



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
NÚCLEO DE GESTÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

ADEILDO CASÉ SOARES

**ANÁLISE INTERTEMPORAL DA EFICIÊNCIA NAS ESCOLAS ESTADUAIS DE  
ENSINO DE PERNAMBUCO: UM ESTUDO À LUZ DO DEA**

Caruaru

2025

ADEILDO CASÉ SOARES

**ANÁLISE INTERTEMPORAL DA EFICIÊNCIA NAS ESCOLAS ESTADUAIS DE  
ENSINO DE PERNAMBUCO: UM ESTUDO À LUZ DO DEA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Administração, do Campus do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, na modalidade monografia, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Administração.

**Área de concentração:** Pesquisa Operacional

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dra. Alane Alves Silva

Caruaru

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Soares, Adeildo Casé.

Análise Intertemporal da Eficiência nas Escolas Estaduais de Ensino de Pernambuco: um estudo à luz do DEA / Adeildo Casé Soares. - Caruaru, 2025.  
88 p. : il., tab.

Orientador(a): Alane Alves Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Administração, 2025.  
Inclui referências.

1. Eficiência Técnica. 2. Educação. 3. DEA. 4. Índice de Malmquist. 5. Pernambuco. I. Silva, Alane Alves. (Orientação). II. Título.

350 CDD (22.ed.)

ADEILDO CASÉ SOARES

**ANÁLISE INTERTEMPORAL DA EFICIÊNCIA NAS ESCOLAS ESTADUAIS DE  
ENSINO DE PERNAMBUCO: UM ESTUDO À LUZ DO DEA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Administração, do Campus do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, na modalidade monografia, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Administração.

Aprovado em: 05/12/2025.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Alane Alves Silva (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciana Cramer (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Auxiliadora do Nascimento Melo (Examinadora Interna)  
Universidade Federal de Pernambuco

À criança que um dia sonhou em brincar de cientista.

## **AGRADECIMENTOS**

Há tanto o que agradecer. E pensar que sempre me questioneei se um dia chegaria até este ponto; nunca foi uma dúvida quanto à minha capacidade, mas sim a distância cósmica que me aparentava estar deste momento.

Agradeço, a princípio, à minha família, que esteve sempre presente, me apoiando – cada um à sua forma – para que um dia eu chegasse até este momento, e sei que estão comigo onde quer que o destino me leve.

Agradeço à professora orientadora Dra. Alane Alves por toda a paciência que teve comigo e por tudo que me ensinou durante a trajetória acadêmica. Desde as aulas de Pesquisa Operacional, PIBIC, CONIC, JCA e, por fim, na orientação deste TCC. Deixo aqui meus singelos e insuficientes agradecimentos por tudo.

Agradeço também a todos os meus amigos e colegas, tanto àqueles que conheço desde antes da graduação como àqueles que só conheci devido ao CAA. Levarei todos vocês comigo para onde quer que eu vá.

Concluindo, agradeço também ao Centro Acadêmico do Agreste, à Universidade Federal de Pernambuco, ao Curso de Administração e a todos os docentes que contribuíram com cada tijolo da minha formação.

Com amor;

### **Para além da curva da estrada**

Para além da curva da estrada  
Talvez haja um poço, e talvez um castelo,  
E talvez apenas a continuação da estrada.  
Não sei nem pergunto.  
Enquanto vou na estrada antes da curva  
Só olho para a estrada antes da curva,  
Porque não posso ver senão a estrada antes da curva.  
De nada me serviria estar olhando para outro lado  
E para aquilo que não vejo.  
Importemo-nos apenas com o lugar onde estamos.  
Há beleza bastante em estar aqui e não noutra parte qualquer.  
Se há alguém para além da curva da estrada,  
Esses que se preocupem com o que há para além da curva da estrada.  
Essa é que é a estrada para eles.  
Se nós tivermos que chegar lá, quando lá chegarmos saberemos.  
Por ora só sabemos que lá não estamos.  
Aqui há só a estrada antes da curva, e antes da curva  
Há a estrada sem curva nenhuma.

Alberto Caeiro  
(Fernando Pessoa, 1946).

## RESUMO

O investimento público educacional é um dos meios mais eficazes de desenvolver social e economicamente uma nação, sendo capaz de gerar aumento de saúde e produtividade. O presente estudo analisa a eficiência técnica das escolas públicas da rede estadual de Pernambuco para o nível médio de ensino no período de 2017 a 2019, considerando o bom desempenho do estado no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), no qual foi o quinto melhor do Brasil e o melhor do Nordeste em 2019. Para mensuração da eficiência dos investimentos públicos em educação, utilizou-se a metodologia da Análise Envoltória de Dados (DEA) orientada ao output e o Índice de Produtividade de Malmquist (DEA-BCC-Malmquist) para análise da dinâmica da produtividade no período em estudo. Foram formados quatro grupos homogêneos de municípios, sendo que três seguiram para as análises. As variáveis de entrada e saída foram, respectivamente, o investimento médio por aluno (FUNDEB por número de matrículas) e as notas obtidas no IDEB. Os resultados indicaram que, no grupo um, apenas dois municípios foram eficientes: Nazaré da Mata e Quixaba (2017), e Riacho das Almas e Orobó (2019). No grupo dois, Camaragibe, Limoeiro e Timbaúba foram eficientes em 2017; Camaragibe e Timbaúba em 2019. No grupo três, Paulista foi eficiente em ambos os anos, com Petrolina se juntando em 2019. O DEA-Malmquist, no período, indicou, majoritariamente, estabilidade na produtividade e dinâmica tecnológica nos três grupos analisados. A metodologia utilizada mostrou-se eficaz para avaliar os indicadores educacionais municipais.

**Palavras-chave:** Eficiência Técnica; Educação; DEA; Índice de Malmquist; Pernambuco.



## ABSTRACT

Public investment in education is one of the most effective means of developing a nation socially and economically, capable of generating increases in health and productivity. This study analyzes the technical efficiency of public schools in the state network of Pernambuco for secondary education in the period from 2017 to 2019, considering the state's good performance in the Basic Education Development Index (IDEB), in which it ranked fifth best in Brazil and the best in the Northeast in 2019. To measure the efficiency of public investments in education, the Data Envelopment Analysis (DEA) methodology oriented to output and the Malmquist Productivity Index (DEA-BCC-Malmquist) were used to analyze the dynamics of productivity in the studied period. Four homogeneous groups of municipalities were formed, with three proceeding to the analyses. The input and output variables were, respectively, the average investment per student (FUNDEB per number of enrollments) and the scores obtained in IDEB. The results indicated that, in group one, only two municipalities were efficient: Nazaré da Mata and Quixaba (2017), and Riacho das Almas and Orobó (2019). In group two, Camaragibe, Limoeiro, and Timbaúba were efficient in 2017; Camaragibe and Timbaúba in 2019. In group three, Paulista was efficient in both years, with Petrolina joining in 2019. The DEA-Malmquist, in the period, indicated, predominantly, stability in productivity and technological dynamics in the three analyzed groups. The methodology used proved to be effective for evaluating municipal educational indicators.

**Keywords:** Technical Efficiency; Education; DEA; Malmquist Index; Pernambuco.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da Educação Básica Brasileira.....	24
Figura 2 – Competências dos Entes Federados.....	25
Figura 3 – Proficiência do Ensino Médio em Português (2017-2023).....	32
Figura 4 – Proficiência do Ensino Médio em Matemática (2017-2023).....	33
Figura 5 – Desempenho no IDEB, entre 2005 e 2023, do Ensino Médio.....	35
Figura 6 – Carga Horária do Ensino Integral Pernambucano.....	36
Figura 7 – Escolas da Rede Estadual por Tipo de Ensino, de 2020 a 2023.....	37
Figura 8 – Índice de Eficiência Técnica do Grupo 1 em 2017 e 2019.....	65
Figura 9 – Índice de Eficiência Técnica do Grupo 2 em 2017 e 2019.....	69

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Modelo DEA de Retornos Variáveis de Escala (BCC).....	41
Quadro 2 – Grupo de DMUs e suas Médias.....	54
Quadro 3 – Grupos Municipais e suas Respectivas DMUs.....	56
Quadro 4 – Municípios Excluídos da Análise .....	57
Quadro 5 – Média dos <i>Inputs</i> e <i>Outputs</i> .....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados dos Países no PISA e o Percentual do PIB à Educação ....	28
Tabela 2 – Desempenho Brasileiro no PISA .....	29
Tabela 3 – Distribuição dos Respondentes em cada Nível .....	30
Tabela 4 – Evolução do Alfabetismo Funcional no Brasil.....	31
Tabela 5 – Metas do Brasil para o IDEB .....	34
Tabela 6 – Metas e Médias do IDEB do Ensino Médio (2017 a 2023) .....	34
Tabela 7 – Eficiência Técnica dos Municípios do Grupo 1 em 2017 .....	62
Tabela 8 – Eficiência Técnica dos Municípios do Grupo 1 em 2019 .....	63
Tabela 9 – Dados Gerais sobre a Eficiência Técnica do Grupo 1 .....	65
Tabela 10 – Eficiência Técnica dos Municípios do Grupo 2 em 2017 .....	66
Tabela 11 – Eficiência Técnica dos Municípios do Grupo 2 em 2019 .....	67
Tabela 12 – Dados Gerais sobre a Eficiência Técnica do Grupo 2 .....	68
Tabela 13 – Eficiência Técnica dos Municípios do Grupo 3 em 2017 .....	70
Tabela 14 – Eficiência Técnica dos Municípios do Grupo 3 em 2019 .....	71
Tabela 15 – Dados Gerais sobre a Eficiência Técnica do Grupo 3 .....	72
Tabela 16 – Distribuição e Análise Descritiva dos Resultados do Grupo 1 .....	74
Tabela 17 – Distribuição e Análise Descritiva dos Resultados do Grupo 2 .....	75
Tabela 18 – Distribuição e Análise Descritiva dos Resultados do Grupo 3 .....	75

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BCC	Banker, Charnes e Cooper
CCR	<i>Constant Return to Scale</i>
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DMU	<i>Decision-Making Unit</i>
EREM	Escola de Referências no Ensino Médio
EUA	Estados Unidos Da América
FUNDEB	Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais de Educação
FUNDEF	Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério
GRE	Gerência Regional de Educação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBLC	Instituto Brasileiro de Letramento Científico
IBOPE	Iniciativa da Ação Educativa e do Instituto Paulo Montenegro
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
ILC	Indicador de Letramento Científico
INAF	Índice de Analfabetismo Funcional
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IPM	Índice de Produtividade Malmquist
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
NDMU	Número de DMU
OCDE	Organização Para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PE	Pernambuco
PIB	Produto Interno Bruto
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
PNE	Plano Nacional de Educação
PTF	Produtividade Total dos Fatores de Produção
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
SEE	Secretaria de Educação e Esportes
SPAECE	Sistema Permanente de Avaliação as Educação Básica

