município no tempo, informando se no período avaliado o município ganhou, perdeu ou manteve o nível de produtividade. O índice de Malmquist pode ser decomposto em dois índices: o efeito emparelhamento (*catch-up effect*) que mensura comportamento da eficiência técnica no tempo, indicando se a eficiência nos gastos públicos municipais com educação melhorou, piorou ou manteve-se constante; e o efeito do deslocamento da fronteira eficiente (*frontier-shift effect*), que permite avaliar se no período houve um progresso ou retrocesso tecnológico.

A Tabela 8 apresenta a distribuição dos municípios conforme os resultados do índice de Malmquist e suas decomposições. Considerando todos os municípios do Nordeste, observa-se que 93,7% dos municípios aumentaram a produtividade com gastos em educação, entre 2007 e 2013. Pode-se considerar que, a melhora na produtividade foi devido ao aumento da eficiência dos municípios, 99% ganharam eficiência no período. A produtividade dos municípios poderia ter apresentado resultados melhores, no entanto, houve um retrocesso tecnológico no período.

Tabela 8 Distribuição do comportamento dos municípios de acordo com resultados do índice Malmquist, efeito emparelhamento e o efeito do deslocamento da fronteira, no período entre 2007 e 2013

Grupos	Distribuição Municípios (%)						
	Produtividade		Eficiência Técnica			Mudança de Tecnologia	
	Ganhou	Perdeu	Ganhou	Manteve	Perdeu	Incorporou	Retrocedeu
Nordeste	93,7	6,3	99,0	0,01	0,99	-	100,00
Grupo 1	97,6	2,4	99,9	-	0,01	-	100,00
Grupo 2	94,8	5,2	63,29	16,46	20,25	100,00	-
Grupo 3	97,5	2,5	43,88	-	56,12	100,00	-
Grupo 4	100,0	-	42,86	28,57	28,57	100,00	-
Grupo 5	92,6	7,4	66,67	7,41	25,93	100,00	-

Fonte: Elaboração do próprio autor, com base nos resultados da pesquisa.

Analisando de forma desagregada, todos os grupos aumentaram consideravelmente a produtividade nos gastos públicos com educação, entre 2007-2013. No Grupo 1, 97,6% dos municípios obtiveram ganhos na produtividade. Esse aumento deu-se devido ao fato de que 99% dos municípios melhoram a eficiência nos gastos com educação. Observa-se que houve um retrocesso tecnológico nos municípios, ou seja, os municípios não conseguiram incorporar novas tecnologia que melhorassem os gastos públicos com educação.

Mais de 90% dos municípios que compõem os Grupos 2, 3, 4 e 5 conseguiram aumentar a produtividade nos gastos com educação, entre 2007 e 2013. A melhora na produtividade deu-se principalmente pelos ganhos tecnológicos obtidos por todos os municípios que formam esses grupos. Uma vez que, menos de 67% destes municípios conseguiram melhorar a eficiência no período.

Na Tabela 9, são apresentados os resultados do índice Malmquist, o efeito emparelhamento e o efeito do deslocamento da fronteira. Analisando os municípios do Nordeste de forma agregada, tem-se que, em média, eles aumentaram a eficiência com gastos com educação em 244% no período. No entanto, a produtividade aumentou em média apenas 31%, devido ao retrocesso tecnológico, em média de 62%, no período.

Tabela 9 Resultado do índice Malmquist, efeito emparelhamento e o efeito do deslocamento da fronteira, no período entre 2007 e 2013

Grupos	Média		
	Índice de mudança de produtividade	Índice de mudança de eficiência	Mudança de Tecnologia
Nordeste	1,31	3,44	0,38
Grupo 1	1,39	2,80	0,50
Grupo 2	1,83	0,78	2,35
Grupo 3	2,01	1,64	1,22
Grupo 4	1,59	1,09	1,45
Grupo 5	1,68	1,07	1,56

Fonte: Elaboração do próprio autor, com base nos resultados da pesquisa.