UE União Europeia

UNESCO *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*

VRS *Variable Returns to Scale*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1	OBJETIVOS.....	19
1.1.1	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>19</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>19</b>
1.2	JUSTIFICATIVAS .....	20
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	21
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
2.1	EDUCAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO .....	22
2.2	ESTRUTURA INSTITUCIONAL DA EDUCAÇÃO BÁSICA BRASILEIRA .....	23
2.2.1	<b>Competências Federativas .....</b>	<b>25</b>
2.2.2	<b>Financiamento da Educação Básica Brasileira.....</b>	<b>26</b>
2.2.3	<b>Mecanismos de Avaliação Educacional Brasileira .....</b>	<b>27</b>
2.2.4	<b>Ensino Médio Pernambucano.....</b>	<b>35</b>
2.3	EFICIÊNCIA E A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS NA EDUCAÇÃO .....	37
2.3.1	<b>Fundamentos Conceituais sa DEA.....</b>	<b>39</b>
2.3.2	<b>Índice De Malmquist e a Análise Temporal Da Produtividade .....</b>	<b>43</b>
2.3.3	<b>Aplicações Da Dea Em Estudos Sobre A Educação.....</b>	<b>45</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>50</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	50
3.2	COLETA E FONTES DE DADOS .....	51
3.2.1	<b>Período e Universo da Pesquisa .....</b>	<b>52</b>
3.3	ANÁLISE DE CLUSTER.....	53
3.4	VARIÁVEIS DA PESQUISA.....	57
3.5	ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA-BCC-MALMQUIST) .....	58
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>61</b>
4.1	ANÁLISE DESCRITIVA DOS RESULTADOS DO DEA-BCC.....	61
4.1.1	<b>Análise da Eficiência Técnica do Grupo 1.....</b>	<b>61</b>
4.1.2	<b>Análise da Eficiência Técnica do Grupo 2.....</b>	<b>66</b>
4.1.3	<b>Análise da Eficiência Técnica do Grupo 3.....</b>	<b>69</b>
4.1.4	<b>Discussão e Sugestões da Análise Envoltória de Dados .....</b>	<b>72</b>
4.2	ANÁLISE DESCRITIVA DOS RESULTADOS DO DIA-MALMQUIST .....	73

4.2.1	Análise da Dinâmica de Produtividade do Grupo 1 .....	73
4.2.2	Análise da Dinâmica de Produtividade do Grupo 2 .....	74
4.2.3	Análise da Dinâmica de Produtividade do Grupo 3 .....	75
4.2.4	Discussão e Sugestões dos Resultados do Índice de Malmquist.....	76
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	78
	REFERÊNCIAS .....	81



## 1 INTRODUÇÃO

Uma educação equitativa e de qualidade é essencial para tornar a sociedade mais equânime, além de impulsionar o desenvolvimento social e econômico de uma nação. A educação funciona como potencializadora de benefícios sociais para uma população: indivíduos mais educados desenvolvem melhor suas capacidades cognitivas e intelectuais, influenciando não apenas sua formação social cidadã, mas também a qualidade de vida de todos ao seu redor (Barros; Amaral, 2022).

Estudos voltados à Teoria do Capital Humano, capitaneados por Theodore Schultz (1961), desenvolvido por Gary Becker (1964) e seguido, posteriormente, por Jacob Mincer (1974), abordaram a educação como um fator produtivo, sugerindo que a educação e os investimentos nela realizados estão correlacionados com maior desenvolvimento econômico e social de um país, culminando no aumento da produtividade. Investimentos que visem ganhos em produtividade e desenvolvimento econômico devem, portanto, considerar a educação como fonte de saúde, produtividade e desenvolvimento socioeconômico para uma população (Goldemberg, 1993).

Corroborando essa perspectiva, a metanálise conduzida por Rietveld *et al.* (2013), com amostras de 101.069 e 95.427 indivíduos, buscou identificar variações genômicas que explicassem o grau de escolaridade dos participantes. Os autores utilizaram medidas de anos de escolaridade e conclusão do ensino superior, chegando à conclusão de que a escolaridade é mais bem explicada por fatores não genéticos, tais como ambiente familiar, qualidade da educação recebida, cultura e fatores socioeconômicos, além de motivação individual e outras influências psicológicas. Os resultados demonstraram que variáveis genéticas explicam apenas 0,02% da variação no nível educacional, reforçando que investir em educação é potencialmente mais eficaz para o desenvolvimento de um país do que fatores genéticos.

Considerando tais aspectos, diversos países têm concentrado esforços significativos na educação da sua população. O Brasil, por exemplo, colocou o ensino na Constituição Federal, garantindo que a educação seja direito de todos e dever do Estado e da família, devendo ser incentivada, visando o desenvolvimento da pessoa para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (Brasil, 1988, Art.

205). A Carta Magna, em conjunto com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), reforça os papéis dos estados e municípios na gestão dos recursos destinados à educação (Brasil, 1988; Brasil, 1996).

Nas últimas décadas, o Brasil vem enfrentando diversos desafios que colocam em questão o desenvolvimento educacional do país em comparação a seus pares internacionais. Mesmo com o aumento decorrente dos gastos em educação, os resultados do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), conduzido pela OCDE, apontam que os estudantes brasileiros mantêm desempenho inferior à média dos países membros da Organização em todas as áreas avaliadas: leitura, matemática e ciências (OCDE, 2024).

Esse resultado é corroborado pelos Indicadores de Analfabetismo Funcional (Instituto Paulo Montenegro; Ação Educativa, 2024) e de Letramento Científico (IBLC, 2017). O primeiro aponta que cerca de 29% da população brasileira entre 15 e 64 anos ainda é considerada analfabeta funcional, demonstrando dificuldades em compreender e utilizar informações escritas em situações cotidianas. Já o Indicador de Letramento Científico revela que quase metade dos jovens e adultos brasileiros entre 15 e 40 anos apresenta apenas letramento científico rudimentar, enquanto somente 5% atingem o nível proficiente, indicando limitações no uso crítico do conhecimento científico para a vida pessoal e profissional. Esses dados evidenciam que, embora haja expansão do acesso à escolarização, os resultados permanecem aquém do necessário para assegurar competências básicas e científicas essenciais ao desenvolvimento do país.

No contexto estadual, Pernambuco vem apresentando resultados consistentes em relação à média nacional no que se refere ao Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB). Segundo os dados de 2023, o estado atingiu a média estipulada para os anos iniciais do ensino médio no ano de 2021 e ultrapassou a meta de 2019, com média de 4,5 em ambos os períodos, além de uma rápida expansão do ensino integral e do programa de Escola de Referências no Ensino Médio (EREM). Entretanto, mesmo com esse resultado positivo nos anos iniciais, o desempenho no ensino médio aparenta estar estagnado e abaixo da média nacional, que foi de 4,7 em 2023 (INEP, 2023).

No Brasil, os recursos públicos destinados à educação são, em sua maioria, oriundos do Estado, tornando sua alocação eficaz um grande desafio para o poder

público. Urge, assim, a necessidade de um planejamento eficiente que busque promover uma aplicação eficaz dos recursos e que maximize os benefícios socioeducacionais para a população (Beghini; Tosta, 2017). Ademais, setores da sociedade civil pressionam constantemente o Estado por melhorias de eficiência e qualidade no setor educacional; todavia, os recursos públicos são limitados e, muitas vezes, reduzidos (Silva *et al.*, 2021).

Os investimentos públicos em educação são mais eficazes quando acompanhados de critérios que visem à qualidade (Bertê; Borges; Brunet, 2008). Políticas públicas dessa natureza demandam investimentos de longo prazo; desse modo, recursos adequados e continuidade dos projetos pelos governantes são fatores imprescindíveis para atingir os objetivos educacionais. A compreensão clara dos efeitos dessas políticas, em conjunto com avaliações criteriosas, é fundamental para o aprimoramento das ações voltadas à redução das desigualdades educacionais (Agasisti; Ribeiro; Montemor, 2022).

Em um contexto global e local de escassez de recursos públicos e de maior necessidade de racionalidade do seu uso, por parte dos gestores, a relevância do tema da produtividade e eficiência educacional se faz presente, buscando maximizar o benefício social (Rosano-Peña; Albuquerque; Daher, 2012; Beghini; Tosta, 2017). Urge, assim, a necessidade de estudos que auxiliem os tomadores de decisão a realizarem escolhas mais efetivas, considerando os impactos das políticas educacionais vigentes.

Na literatura, esses temas são frequentemente estudados por meio de métodos não paramétricos, com destaque para a Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA), conjuntamente com o Índice de Malmquist, que, segundo Rosano-Peña, Albuquerque e Daher (2012, p. 847):

Essas técnicas buscam estimar os níveis de eficiência relativa e a dinâmica da produtividade de unidades educacionais, considerando os múltiplos produtos e insumos escolares.

Na literatura, há estudos que avaliam a eficiência técnica na educação e que buscam mostrar o quão próximas às Unidades Tomadoras de Decisão (DMU) estão das melhores práticas. Destacam-se na literatura internacional, os estudos de Zanella *et al.* (2015), Mota e Meza (2020), Camanho *et al.* (2021), Tavares, Angulo-Meza e Sant'Anna (2021) e Camanho *et al.* (2024). Na literatura nacional, trabalhos como os

de Rosano-Peña, Albuquerque e Daher (2012), Kaveski, Martins e Scarpin (2015), Begnini e Tosta (2017), Silva *et al.* (2021), Muniz *et al.* (2022), Barbosa e Silva (2024) e Moraes, Crozatti e Machado (2025).

Como observado nos estudos supracitados, há predominância no uso da Análise Envoltória de Dados como ferramenta útil para a análise da eficiência técnica na educação, constituindo-se como um instrumento amplamente utilizado e de alta relevância na área da mensuração da Gestão Pública e da Pesquisa Operacional. Torna-se relevante, portanto, o desenvolvimento de novas pesquisas, principalmente voltadas a países em desenvolvimento e, para além, no Brasil, na região Nordeste.

De maneira geral, na literatura há poucos estudos voltados à avaliação da eficiência técnica e dinâmica dos investimentos públicos em educação de nível médio, especificamente para o estado de Pernambuco, tendo sido identificado na literatura, mensurando especificamente o ensino médio pernambucano, apenas a dissertação de Almeida (2023) e sua publicação como artigo (Almeida; Justo, 2022). Dessa forma, desperta-se o interesse em avaliar o desempenho do ensino médio da rede estadual pernambucana, com uma visão metodológica diferente da autora Almeida, retratando *clusters* divergentes. O presente trabalho tem como pergunta de pesquisa: **Qual é a eficiência técnica dos investimentos públicos em educação no ensino médio da rede estadual de Pernambuco no período de 2017 a 2019?**

## 1.1 OBJETIVOS

Visando um maior entendimento sobre a pergunta norteadora da pesquisa, nesta subseção, serão apresentados o Objetivo Geral e os Objetivos Específicos, sendo:

### 1.1.1 OBJETIVO GERAL

Mensurar a eficiência técnica das escolas da rede estadual de ensino médio do Estado de Pernambuco no período de 2017 a 2019.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os municípios pernambucanos com características populacionais, socioeconômicas e orçamentárias em educação semelhantes, por meio da Análise de *Cluster*;
- Mensurar e analisar a eficiência técnica dos gastos estaduais de Pernambuco em educação, por meio da Análise Envolvória de Dados (DEA-BCC);
- Analisar a dinâmica temporal da eficiência ao longo do período estudado, mediante o método de Malmquist;
- Sugerir estratégias de melhoria para as escolas estaduais de ensino médio com menor eficiência técnica identificada.

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

Este trabalho se justifica pela relevância político-social do tema para a sociedade e pela capacidade de orientar futuras políticas no emprego efetivo de recursos para a educação pernambucana, com base nas práticas dos melhores municípios encontrados. Analisar a eficiência técnica e o seu comportamento dinâmico na destinação dos recursos públicos é fundamental não apenas para contribuir com os estudos do tema na área, mas também para expandir e enriquecer teórica e metodologicamente o campo, fornecendo evidências úteis para que os tomadores de decisão realizarem seus trabalhos com maior segurança, efetividade e baseados em evidências, visando sempre, maximizar os benefícios sociais, tornando a tomada de decisão e gestão baseada em evidências (Bevilacqua *et al.*, 2021).

Ressalta-se que a escolha do período de análise (2017–2019) resulta da disponibilidade de dados até o período de realização da pesquisa (primeiro semestre de 2024). Os dados de 2023 ainda não haviam sido divulgados, e optou-se por desconsiderar os dados de 2021 devido ao período pandêmico e às recomendações do próprio Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). O INEP, em nota técnica, ressaltou que os resultados de 2021 foram afetados por eventos atípicos relacionados à pandemia de Covid-19 e, portanto, não apresentam plena confiabilidade para análises comparativas (INEP, 2021). Devido a essas questões, escolheu-se o biênio 2017–2019 para as análises.

Por fim, este estudo e trabalho é de importância ímpar para o pesquisador, pois além de consolidar conhecimentos adquiridos, contribuindo para o desenvolvimento

intelectual, de pesquisa e profissional, advindo de um Projeto de Iniciação Científica, realizado entre os anos de 2023 e 2024, consolida os aprendizados adquiridos como discente do curso de Administração. Portanto, espera-se que o potencial transformador da educação tenha cada vez mais reverências, em uma sociedade imediatista que pouco valoriza seu potencial transformador.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em seis seções. A primeira, Introdução, apresentou o tema e seu panorama, as lacunas na literatura, a pergunta norteadora, os objetivos e a justificativa do estudo. A segunda seção, Referencial Teórico, apresentará a base conceitual necessária para compreensão dos resultados da pesquisa. A terceira seção, Metodologia, descreve detalhadamente os procedimentos adotados, incluindo os métodos de coleta e análise de dados. Já na quarta seção, Análise e Discussão dos Resultados, apresentará os achados da pesquisa, identificando as unidades com maior eficiência técnica e analisando criticamente esses resultados frente aos objetivos propostos e à literatura existente. Por fim, as Considerações Finais responderão à pergunta de pesquisa, destacando as contribuições, limitações do estudo e sugestões para pesquisas futuras.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção busca apresentar as principais bases conceituais para a melhor compreensão da pesquisa. Para tanto, se percorrerá por ideias sobre a educação e sua importância socioeconômica, a estrutura institucional e financiamento da educação básica brasileira e os seus mecanismos de avaliação, além de discutir a eficiência no setor público educacional e desaguará na apresentação da análise da eficiência por intermédio da Análise Envoltória de Dados (DEA) e seus modelos clássicos, além do Índice de Malmquist. Espera-se, assim, proporcionar pleno entendimento dos resultados e conclusões apresentados neste trabalho.

### 2.1 EDUCAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO

Como mencionado na seção introdutória, a educação é um direito humano fundamental. Campoli, Ferraz e Rebelatto (2019), consideram-na essencial para o exercício de direitos individuais, para a participação cidadã e democrática, além de promover a inclusão social e econômica de uma nação. Investir em educação é, portanto, fundamental para o desenvolvimento adequado de um país, significando apoiar a qualificação de seus membros e proporcionar liberdade e senso crítico à população.

Dentre as teorias econômicas, destaca-se a Teoria do Capital Humano, na qual as pessoas são vistas como recursos que podem ser desenvolvidos para gerar retornos à população. Um dos precursores desta teoria foi Schultz (1961), que trouxe as primeiras formulações teóricas ao argumentar que parte do crescimento econômico e a renda dos países, entre 1919 e 1957, não podia ser explicada apenas por fatores físicos, como máquinas e terras, mas também pelo investimento em pessoas. O autor introduziu a ideia de que, quando as pessoas investem em si mesmas, um conjunto de oportunidades tende a se expandir, culminando no aumento do seu bem-estar e, por consequência, no da sociedade (Schultz, 1961; Barbosa; Silva, 2024; Barbosa, 2025).

Com o seguimento dos estudos na área, pesquisas empíricas como as de Mincer (1974), explicaram a relação positiva entre o nível educacional de um indivíduo e seus rendimentos futuros, ou seja, os rendimentos de um indivíduo podem ser

entendidos pelo aumento da produtividade advinda dos resultados educacionais. Becker (1964) demonstrou que a educação e o treinamento são formas de investimento que trazem retorno financeiro tanto para o indivíduo quanto para organizações e para a sociedade.

Dessa forma, conforme afirmam Barbosa e Silva (2024, p. 75), “políticas de educação e pesquisa são fundamentais para expandir o estoque de capital humano e impulsionar a inovação, dado o papel crucial do conhecimento no crescimento econômico”. Entretanto, não basta apenas investir ou gastar mais com a educação; uma vertente crítica emergente tem apontado para a necessidade de que o gasto educacional seja realizado de forma eficiente. A eficiência do gasto público em educação deve, portanto, ser amplamente discutida na literatura, abordando os aspectos econômicos à alocação desses recursos nos sistemas educacionais (Moraes; Crozatti; Machado, 2025).

## 2.2 ESTRUTURA INSTITUCIONAL DA EDUCAÇÃO BÁSICA BRASILEIRA

No Brasil, a avaliação da educação iniciou-se na década de 1980, culminando na promulgação da Constituição de 1988, chamada de constituição-cidadã, que estabeleceu a universalização da educação básica, tornando-a um direito a todos e sendo um dever do Estado para com a população. Cabe à União, aos estados e municípios manter o sistema educacional brasileiro em funcionamento (Kaveski; Martins; Scarpin, 2015; Araújo Júnior *et al.*, 2019).

Outro marco-legal foi a regulamentação da educação brasileira pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), que estabeleceu as diretrizes e bases norteadoras da educação nacional, atribuindo à União a missão de coordenar, normatizar, redistribuir e suplementar todos os níveis educacionais do país (Brasil, 1996). Além da Constituição e da LDB, compõem o arcabouço legal da educação brasileira o Plano Nacional de Educação (PNE), o Estatuto da Criança e do Adolescente, além de outras normas e resoluções oriundas do Conselho Nacional de Educação.

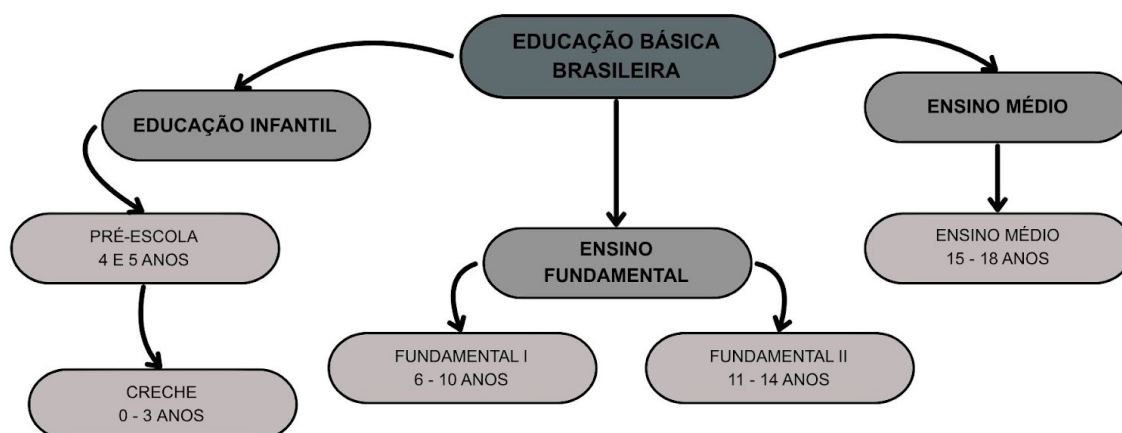
Esse arcabouço jurídico, para Sitja e Neto (2019), busca assegurar a todos os brasileiros as condições formais para o exercício do direito à educação, especialmente o direito à educação básica de qualidade, estabelecendo as responsabilidades e



competências federativas (Barbosa, 2025). A Constituição Federal e a LDB separaram a educação básica do país em níveis, conforme a Figura 1, sendo que:

- Educação Infantil: constitui a primeira etapa da educação básica brasileira, com o propósito de contribuir com o desenvolvimento físico, intelectual, social e psicológico das crianças até os cinco anos de idade. É oferecido em creches (até três anos) e pré-escolas (de quatro a cinco anos), estando sob a competência do poder público municipal;
- Ensino Fundamental: divide-se em duas etapas: Anos Iniciais (1° ao 5° ano) e Anos Finais (6° ao 9° ano). Inicia-se por volta dos seis anos e estende-se até aproximadamente os quatorze anos de idade. Nessa etapa, enfatiza-se o aprendizado e a compreensão do mundo natural e político-social, além de tecnologias, artes e valores sociais. Este nível de ensino está majoritariamente sob a gestão municipal;
- Ensino Médio: constitui a etapa final da educação básica brasileira, com duração de três anos, objetivando aprofundar os conhecimentos adquiridos anteriormente. Enfatiza-se o desenvolvimento do pensamento crítico, da autonomia intelectual e da formação étnico-cidadã, além de introduzir saberes relacionados ao futuro do estudante, como perspectivas sobre o mercado de trabalho e o ensino técnico e superior. Esta etapa está majoritariamente sob a competência do poder público estadual.

Figura 1 - Estrutura da Educação Básica Brasileira



Fonte: Elaboração própria (2025).

### 2.2.1 COMPETÊNCIAS FEDERATIVAS

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 208, discorre sobre as competências dos entes federados, estabelecendo como dever do Estado garantir que a Educação Básica seja obrigatória e gratuita para todos os cidadãos (Brasil, 1988). As atribuições dos entes federativos seguem as competências apresentadas na Figura 2.

Figura 2 - Competências dos Entes Federados



Fonte: Elaboração Própria, com base nos dados do INEP e inspirado em Barbosa (2025).

Os papéis dos entes federativos são, portanto, claramente delimitados. A Educação Básica divide-se em ensino infantil, fundamental e médio, sendo o primeiro as raízes que fundamentam o ensino fundamental, que, por sua vez, sustenta o ensino médio, florescendo pelo ensino superior na graduação e pós-graduação quando realizados efetivamente (Begnini; Tosta, 2017).

A LDB estabelece uma base curricular comum para a Educação Básica Brasileira em todo o território nacional (Brasil, 1996). O currículo deve contemplar conhecimentos em Língua Portuguesa e Matemática, conhecimentos do mundo físico, natural e da realidade político-social, ensino da Arte com ênfase na cultura regional, Educação Física e História Brasileira.