Os municípios que compõem o Grupo 1, aumentaram em média a eficiência nos gastos com educação em 180%. A produtividade cresceu apenas 39%, devido a um retrocesso tecnológico de 50%. O Grupo 3 apresentou (em média) o melhor ganho na produtividade (101%), esse fato deu-se devido a melhora na eficiência (64%) dos municípios e do progresso tecnológico (22%) apresentado no período.

Os municípios do Grupo 4, obtiveram o melhor progresso tecnológico no período (135%). Indicando que os gestores municipais conseguiram introduzir novos processos tecnológicos que permitiram a otimização na aplicação dos recursos públicos em educação.

A produtividade dos gastos municipais com educação na média melhorou consideravelmente no período avaliado, 2007/2013. Uma justificativa para essa melhora é apresentada por Rosano-Peña et al. (2012), destacando que o ganho da produtividade nos gastos com educação pode estar relacionado a disponibilização dos resultados das avaliações externas (IDEB, Prova Brasil) municipais, pressionando os gestores municipais a incorporarem novas tecnologias com o intuito de atingirem os melhores resultados.

Como pode-se observar, os municípios melhoraram significativamente a eficiência nos gastos públicos com educação no período, 2007-2013. No entanto, os municípios mantêm baixos níveis de eficiência. Para exemplificar, o município de São José do Brejo da Cruz –PB (Grupo 1) melhorou em 160% a eficiência nos gastos públicos com educação no período. Porém, no ano de 2013 ele operava com o nível de eficiência de 55%. Esta situação reflete na grande maioria dos municípios analisados, requerendo dos gestores públicos municipais mais compromisso na aplicação dos recursos públicos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atender à crescente demanda social por bens e serviços diante de um orçamento limitado, tem sido um grande desafio enfrentado por vários países no mundo. Com o Brasil não é diferente, a crise econômica vivida nos últimos três anos tem exposto as dificuldades dos governos em prover os serviços básicos à população.

Nos últimos 15 anos os gastos públicos brasileiros aumentaram consideravelmente. Neste período observa-se um crescimento real nos gastos com educação, indicando que os governos tiveram mais atenção com a educação. Porém, os indicadores de qualidade de ensino tem apresentado resultados tímidos. Esta situação remete a necessidade de mensuração e análise do nível de eficiência nos gastos públicos em educação.

A educação básica é considerada uma das principais variáveis responsáveis pelo desenvolvimento de um país. No Brasil, os municípios são responsáveis em prover a educação básica, mediante a repasses da União e dos Estados. Com isto, é de extrema importância que seja avaliado como os recursos destinados à educação básica estão sendo aplicados.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência estática e dinâmica dos gastos públicos em educação dos municípios nordestinos, para os anos de 2007 e 2013. E como ele se comportaram neste período. Vale ressaltar, que a escolha dos municípios nordestinos deu-se principalmente pelos baixos resultados apresentados no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB).

Analisando os municípios nordestinos de forma agregada e desagregada (por grupos) observa-se que todos apresentaram baixos níveis de eficiência. Os Grupos 1, 2 e 3 obtiveram os piores resultados, mais de 90% dos municípios que compõem esses grupos foram considerados ineficientes. Esses grupos são constituídos por municípios pequenos e com baixos indicadores socioeconômicos. Por outro lado, o Grupo 4 apresentou os melhores resultados, este grupo é constituído por cidades grandes e com indicadores socioeconômicos altos.

Pode se supor que, o fato dos municípios possuírem determinadas características influenciam na eficiência municipal em aplicar os recursos públicos. Os maiores municípios conseguiram introduzir novas tecnologias (processos ou métodos) muito mais que os pequenos municípios. Estas novas tecnologias ajudam os municípios otimizarem os resultados. Neste caso, a tecnologia deve ser entendida como toda ação praticada pelos gestores municipais que melhoram (ou mantêm) os indicadores educacionais mantendo (ou reduzindo) os insumos utilizados no processo.