Nesse sentido, as funções distributiva, estabilizadora e alocativa do Estado dizem respeito à repartição dos fundos públicos, possibilitando que a distribuição realizada seja aquela qualificada como justa pela sociedade (Sitja; Neto, 2019). Para Barbosa e Mello (2016), uma gestão escolar eficiente perpassa pela igualdade de acesso, permanência, rendimento escolar e na qualidade da aprendizagem do aluno, que deve dominar os conhecimentos, desenvolver capacidades cognitivas e afetivas para com a cidadania. O financiamento da Educação Básica, escopo deste trabalho, está disposto na subseção seguinte.

### **2.2.2 FINANCIAMENTO DA EDUCAÇÃO BÁSICA BRASILEIRA**

As fontes de financiamento público são de grande importância para a manutenção da educação básica no país. A gestão pública deve, portanto, objetivar distribuir os recursos democraticamente a fim de atingir as necessidades coletivas (Almeida, 2023). Desse modo, a eficiência governamental nos gastos públicos consistiria, conforme Ferreira (2020, p.18), em “otimizar o bem-estar econômico total, obtido pelo somatório das utilidades individuais, a partir de certa produção, e dados os critérios de equidade em vigor”.

De acordo com dados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2018), o gasto público educacional brasileiro está entre 4,4% e 5,1% do Produto Interno Bruto (PIB), equivalente aos seus pares da América Latina e próximo aos 5% do PIB na média dos países membros da (OCDE), porém inferior aos 7% da Suécia e Dinamarca (Sales; Peixe, 2022).

O financiamento da educação básica iniciou-se em 1996 com o lançamento do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério (FUNDEF), por intermédio da Emenda Constitucional n.º 14 de 1996. Antes desse período, uma quantia fixa do orçamento de cada ente federativo era destinada à sua própria educação básica. Com o FUNDEF, foi criado um fundo único no qual cada uma das unidades federativas destinava parte fixa de suas receitas, e o Fundo distribuía entre as escolas de ensino fundamental mediante o número de matrículas, além de transferir essas matrículas para a responsabilidade do poder municipal (Brasil, 1996; França; Gonçalves, 2016).

Em 2007, com o término da vigência do FUNDEF, foi instituído o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais de Educação (FUNDEB), inspirado em seu antecessor, expandiu o financiamento a toda a educação básica brasileira (Ensino Infantil, Fundamental e Médio), além de fixar o percentual de 10% das receitas da União para o fundo, que também eram distribuídos conforme a quantidade de matrículas em cada nível escolar.

Com o término do FUNDEB em 2020, no final do mesmo ano, o Novo FUNDEB oriundo da Lei n.º 14.113 (Brasil, 2020) o substituiu. Mesmo mantendo a lógica do seu antecessor, mas mudanças substanciais foram introduzidas (Moraes; Crozatti; Machado, 2025). Dentre elas, destacam-se: tornou-se uma fonte permanente de financiamento na educação básica e o aporte de recursos da união subiu de 10% para 13%, sendo 10,5 pontos percentuais distribuído conforme o número de matrículas, enquanto os outros 2,5 pontos percentuais são distribuídos segundos critérios de melhorias no desempenho e na redução das desigualdades (Brasil, 2020; Moraes; Crozatti; Machado, 2025). Cabe, portanto, utilizar dados oriundos do desempenho educacional para medir a existência de melhorias e eficiência entre períodos, como indicadores educacionais como o PISA e IDEB (Almeida, 2023).

### **2.2.3 MECANISMOS DE AVALIAÇÃO EDUCACIONAL BRASILEIRA**

Existem diversos mecanismos que avaliam e mensuram o desempenho educacional no mundo, alguns regionais e outros de maior escala e relevância. Um dos instrumentos de maior relevância no contexto mundial é o *Programme for International Student Assessment* (PISA), formulado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) para avaliar o desempenho e a qualidade dos aprendizados dos estudantes globalmente (Ferreira, 2020). Lançado em 1997, o PISA é um sistema de avaliação que permite comparar o desempenho de estudantes na faixa etária de 15 anos de diferentes países (OCDE, 2024). A avaliação é realizada a cada três anos e abrange três áreas de conhecimento: leitura, matemática e ciências.

Conforme os resultados do PISA mais recente, lançado em 2022, os resultados médios do Brasil, comparado a outros países e à média da OCDE, estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados dos Países no PISA e o Percentual do PIB à Educação

Países	Matemática	Leitura	Ciências	Gasto/PIB
<b>Coreia</b>	527	515	528	4,9%
<b>Finlândia</b>	484	490	511	6,5%
<b>Espanha</b>	473	474	485	4,9%
<b>OCDE</b>	472	476	485	5%
<b>Portugal</b>	472	477	485	4,8%
<b>EUA</b>	465	504	499	5,4%
<b>Chile</b>	412	448	444	5%
<b>Uruguai</b>	409	430	435	4,5%
<b>Peru</b>	391	408	408	3,9%
<b>Brasil</b>	379	410	403	5,5%
<b>Argentina</b>	378	401	406	4,6%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do PISA (2022) e UNESCO (2023).

Como observado na Tabela 1, os resultados do Brasil estão consideravelmente abaixo da média dos países da OCDE, além do país possuir um gasto sobre o PIB maior em comparação a países desenvolvidos membros da Organização, indicando diferença considerável na qualidade da educação ofertada em relação aos padrões globais (Barbosa, 2025).

A Tabela 2 demonstra o desempenho do Brasil no PISA entre os anos de 2000 e 2022 nas áreas de proficiência em matemática, leitura e ciências avaliadas no programa:

Tabela 2 – Desempenho Brasileiro no PISA

ANOS (PISA)	MATEMÁTICA	LEITURA	CIÊNCIAS
2000	-	396	-
2003	356	403	-
2006	370	393	390
2009	386	412	405
2012	389	407	402
2015	377	407	401
2018	384	413	404
2022	379	410	403

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do PISA (2022).

Como observado, o Brasil apresentou melhorias graduais no desempenho médio dos alunos no período de 2000 a 2022. Em algumas edições, o país regrediu ou se manteve estável; as melhorias alcançadas das primeiras para as últimas avaliações estão aquém do esperado para um país com gasto sobre o PIB de 5,5%, como visto na Tabela 1.

Mesmo com esses resultados levemente melhores, alguns estudos vêm identificando e discutindo os resultados da avaliação da educação brasileira em certos períodos. Kaveski, Martins e Scarpin (2015) discorrem sobre estudos que abordam como o Brasil vem conquistando melhorias significativas nos indicadores educacionais; para os autores, o reflexo desse aumento, se dá pela crescente escolaridade média da população e a diminuição da evasão escolar. No entanto, eles destacam haver grande disparidade nos resultados entre regiões, com o Norte e o Nordeste apresentando os piores resultados, além da estagnação ou até declínios quando visualizados os resultados em certos períodos.

Outro indicador relevante no contexto brasileiro é o Indicador de Letramento Científico (ILC), produzido pelo Instituto Brasileiro de Letramento Científico, que estuda a população jovem e adulta no país. O objetivo do ILC é medir a capacidade de uso e compreensão da linguagem técnico-científica mediante conhecimentos específicos úteis em situações cotidianas. Para atingir tal mensuração, são realizadas entrevistas domiciliares estruturadas aplicadas por meio de questionário contextual com testes cognitivos (IBLC, 2014). O ILC busca medir a proficiência e interpretação pedagógica em quatro níveis:

- Nível 1 - Letramento Não-Científico: identifica indivíduos capazes de localizar informações explícitas em textos simples envolvendo temas cotidianos;

- Nível 2 - Letramento Científico Rudimentar: abrange aqueles capazes de resolver problemas envolvendo interpretação e comparação de informações e conhecimentos científicos básicos;
- Nível 3 - Letramento Científico Básico: identifica indivíduos capazes de elaborar propostas em problemas mais complexos a partir de evidências científicas apresentadas em textos técnicos ou manuais, estabelecendo relações intertextuais conforme o contexto;
- Nível 4 - Letramento Científico Proficiente: caracteriza aqueles capazes de avaliar propostas que exigem domínio de conceitos e termos científicos em contextos diversos, além de elaborar argumentos sobre veracidade e confiabilidade.

Os resultados dos questionários aplicados no ano de 2014 revelaram as informações apresentadas na Tabela 3:

Tabela 3 – Distribuição dos Respondentes em cada Nível

ESCALA DE PROFICIÊNCIA	POPULAÇÃO ANALISADA	
NÍVEL 1	314	16%
NÍVEL 2	961	48%
NÍVEL 3	624	31%
NÍVEL 4	103	5%
TOTAL	2002	100%

Fonte: Indicador de Letramento Científico (2014).

Como observado nos resultados do estudo sobre letramento científico na Tabela 3, mais da metade da amostra encontra-se em níveis inferiores do indicador, e apenas 5% é proficiente. Esse resultado preocupante, extrapolando para toda a população brasileira, demonstra que menos da metade consegue interpretar e comparar informações científicas básicas e fazer relações intertextuais.

Em complemento, há o Índice de Analfabetismo Funcional (INAF), criado em 2001 pela iniciativa da Ação Educativa e do Instituto Paulo Montenegro (IBOPE) e outros colaboradores, que teve seu último resultado lançado em 2024. No INAF, considera-se o alfabetismo como “a capacidade de um indivíduo compreender e utilizar a informação escrita em suas práticas sociais” (Instituto Paulo Montenegro; Ação Educativa, 2024, p. 4). Assim como o ILC, a metodologia aplicada consiste em entrevistas presenciais realizadas com a população jovem e adulta espalhada pelo

país, sendo o teste composto por itens que refletem situações cotidianas com diversos graus de dificuldade, além de utilizar a Teoria da Resposta ao Item para estimar os níveis de proficiência.

O INAF classifica os resultados em: Analfabeto, pessoa que não consegue realizar tarefas simples envolvendo leitura de palavras e frases; Rudimentar, aqueles que conseguem localizar informações explícitas em textos simples, curtos e familiares; Elementar, indivíduos que conseguem localizar informações em textos de média extensão com pequenas inferências, além de realizar cálculos básicos; Intermediário, aqueles capazes de interpretar e relacionar informações em textos variados, entender informações implícitas e resolver problemas mais complexos; e Proficiente, indivíduos que dominam a leitura, a escrita e a matemática, podendo elaborar textos, analisar informações, interpretar tabelas e emitir opiniões fundamentadas. Os resultados da pesquisa realizada em 2024 estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4 - Evolução do Alfabetismo Funcional no Brasil**

<b>Níveis/Ano</b>	<b>2007</b>	<b>2009</b>	<b>2011</b>	<b>2015</b>	<b>2018</b>	<b>2024</b>
<b>Analfabeto</b>	9%	7%	6%	4%	8%	7%
<b>Rudimentar</b>	25%	20%	21%	23%	22%	22%
<b>Elementar</b>	32%	35%	37%	42%	34%	36%
<b>Intermediário</b>	21%	27%	25%	23%	25%	25%
<b>Proficiente</b>	13%	11%	11%	8%	12%	10%
<b>Amostra</b>	2002	2002	2002	2002	2002	2480

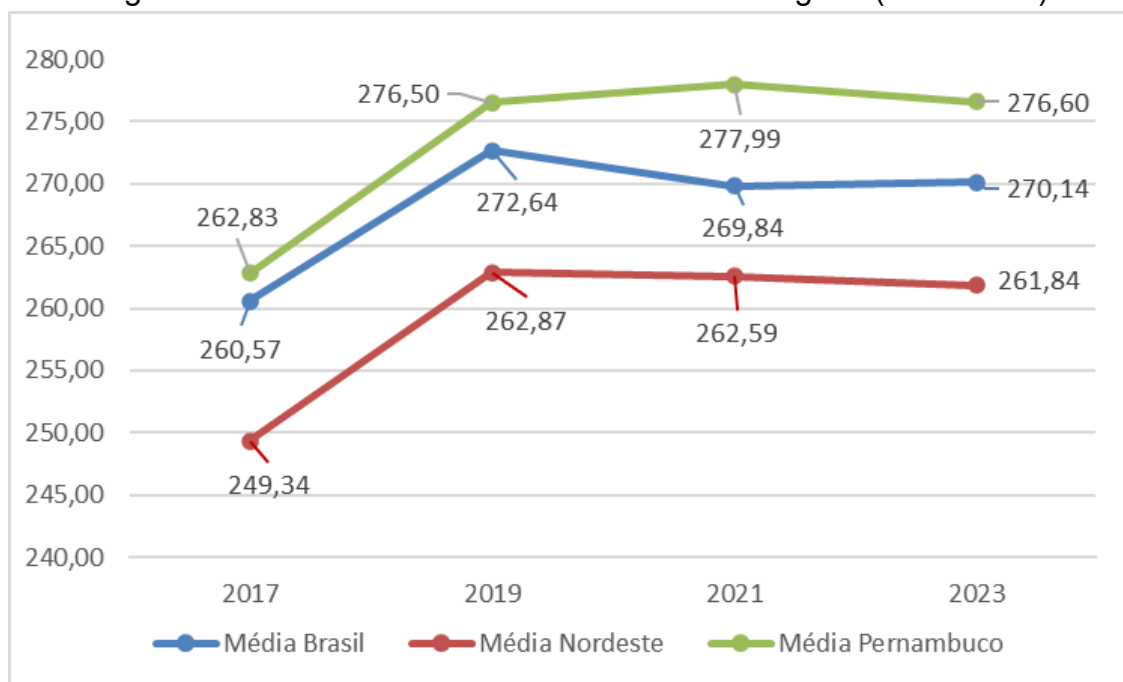
Fonte: adaptado de Instituto Paulo Montenegro e Ação Educativa (2024).

O INAF também analisa o Alfabetismo Funcional no Contexto Digital, buscando simular situações reais no contexto online com a mesma amostra do teste anterior. Os resultados foram separados em três níveis: Nível Baixo, grupo com maiores dificuldades para interagir com o ambiente digital; Nível Médio, grupo que possui habilidades digitais básicas, mas não suficientes para navegar autonomamente e com criticidade; e Nível Alto, grupo que usa e domina as tecnologias crítica e conscientemente. Em resumo, os resultados evidenciam que 33% apresentam alto desempenho funcional, 47% médio e 20% baixo. Para os autores, “há uma forte correlação entre o nível de proficiência obtido pela série histórica do Inaf e o desempenho na prova digital” (Instituto Paulo Montenegro; Ação Educativa, 2024).



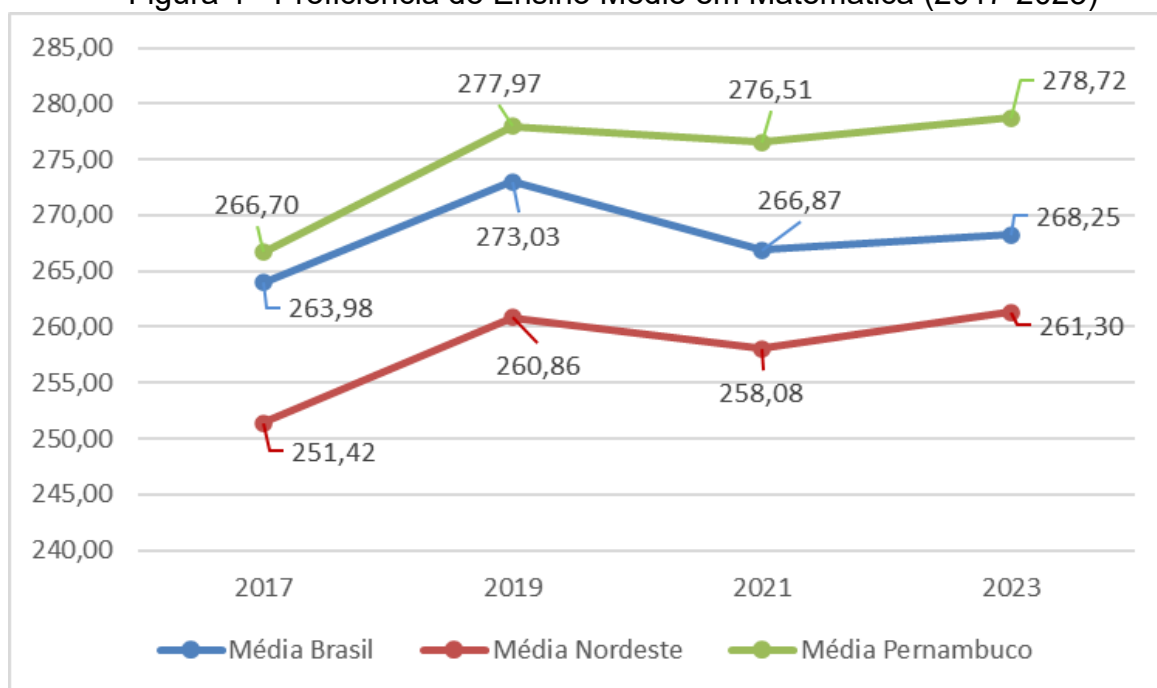
No país, o principal mecanismo que avalia o desempenho estudantil é o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), criado pelo Decreto n.º 6.094, de 24 de abril de 2007 (Brasil, 2007), que, a partir de 2017, liberou as escolas particulares para participarem por livre adesão. O IDEB é um indicador que busca medir a qualidade do ensino a cada dois anos, variando de 0 a 10 (pior a melhor, respectivamente). É obtido a partir da multiplicação entre um indicador de aprovação escolar, oriundo do Censo Escolar, e os resultados das médias dos desempenhos dos alunos nas avaliações do órgão, sendo o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB). O SAEB avalia as unidades federativas por meio da Prova Brasil, avaliando a proficiência em língua portuguesa e matemática. Os resultados brasileiros em português e matemática para o ensino médio, avaliados pelo SAEB, são apresentados nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 - Proficiência do Ensino Médio em Português (2017-2023)



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do INEP (2023).

Figura 4 - Proficiência do Ensino Médio em Matemática (2017-2023)



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do INEP (2023).

Como observado em ambos os gráficos, os resultados brasileiros ao longo do período apresentaram tendências crescentes, principalmente entre 2017 e 2019. Esse desempenho foi afetado pelo período pandêmico; mesmo com mudanças metodológicas na aplicação das provas e cálculos dos resultados, manteve-se estável, estendendo-se até 2023, quando os resultados são marginais comparados a 2019.

Segundo o INEP (2023), o IDEB agrega o aspecto pedagógico das avaliações realizadas em larga escala, possibilitando gerar resultados sintéticos e facilmente assimiláveis, que permitem traçar metas de qualidade educacional para os sistemas de ensino brasileiro (Brasil, 2007). Simplificando o entendimento do IDEB, a única forma de melhorar a pontuação final é aprimorando ambas as dimensões simultaneamente (Sales; Peixe, 2022). No cálculo do IDEB, as notas de português e matemática oriundas do SAEB são padronizadas em uma escala de zero a dez; a média resultante desse cálculo é multiplicada pela média harmônica das taxas de aprovação, repetência e evasão escolar oriundas do Censo (dados antagônicos às notas padronizadas) e expressas em notas de zero a dez por escola, município, estado e, então, país (Barbosa; Mello, 2016; Sales; Peixe, 2022; Barbosa; Silva, 2024).

Até o resultado do IDEB de 2023, o Plano Nacional de Educação (PNE), instituído pela Lei n.º 13.005 de 2014 e válido por dez anos, estabeleceu algumas metas e estratégias educacionais que deveriam ser atingidas por toda a federação. Dentre elas, houve a meta número sete, que buscou “fomentar a qualidade da educação básica em todas as etapas e modalidades, com melhoria do fluxo escolar e da aprendizagem de modo a atingir as seguintes médias nacionais para o Ideb” (Brasil, 2014), conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Metas do Brasil para o IDEB

IDEB	2015	2017	2019	2021
<b>FUNDAMENTAL I</b>	5,2	5,5	5,7	6
<b>FUNDAMENTAL II</b>	4,7	5	5,2	5,5
<b>ENSINO MÉDIO</b>	4,3	4,7	5	5,2

Fonte: Elaboração própria, com base em Brasil (2014).

Como observado na tabela anterior, o objetivo seria que a média das notas do IDEB brasileiro ficasse próxima da média dos resultados dos países no PISA, que, em devidas proporções, deveria estar próxima aos seis pontos. Quanto aos resultados do ensino médio, comparando com as metas propostas, apresentam-se os resultados da Tabela 6.

Tabela 6 - Metas e Médias do IDEB do Ensino Médio (2017 a 2023)

Ano	Metas		Médias Atingidas	
	Brasil	Pernambuco	Brasil	Pernambuco
<b>2017</b>	4,7	-	3,8	4,1
<b>2019</b>	5	4,3	4,2	4,4
<b>2021</b>	5,2	4,4	4,2	4,4
<b>2023</b>	6*	-	4,3	4,5

Fonte: elaboração própria, com base nos dados do INEP (2024).

\*Objetivo originalmente proposto pela PNE.

Como observado na Tabela 6, as médias das notas do ensino médio no país não atingiram suas metas; no entanto, o estado de Pernambuco atingiu e superou as médias do Brasil em alguns anos, mostrando eficiência nos gastos com educação nos

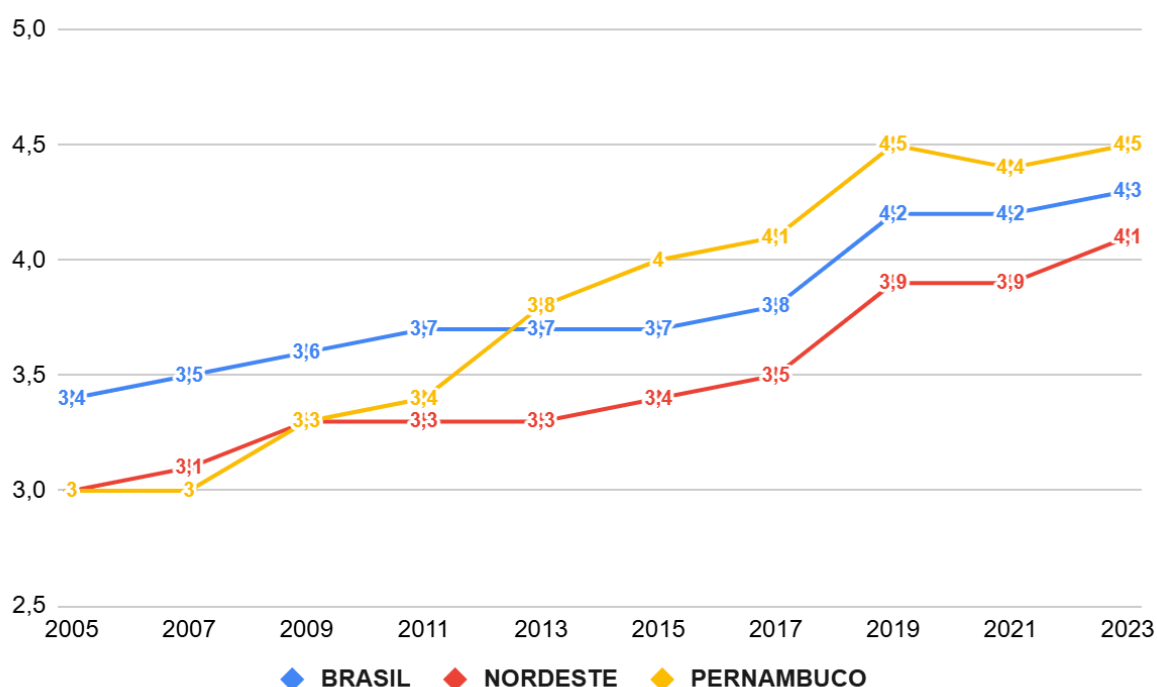
períodos de vigência do PNE. Pernambuco conquistou o título de melhor resultado para a região Norte-Nordeste no ano de 2023, mesmo estando abaixo dos seis pontos estipulados e com leve declínio no período pandêmico.