A produtividade e a eficiência dos municípios nordestinos com gastos em educação melhoraram no período, 2007-2013. Contudo, pode se observar um retrocesso tecnológico nos municípios na aplicação dos recursos públicos em educação. Indicando, que os municípios estão utilizando muito mais recursos (comparado a 2007) e atingindo relativamente menores resultado.

A grande maioria dos municípios nordestinos conseguiram aumentar consideravelmente a eficiência técnica no período. No entanto, quando comparadas o ganho na eficiência e o nível de eficiência que os municípios estão operando percebe se que a situação da maioria dos municípios não é boa. O ganho de eficiência técnica obtida no período, ainda não permite que os municípios se posicionem sobre a fronteira de eficiência. Porém, os municípios estão indicando um sentido de aproximação da fronteira de eficiência.

Conclui-se que, o trabalho atingiu os seus objetivos em mensurar o nível de eficiência técnica nos gastos municipais com educação, entre 2007 e 2013. Sugere-se para futuras pesquisas que sejam respondidas as seguintes indagações: quais são os

fatores que influenciam na melhora ou piora da eficiência dos gastos municipais com educação.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, Antonio; SCHUKNECHT, Ludger; TANZI, Vito. Income distribution determinants and public spending efficiency. **The Journal of Economic Inequality**, v. 8, n. 3, p. 367-389, 2010.
- AFONSO, Antonio; SCHUKNECHT, Ludger; TANZI, Vito. Public sector efficiency: an international comparison. **Public choice**, v. 123, n. 3-4, p. 321-347, 2005.
- AFONSO, António; ST AUBYN, Miguel. Non-parametric approaches to education and health expenditure efficiency in OECD countries. **ISEG-UTL Economics Working Paper**, n. 1, 2004.
- AGASISTI, Tommaso. The efficiency of public spending on education: An empirical comparison of EU countries. **European Journal of Education**, v. 49, n. 4, p. 543-557, 2014.
- ALMEIDA, A. T. C.; GASPARINI, C. E. Gastos públicos municipais e educação fundamental na Paraíba: uma avaliação usando DEA. **Revista Econômica do Nordeste**. Fortaleza, CE, V. 42, n. 3, p. 621-639, 2011.
- ARAÚJO-JÚNIOR, J. N.; JUSTO, W. R.; ROCHA, R. M.; GOMES, S. M. F. P. O. Eficiência técnica das escolas públicas dos estados do nordeste: uma abordagem em dois estágios. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 47, p.61-73, 2016.
- ARISTOVNIK, A. The relative efficiency of education and R&D expenditures in the new EU Member State. **Journal of Business Economics and Management**, v. 13 (5), p. 832-848, 2012.
- BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p.1078-1092, 1984.
- BENÍCIO, A. P. RODOPOULOS, F. M. A.; BARDELLA, F. P. "Um retrato do gasto público no Brasil: por que se buscar a eficiência". In: BOUERI, R.; ROCHA, F.; RODOPOULOS, Fabiana. (org). **Avaliação da qualidade do gasto público e mensuração da eficiência**. Brasília: Tesouro Nacional, 2015.
- CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; & DIEWERT, W. E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. **Econometrica**, 50(6), p. 1393-1414, 1982.
- CHARNES, A., COOPER, W.W.; RHODES, E. 'Measuring the efficiency of decision-making units.', **European Journal of Operational Research** 3(4), 339-338, 1978.
- COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M.; ZHU. J. **Handbook on data envelopment analysis**, 2004, p. 1-39.
- COSTA, E. M.; RAMOS, F. S.; SOUZA, H. R.; SAMPAIO, L. M. B.; BARBOSA, R. B. Dinâmica da eficiência produtiva das instituições federais de ensino superior. 2015. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 44, p. 51-54, 2015.
- DE WITTE, Kristof; LÓPEZ-TORRES, Laura. Efficiency in education: a review of literature and a way forward. **Journal of the Operational Research Society**, 2015.
- DYSON, R. G.; ALLEN, R.; CAMANHO, A. S.; PODINOVSKI, V.V.; SARRICO, C. S.; SHALE, E. A. Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operational Research**, v. 132, p. 245-259, 2001.
- ESSID, Hédi; OUELLETTE, Pierre; VIGEANT, Stéphane, Productivity, efficiency, and technical change of Tunisian schools: a bootstrapped Malmquist approach with quasi-fixed inputs. **Omega**, v. 42(1), p. 88-97, 2014.
- FÄRE, R., GROSSKOPF, S.; NORRIS, M.; & ZHANG, Z. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. **American Economic Review**, v. 84(1), p. 66-83, 1994.

- FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; LINDGREN, B.; & ROOS, P. Productivity changes in swedish pharmacies 1980-89: a nonparametric Malmquist approach. **Journal of Productivity Analysis**, v. 3(1-2), p. 85-101, 1992.
- 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**, vol.42, n.1, pp.155-177, 2008.
- FARREL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series A, part III, p. 253-290, 1957.
- FINBRA. Finanças do Brasil, **Dados Contábeis dos Municípios 2007**. Disponível em: <http://www.tesouro.fazenda.gov.br>. Acesso em: 02/09/2017.
- FINBRA. Finanças do Brasil, **Dados Contábeis dos Municípios 2013**. Disponível em: <http://www.tesouro.fazenda.gov.br>. Acesso em: 02/09/2017.
- FIRJAN. Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.firjan.com.br>. Acesso: 15/09/2016.
- Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação (FNDE). **FUNDEB**. 2012. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/financiamento/fundeb/fundeb-apresentacao>>. Acesso em: 20 abril 2016.
- GASPARINI, Carlos Eduardo; MIRANDA, Rogério Boueri. Transferências, equidade e eficiência municipal no Brasil. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 36, p. 311-349, 2011.
- GITTO, Simone. MANCUSO, Paolo. Bootstrapping the Malmquist indexes for Italian airports. **Int. J. Production Economics**, v. 135, p. 403-411, 2012.
- GOMES, A. P.; FERREIRA, C. M. C. **Análise envoltória de dados**: teoria, modelos e aplicações. Viçosa: Editora UFV, 2009, p. 349.
- GONCALVES, Flávio de Oliveira; FRANCA, Marco Túlio Aniceto. Eficiência na provisão de educação pública municipal: uma análise em três estágios dos municípios brasileiros. **Estud. Econ.** vol.43, n.2, p.271-299, 2013.
- HALPIN, Brendan. Cluster Analysis Stopping Rules in Stata. 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14/09/2016.
- INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Resultado IDEB 2007**. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br>. Acesso em: 14/09/2016.
- INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Resultado IDEB 2013**. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br>. Acesso em: 14/09/2016.
- International Monetary Fund. **World Economic and Financial Surveys**. Washington, Apr. 2016.
- JOHNES, Jill. Efficiency and productivity change in the English higher education sector from 1996/97 to 2004/5. **The Manchester School**, v. 76, n. 6, p. 653-674, 2008.
- KEYNES, John Maynard. O fim do "laissez-faire". In: SZMRECSÁNYI, Tamás (org.) **Keynes (Economia)**. São Paulo: Ática, 1983, p. 106-126.
- LINS, M.P.E.; MEZA, L.M. **Programação Linear**. Rio de Janeiro, RJ: Editora Interciência, 2006. p. 295.
- MELLO, J. C. S.; MEZA L.A.; GOMES E. G.; NETO L.B.; **Análise Envoltória de Dados (DEA)**, XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado -RS, 27 a 30 de setembro de 2005.

MENDES, M. J. A Despesa Federal em Educação: 2004-2014. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (**Boletim Legislativo nº 26, de 2015**). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 03 de abril de 2016.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: EDUFMG, 2005, p. 207.

MUFTI, G. Bel; BERTRAND, P.; MOUBARKI, E. L. Determining the number of groups from measures of cluster stability. In: **Proceedings of international symposium on applied stochastic models and data analysis**. 2005. p. 17-20.