## 2.2.4 ENSINO MÉDIO PERNAMBUCANO

Goldemberg (1993), em seu trabalho ‘O Repensar da Educação no Brasil’, discorre sobre a importância dos investimentos no ensino médio e superior para a modernização de um país. Para o autor, “a expansão do ensino médio foi um poderoso fator de qualificação da mão-de-obra para a realização da revolução tecnológica” em países desenvolvidos e países em desenvolvimento com alto crescimento (Goldemberg, 1993, p. 121).

Quanto aos dados do IDEB referentes ao ensino médio, comparando com o Brasil e os estados do Nordeste, Pernambuco vem apresentando resultados superiores à média nacional e regional, como observado na Figura 5.

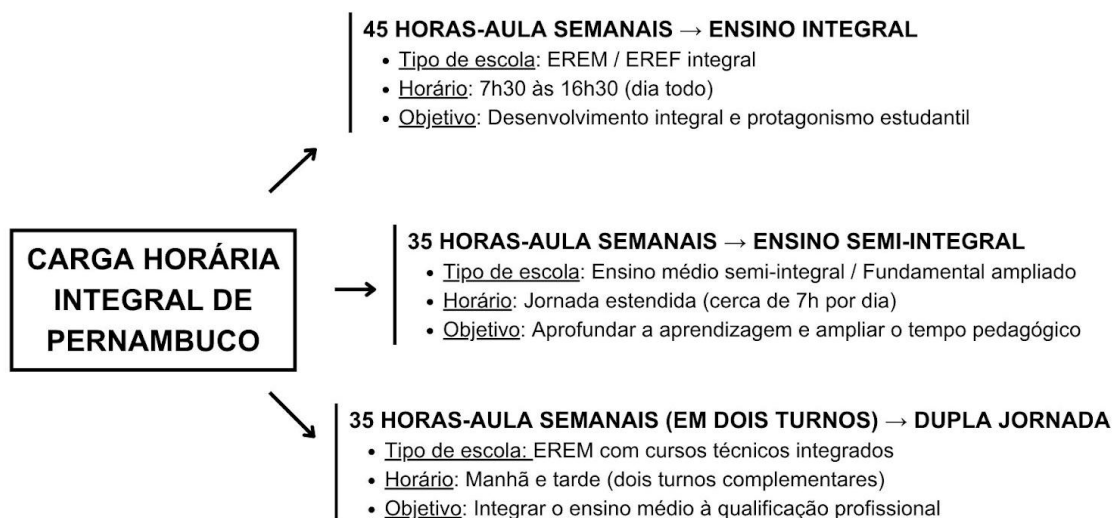
Figura 5 - Desempenho no IDEB, entre 2005 e 2023, do Ensino Médio



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do INEP (2024).

No gráfico, é perceptível como Pernambuco se destacou no comparativo, com destaque para o ano de 2011, quando seus resultados se separaram da média dos estados nordestinos, e em 2013, quando ocorreu o mesmo em relação à média dos estados brasileiros. Esse período ocorre logo após a vigência da Lei Complementar n.º 125, de 10 de julho de 2008, quando foi criado o Programa de Educação Integral de Pernambuco (Pernambuco, 2008). Em seu artigo 1º, delimitam-se os objetivos da norma, que tratam do desenvolvimento de políticas públicas voltadas à melhoria do Ensino Fundamental e Médio, além da qualificação profissional dos estudantes da Rede Pública de Educação do Estado de Pernambuco. Ademais, houve a criação do programa de ensino integral no estado por meio de Escolas de Referência em Ensino Fundamental e Médio, nas quais a carga horária foi expandida para o formato de 45 horas-aula semanais, 35 horas-aula semanais ou 35 horas-aula semanais de dupla jornada em toda a rede de ensino estadual, conforme a Figura 6:

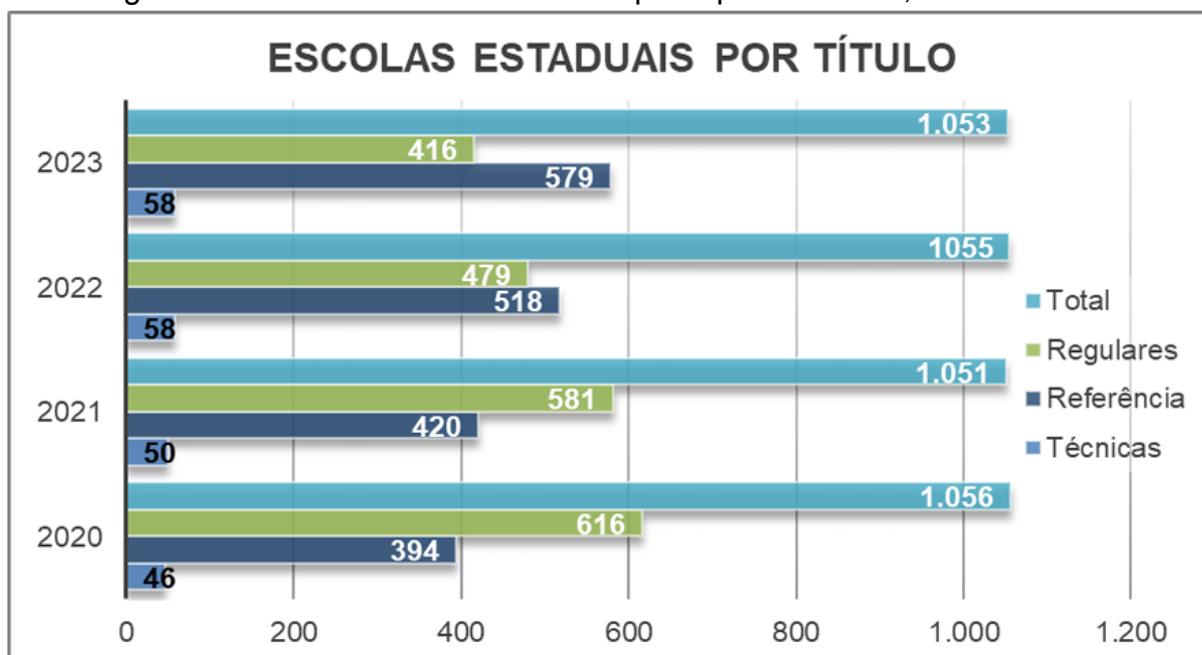
Figura 6 - Carga Horária do Ensino Integral Pernambucano



Fonte: Elaboração própria (2025).

Em complemento, há na Figura 7, a seguir, o quantitativo de escolas por tipo de ensino, do período de 2020 a 2023:

Figura 7 – Escolas da Rede Estadual por Tipo de Ensino, de 2020 a 2023



Fonte: Figura 13, Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco — SEE/PE (2023).

Como observado na Figura 7, o número de escolas em tempo expandido vem aumentando no estado, enquanto o quantitativo de escolas em tempo regular vem diminuindo ao longo dos anos. Essa política pública vem apresentando resultados satisfatórios, posicionando as médias das notas pernambucanas em patamares superiores aos de seus pares regionais, como mencionado anteriormente. No entanto, mesmo com resultados positivos, o estado e o país continuam consideravelmente abaixo do estipulado por órgãos internacionais, principalmente quando se trata dos mecanismos de avaliação de proficiência. Urge, assim, a necessidade de mensurar a eficiência da qualidade de ensino no serviço oferecido no nível médio do estado pernambucano.

Portanto, é relevante a identificação da eficiência no ensino médio devido à importância desse nível para a formação do cidadão, não apenas considerando os resultados na totalidade, mas também os dados municipais. Ao utilizar as notas do IDEB referentes aos municípios, pode-se mensurar quais instrumentos tornaram-no tecnicamente eficiente e propor melhorias para aqueles que não o foram no período analisado.

### 2.3 EFICIÊNCIA E A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS NA EDUCAÇÃO

Eficácia educacional ou qualidade educacional são termos muitas vezes utilizados como sinônimos na literatura, podendo ser definidos como o grau em que um sistema educacional consegue atingir os objetivos almejados e os efeitos desejados (Camanho *et al.*, 2023). No entanto, a escassez de recursos é um problema central na gestão pública; portanto, faz-se necessário que o empenho das despesas seja realizado da forma mais produtiva possível, enfatizando a eficiência para obter o maior benefício social e fortalecer a confiança dos contribuintes na administração pública, diante da quantidade predeterminada de recursos disponíveis (Rosano-Peña; Albuquerque; Daher, 2012; Sales; Peixe, 2022; Barbosa; Silva, 2024).

Existem, entretanto, diferenças conceituais entre eficiência e produtividade. Para Farrell (1957), a produtividade é uma expressão da relação produto/insumo e demonstra o nível de aproveitamento dos recursos empregados no processo produtivo, enquanto a eficiência, para o autor, pode ser chamada de eficiência relativa, sendo alcançada quando a produtividade é maximizada. Ou seja, “a produtividade é o quanto se produz em relação a cada um dos recursos empregados, e a eficiência é o quanto se produz em relação ao quanto se poderia produzir” (Rosano-Peña; Albuquerque; Daher, 2012, p. 848).

Nas ciências administrativas e econômicas, a eficiência é a capacidade da administração de produzir o máximo de resultados possível com o mínimo de recursos, energia e/ou tempo disponíveis (Lopes; Dantas; Lima, 2024). Já Chiavenato (1993) trata a eficiência como voltada aos meios utilizados para se chegar aos objetivos almejados, enquanto o conceito de eficácia foca no alcance dos objetivos finais, sem considerar os recursos utilizados (Mello *et al.*, 2005). No Brasil, o princípio da eficiência foi incluído no artigo 37 da Constituição de 1988 pela Emenda Constitucional n.º 19/1998 (Brasil, 1988), iniciando a Reforma Gerencial no Estado, na qual os princípios de “legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência” devem ser seguidos por toda a administração pública, direta e indireta.

Outro conceito importante na literatura é o de eficiência técnica. Nela, busca-se empregar o menor nível de insumos visando atingir certa quantidade de produtos (orientação ao *input*), ou obter o maior nível de produção possível com certa quantidade de insumos (orientação ao *output*) (Beghini; Tosta, 2017). Portanto, o benefício social para a sociedade será considerado maximizado quando não se puder

produzir maior quantidade de um bem ou serviço sem reduzir a quantidade produzida de outro bem, ou serviço (Sales; Peixe, 2022).

Assim, não basta apenas direcionar recursos para escolas públicas sem considerar como esse recurso será gasto; dessa forma, o direcionamento desse orçamento será considerado ineficaz, já que, segundo argumentam autores como Moraes, Crozatti e Machado (2025), não há relação forte entre os gastos com educação e a performance dos alunos. Nesse sentido, definir uma estrutura orçamentária clara para alocar eficientemente os gastos não é apenas expandir recursos. Desse modo, é possível identificar municípios que possuem menos recursos, mas cujos alunos apresentam desempenho satisfatório, tal como o inverso (De Witte; López-Torres, 2015; Moraes, Crozatti e Machado, 2025).

Para mensurar o nível de eficiência de Unidades Tomadoras de Decisão (*Decision-Making Unit* - DMU), principalmente voltadas aos serviços públicos, existe um consenso acadêmico relacionado à delicadeza do tema, dados os diversos fatores não controláveis que interferem no processo produtivo educacional (Almeida, 2023). Abordagens não paramétricas, como a Análise Envoltória de Dados (DEA), são amplamente utilizadas na literatura para mensurar a eficiência em entes públicos, como a educação, pois, ao utilizar programação linear para avaliação da eficiência com o objetivo de comparar unidades homogêneas (ou seja, que lidam com o mesmo conjunto de recursos e geram o mesmo conjunto de produtos), constroem uma fronteira de eficiência e indicadores de eficiência relacionados especificamente àquele conjunto de unidades estudadas (Tavares *et al.*, 2021; Camanho *et al.*, 2023; Barbosa; Silva, 2024), gerando, portanto, *insights* relevantes para as políticas públicas tanto no nível do aluno quanto da escola e do sistema na totalidade (Thanassoulis *et al.*, 2016).

### **2.3.1 FUNDAMENTOS CONCEITUAIS DA DEA**

Um ponto que Mello e colaboradores (2005) reforçam, é que há um senso comum entre os especialistas de avaliação educacional que as análises devem ser quantitativas e comparadas, entre os métodos utilizados, que não assumem uma forma funcional entre os insumos e produtos em uma amostra, também chamados de métodos não paramétricos, o mais utilizado para mensurar a eficiência entre as Unidades Tomadoras de Decisão (DMU) é a Análise Envoltória de Dados (DEA). O



DEA foi originalmente desenvolvido para fornecer avaliação de eficiência em organizações sem fins lucrativos com múltiplos dados de entrada e saída (Charnes *et al.*, 1978). Devido a esses fins propostos inicialmente, a educação pública é um exemplo clássico de setor que historicamente faz seu uso (Thanassoulis *et al.*, 2016).

O método foi inicialmente proposto por Farrell (1957), que introduziu o conceito do índice relativo de eficiência técnica, também reconhecido como Índice de Farrell. Este índice é obtido por meio da comparação entre uma unidade eficiente e unidades ineficientes, formando uma fronteira do conjunto de possibilidades de produção, na qual a mensuração da ineficiência é dada pela distância dela em relação à fronteira, formada pela combinação linear do conjunto eficiente de unidades (Rosano-Peña; Albuquerque; Daher, 2012; Venâncio; Monte; Gomes, 2024).

Após alguns anos, o artigo de Charnes *et al.* (1978) trouxe o DEA para o campo da Pesquisa Operacional, utilizando-o para resolver problemas que as técnicas de programação linear podem resolver: problemas de otimização, eficiência e tomada de decisão das empresas sob a combinação de insumos utilizados em relação à combinação de produtos gerados em suas operações (Camanho *et al.*, 2024).

Charnes e colaboradores, em seu artigo seminal de 1978, desenharam a técnica do DEA para utilizar programação linear na avaliação da eficiência relativa de um conjunto homogêneo de Unidades Tomadoras de Decisão que utilizam múltiplas entradas (chamadas de *inputs*) e saídas (chamadas de *outputs*) (Charnes *et al.*, 1978; Zanella *et al.*, 2015; Mota; Meza, 2020). O método DEA considera que a máxima produção pode ser obtida pela observação das DMUs mais produtivas, classificando-as conforme a capacidade de transformar insumos em produtos (Charnes *et al.*, 1978; Mota; Meza, 2020).

Há dois modelos clássicos do DEA: o CCR e o BCC. Inicialmente, o modelo do DEA proposto por Charnes e colaboradores (1978) foi formulado para o modelo de análise de eficiência produtiva por Retornos Constantes de Escala (*Constant Return to Scale* - CCR). Posteriormente, o modelo foi estendido por Banker, Charnes e Cooper (1984), que incluíram na teoria um modelo baseado na hipótese de Retornos Variáveis de Escala (*Variable Returns to Scale* - VRS), posteriormente nomeado BCC em homenagem aos seus criadores. Em síntese, o Modelo CCR capta a ineficiência técnica quando uma DMU não alcança a produtividade máxima; para modificá-la, a eficiência técnica e de escala deve ser maximizada. Já o Modelo BCC permite isolar

a ineficiência produtiva da ineficiência técnica (Rosano-Peña; Albuquerque; Daher, 2012; Campoli; Ferraz; Rebelatto, 2019). Ou seja, no primeiro, supõe-se que, ao modificar os insumos de uma DMU, o produto é igualmente modificado, enquanto, no segundo modelo, uma mudança nos insumos pode ou não gerar mudanças no produto final e não necessariamente será proporcional, como no modelo CCR.

O presente estudo utilizará o Modelo BCC orientado ao produto, afinal, o objetivo central é que os insumos para a educação nunca diminuam, permanecendo, para fins metodológicos, inalterados. Busca-se, assim, avaliar quão eficientes os municípios pernambucanos podem ser caso operassem eficientemente, comparando-os entre si. O Quadro 1 apresenta a estrutura matemática do modelo de retorno variável de escala, dividida em duas formas que se complementam: forma *primal* (envoltória) e forma *dual* (multiplicadores).

Assumindo que existam  $n$  unidades de DMUs a serem avaliadas e cada uma dessas DMUs consome quantidades variadas de  $m$  insumos diferentes para produzir  $j$  diferentes produtos. O modelo de multiplicadores atribui “pesos” a cada *inputs* (recursos utilizados) e *outputs* (resultados obtidos) pela DMU. Em específico, a DMU consome  $X_{ij}$  do *input*  $i$  para produzir a quantidade  $Y_{jk}$  do produto  $j$ . Tais pesos, também chamamos de  $V_i$ , (para os *inputs*) e  $U_j$  (para os *outputs*), apresentam a importância relativa de *inputs* e *outputs* para o desempenho da DMU, portanto, o objetivo é maximizar a sua eficiência.

Quadro 1 - Modelo DEA de Retornos Variáveis de Escala (BCC)

Modelo	Forma dos Multiplicadores	Forma Envelope
<b>BCC (orientado ao Output)</b>	$\text{Min } q_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} - v_0$ <p>Tal que:</p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - v_0 \leq 0, k = 1, \dots, n$ $\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} = 1$ $u_j \geq \varepsilon, v_i \geq \varepsilon, v_0 \text{ livre de sinal}$	$\text{Max } \varphi + \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{j=1}^s s_j^+ \right)$ <p>Tal que:</p> $\varphi y_{j0} = \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k + s_j^+ \quad j = 1, 2, \dots, s;$ $x_{i0} = \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k + s_i^- \quad i = 1, 2, \dots, m;$ $1 = \sum_{j=1}^n \lambda_j$ $0 \leq \lambda_k, s_i^-, s_j^+ \quad \forall i, j, k$

Fonte: adaptado de Ferreira (2020) e Barbosa (2025).

Enquanto o modelo dos multiplicadores visa maximizar a eficiência de cada DMU individualmente, o modelo do envelope pretende analisar todas as DMUs simultaneamente, permitindo comparação mais detalhada e melhor identificação daquelas mais eficientes, gerando referências (*benchmarks*) para aquelas menos eficientes. Além disso, o modelo de envelopamento permite a detecção de desperdícios produtivos, medidos pelas folgas (*slacks*,  $s^-$  e  $s^+$ ), os quais são valores adicionados a uma DMU quando ela usa mais insumos que o necessário para maximizar os outputs (Lins; Meza, 2000; Barbosa, 2025).

Outro conceito importante para uma abordagem metodológica robusta e estatisticamente confiável é a “Regra de Ouro” do DEA, ao se utilizar os modelos clássicos. Em suma, “o número de DMUs deve ser o valor máximo entre o triplo do número total de variáveis (*inputs* e *outputs*) envolvidas e o produto do número de inputs pelo de outputs” (Ribeiro; Longaray, 2022). Ou seja, o modelo precisa de um número mínimo de DMUs em relação à quantidade de variáveis (inputs e outputs), assegurando que o DEA tenha poder de discriminação real e não classifique todas as unidades como igualmente eficientes. Para Ribeiro e Longaray (2022), a fórmula é:

$$NDMU \geq \max\{3(m + s), (m \times s)\}$$

Em que:

- NDMU: Número de Unidades Tomadoras De Decisão;
- M: Número de Variáveis de Insumo;
- S: Número de Variáveis de Produtos.

Na literatura especializada da área voltada à gestão dos recursos públicos educacionais, um município é considerado uma DMU para a implementação desses modelos (Venâncio; Monte; Gomes, 2024). Na metodologia do DEA, uma DMU ineficiente pode tornar-se eficiente de duas maneiras: aumentando os resultados obtidos mantendo as entradas constantes (orientação aos *outputs*); ou diminuindo os recursos utilizados para manter as saídas estáveis (orientação aos *inputs*) (Zanella et al., 2015; Mota; Meza, 2020). Portanto, este trabalho considerará os municípios pernambucanos como Unidades Tomadoras de Decisão (DMU) e com modelo orientado ao produto.

### 2.3.2 ÍNDICE DE MALMQUIST E A ANÁLISE TEMPORAL DA PRODUTIVIDADE

Na literatura, há diversos índices criados e frequentemente utilizados para avaliar o comportamento dinâmico de produtividade entre períodos distintos, como o Índice Geométrico de Divisia, o Índice de Fisher, o Índice de Törnqvist e o Índice de Produtividade de Malmquist. Enquanto os três primeiros estão associados a métodos paramétricos, o Índice de Malmquist (IPM) é frequentemente utilizado em métodos não paramétricos, como em conjunto com o DEA (Rosano-Peña; Albuquerque; Daher, 2012).