MUSGRAVE, R. A. **The Theory of public finance**. New York: MacGraw-Hill, 1959.

OECD. Organization for Economic Cooperation and Development, **Mathematics performance (PISA) (indicator)**. 2016d. doi: 10.1787/04711c74-en. Acesso em 14 maio 2016.

OECD. Organization for Economic Cooperation and Development, **Public spending on education (indicator)**. 2016a. doi: 10.1787/f99b45d0-en. Acesso em 14 maio 2016.

OECD. Organization for Economic Cooperation and Development, **Public spending on education (indicator)**. 2016b. doi: 10.1787/f99b45d0-en. Acesso em 14 maio 2016.

OECD. Organization for Economic Cooperation and Development, **Reading performance (PISA) (indicator)**. 2016c. doi: 10.1787/79913c69-en. Acesso em 14 maio 2016.

OECD. Organization for Economic Cooperation and Development, **Science performance (PISA) (indicator)**. 2016e. doi: 10.1787/91952204-en. Acesso em 14 maio 2016.

PANG, Gaobo; HERRERA, Santiago. Efficiency of public spending in developing countries: an efficiency frontier approach. **World Bank Policy Research Working Paper**, n. 3645, 2005.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, **Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil, 2010**. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/atlas/>. Acesso em: 15/09/2016.

PRASETYO, Ahmad Danu; ZUHDI, Ubaidillah. The Government Expenditure Efficiency towards the Human Development. **Procedia Economics and Finance**, v. 5, p. 615-622, 2013.

READ, Colin. **The Public Financiers**: Ricardo, George, Clark, Ramsey, Mirrlees, Vickrey, Wicksell, Musgrave, Buchanan, Tiebout, and Stiglitz. Springer, 2015, 244 p.

RIBEIRO, M. B. Desempenho e Eficiência do Gasto Público: uma análise comparativa do Brasil em relação a um conjunto de países da América Latina. **Texto para discussão nº 1368**. Rio de Janeiro: IPEA, p.7-34, 2008.

ROCHA, F.; DUARTE, J.; GADELHA, S. R. B.; NEVES, J. A. S.; OLIVEIRA, P. P. PEREIRA, L. V. N. "Eficiência na provisão de educação e saúde: resenha e aplicações para os municípios brasileiros". In: BOUERI, R.; ROCHA, F.; RODOPOULOS, Fabiana. (org). **Avaliação da qualidade do gasto público e mensuração da eficiência**. Brasília: Tesouro Nacional, 2015.

ROSANO-PENA, Carlos; ALBUQUERQUE, Pedro Henrique Melo; DAHER, Cecílio Elias. Dinâmica da produtividade e eficiência dos gastos na educação dos municípios goianos. **Rev. adm. contemp.** [online]. v.16, n.6, p.845-865 2012.

SANTOS, A. C.; GOMES, P. G.; ERVILHA, G. T. Eficiência e Desigualdade em Educação no Estado de Minas Gerais: uma análise da primeira etapa do PMDI. **Planejamento e Políticas Públicas**. v. 45, p. 246-272, 2015.

STIGLITZ, Joseph E. **Economics of the Public Sector**. IE-WW Norton, 1999, 822p.

TANZI, Vito; Schuknecht, Ludger. Reconsidering the Fiscal Role of Government: The International Perspective. **The American Economic Review**, v. 87(2), p. 164-168, 1997.

THANASSOULIS, Emmanuel et al. Costs and efficiency of higher education institutions in England: a DEA analysis?. **Journal of the Operational Research Society**, v. 62, n. 7, p. 1282-1297, 2011.

UNESCO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Declaração Mundial sobre Educação para Todos**. 1998. Disponível em: < <http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000862/086291por.pdf>>. Acesso em: 01 de novembro de 2015.

ZHU, Joe. **Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets** Massachusetts: Springer, 2014, 420 p.