Desenvolvido por Sten Malmquist (1953), o índice foi constituído para utilizar funções de distância no escopo da Teoria do Consumidor. Baseando-se no trabalho de Malmquist (1953), os pesquisadores Caves, Christensen e Diewert (1982) inseriram o Índice de Malmquist na Teoria da Produção, orientando-o aos *inputs* e/ou *outputs*, sem o correlacionar ao Índice de Farrell (Rosano-Peña; Albuquerque; Daher, 2012; Araújo Júnior *et al.*, 2019). Posteriormente, Färe, Grosskopf, Lindgren e Roos (1994) foram os primeiros a combinar a Análise Envoltória de Dados e o Índice de Malmquist. De acordo com Färe *et al.* (1994), o IPM permite analisar a Produtividade Total dos Fatores de Produção (PTF), sendo capaz de medir o aumento do produto líquido oriundo do aumento nos insumos.

O motivo da utilização do IPM em complemento ao DEA é que o Índice de Malmquist não exige preços, além da possibilidade de decompô-lo, fornecendo informações sobre mudanças na eficiência técnica (*catch-up*) e no progresso tecnológico (*frontier-shift*) no período analisado (Araújo Júnior *et al.*, 2019).

O objetivo do Índice de Produtividade de Malmquist é comparar períodos distintos utilizando dados de *inputs* e *outputs* por período (Marsi; Asbu, 2018). Ao recorrer apenas ao DEA, pode-se ignorar a dinâmica que ocorreu entre os períodos (uma mesma DMU pode ser eficiente em um período e se manter estável ou regredir em outro período, por exemplo). Além disso, o índice também permite decompor o comportamento dinâmico da produtividade, medindo se houve alterações na eficiência técnica/produtiva ou se houve mudança tecnológica em uma unidade tomadora de decisão (Ferreira; Gomes, 2009; Ferreira, 2020).

Com a decomposição do índice, são fornecidas informações relevantes para o entendimento da mudança de produtividade, principalmente em componentes de mudança técnica (*catch-up*) e mudança tecnológica (*frontier-shift*). Na literatura, a primeira relaciona-se com a distância da fronteira de produção, comparando os dois períodos analisados, enquanto as mudanças tecnológicas avaliam o quanto da produtividade se dá por inovações tecnológicas que entregam melhor produto com menor gasto de insumos (Almeida, 2023; Barbosa, 2025). A decomposição nesses dois índices fornece mais detalhes sobre o que causou a variação produtiva no período analisado (Ferreira; Gomes, 2009).

O Índice de Malmquist, para dois períodos e orientado ao produto, é calculado da seguinte maneira:

$$M = \frac{d_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{d_0^t(y^t, x^t)} \left[ \frac{d_0^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{d_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \times \frac{d_0^t(y^t, x^t)}{d_0^{t+1}(y^t, x^t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

- $d_0^t(y^{t+1}, x^{t+1})$  - Representa a distância do *output* no período  $t+1$  em relação à tecnologia no período  $t$ ;
- $d_0^t(y^t, x^t)$  - Função de distância do *output* no período  $t$  com relação à tecnologia no mesmo período;
- $d_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})$  - Função de distância do *output* no período  $t + 1$  com relação à tecnologia no mesmo período;
- $d_0^{t+1}(y^t, x^t)$  - Representa a distância do *output* no período  $t$  em relação à tecnologia no período  $t + 1$ .

Para além, índice pode ser decomposto em:

- Mudanças devido à eficiência técnica:

$$ME = \frac{d_0^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{d_0^t(y^t, x^t)}$$

- Mudanças provenientes de alterações tecnológicas:

$$MT = \left[ \frac{d_0^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{d_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \times \frac{d_0^t(y^t, x^t)}{d_0^{t+1}(y^t, x^t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Com isso, o resultado para M pode ser maior, igual ou menor que um. Quando  $M > 1$ , indica que houve crescimento na produtividade dos fatores do período  $t$  para o período  $t + 1$ ; caso seja  $M < 1$ , indica que houve decrescimento na produtividade dos fatores do período  $t$  para o período  $t + 1$ ; e, por fim, caso resulte em  $M = 1$ , indica que a produtividade se manteve constante no período em análise.

A análise é válida para os componentes do Índice de Malmquist: se a componente ME  $> 1$ , indica que a eficiência técnica entre os períodos melhorou; se for igual a 1, permaneceu a mesma; e, menor que 1 indica que houve piora. Segue-se raciocínio similar para a componente tecnológica, em que MT  $> 1$  indica que houve progresso tecnológico no período analisado; MT  $< 1$  indica que houve retrocesso; e quando for igual a 1, indica que o processo tecnológico se manteve estável no período analisado.

Portanto, é de suma importância a utilização de um método intertemporal de análise em conjunto com o DEA, pois, ao permitir observar o comportamento de uma DMU em certos períodos, além do posicionamento desta em relação às demais, a análise fica mais robusta (Rosano-Peña; Albuquerque; Daher, 2012; Araújo Júnior, 2019).

Neste trabalho, analisou-se a dinâmica de produtividade entre o período de 2017 e 2019 para os municípios pernambucanos, enfatizando a gestão pública dos recursos destinados ao ensino médio, dividindo-os em quatro grupos posteriormente explicados.

### 2.3.3 APLICAÇÕES DA DEA EM ESTUDOS SOBRE A EDUCAÇÃO

Na literatura, há diversos exemplos de estudos que mensuraram o nível de eficiência no uso dos recursos públicos no contexto educacional, mais especificamente nos últimos dez anos. Seguem alguns exemplos da literatura nacional e internacional, tanto revisões sistemáticas quanto artigos empíricos.

Autores como De Witte e López-Torres (2015) realizaram vasta revisão de literatura na área, encontrando que o principal foco de análise dos estudos dominantes

foi investigar, mediante diferentes abordagens metodológicas, como as variáveis estruturais, institucionais e socioeconômicas influenciam nas pontuações de eficiência, bem como variações na metodologia do DEA, incluindo a seleção de inputs e outputs.

Em complemento, Emrouznejad e Yang (2018), em sua revisão de literatura que buscou relatar ampla lista de artigos em inglês sobre a área de estudo de 1978 a 2016, mensuraram o aumento na quantidade de estudos na área, além de novos autores que utilizaram o DEA. Como resultado, evidenciaram que o DEA é um tópico emergente e uma ferramenta de grande auxílio na mensuração de eficiência e desempenho, tendo recebido maior atenção pelas ciências da Gestão e da Pesquisa Operacional.

Para o contexto educacional brasileiro, Zirolto, Carvalho, Abbas e Moraes (2022) realizaram levantamento literário sobre as análises de eficiência em educação superior que utilizaram o DEA entre os anos de 2009 e 2018. Seu objetivo central foi identificar e agrupar informações relevantes nos artigos publicados no período para colaborar com novas pesquisas que utilizem a metodologia no ensino superior.

Já Camanho, Silva, Piran e Lacerda (2024) apresentaram revisão bibliográfica em artigos científicos que mensuraram a eficiência econômica via Análise Envoltória de Dados, abrangendo desenvolvimentos metodológicos e aplicações empíricas da metodologia. Utilizaram artigos publicados entre 1978 e 2020 em diversos setores e identificaram caminhos para o desenvolvimento de pesquisas futuras.

Quanto aos estudos empíricos, Araújo Júnior, Justo, Lima, Ferreira, Araújo e Pereira (2019), em seu estudo, visaram mensurar e analisar a eficiência técnica e dinâmica nos gastos de educação pública entre os anos de 2007 e 2013 nos municípios nordestinos. Para isso, agruparam as DMUs em clusters via o método k-means segundo características socioeconômicas e populacionais, além de aplicarem o DEA-BCC para analisar a eficiência estática e o DEA-Malmquist para analisar a eficiência dinâmica no período. Como *inputs*, utilizaram os gastos médios por aluno para o período, e como *outputs*, utilizaram os resultados dos anos iniciais e finais da educação básica obtidos no IDEB para o período. Os resultados indicaram melhoras no período analisado, mas com baixos níveis de eficiência.

Campoli, Ferraz e Rebelatto (2019) objetivaram determinar a eficiência técnica comparando os estados brasileiros entre o período de 2011 e 2014. Para isso,

utilizaram o DEA e o Índice de Malmquist para mensurar e analisar a eficiência estática e dinâmica dos estados para o período. Como dados de entrada, utilizaram a receita total educacional, o investimento por estudante e a renda média familiar para o período; como dados de saída, recorreram aos dados referentes às médias de anos educacionais e à frequência escolar. Como resultados, apenas dez estados se mostraram eficientes e todos melhoraram seus resultados em uma média de 4,83% em 2011 e 4,87% em 2014.

No estudo de Mota e Meza (2020), os autores visaram avaliar a eficiência técnica dos municípios do Estado do Rio de Janeiro no ano de 2013, mais especificamente os dados do ensino fundamental. Para tal, utilizaram a metodologia DEA-BCC orientada às saídas. Como *inputs*, utilizaram dados referentes às despesas, número de professores e quantitativo de alunos para o período, além dos resultados de português e matemática do SAEB no período, como *outputs*. Concluíram que as cidades mais eficientes foram as menos desenvolvidas economicamente e que os salários dos professores foram um diferencial, além de fatores emocionais.

Outro estudo relevante é o de Sales e Peixe (2022), que buscaram mensurar a eficiência na rede estadual de ensino médio dos estados brasileiros entre 2013 e 2019. Para atingirem seus objetivos, utilizaram o DEA orientado aos insumos para a mensuração anual via gastos com ensino médio, número de matrículas, número de escolas e número de professores como *inputs* para o período, além dos resultados do IDEB como dados de saída, e o Índice de Malmquist para avaliar a produtividade no período. Os resultados evidenciaram que 74% das unidades federativas foram ineficientes no período e houve ganho de produtividade de 2%, com dificuldades em incorporar novas tecnologias.

O estudo de Camanho, Stumbriene, Barbosa e Jakaitiene (2023) visou avaliar se o Quadro Estratégico para a Cooperação Europeia em Educação e Formação (*Strategic Framework for European Cooperation in Education and Training* - ET 2020), programa que visa ofertar intercâmbio entre estudantes dos Estados-Membros da União Europeia, foi eficiente para os sistemas educacionais europeus. Para isso, utilizaram o Índice de Malmquist para analisar o comportamento dinâmico de eficiência para o período de 2009 a 2018. Os resultados indicaram melhoras significativas em diversos países da UE, com divergências em alguns países membros.



Almeida (2023) e sua derivação Almeida e Justo (2022) realizou pesquisa utilizando o DEA e o Índice de Malmquist para analisar a eficiência estática e dinâmica no ensino médio pernambucano para o período de 2017 a 2021. Para chegar aos seus objetivos, a autora agrupou os municípios pernambucanos em quatro grupos, conforme a divisão regional dos Grupos de Referência Educacional (GREs). Seus *inputs* foram o gasto com o ensino médio, qualificação dos professores e quantitativos de alunos, enquanto o *output* foram as notas do IDEB, todos para os períodos analisados. Em seus resultados, foi descoberto que houve melhora significativa na eficiência técnica no período, mesmo com a maioria dos municípios sendo ineficientes, na maioria devido ao retrocesso tecnológico.

No estudo de Barbosa e Silva (2024), as autoras objetivaram analisar a eficiência dos gastos públicos em educação nos anos iniciais da educação básica nos municípios da região Nordeste do Brasil. Para isso, clusterizaram as DMUs em grupos com semelhanças socioeconômicas e populacionais via análise de cluster *k-means*. O *input* utilizado foi o gasto médio por aluno e o *output* foi o desempenho no IDEB para o período, além de aplicarem o DEA-BCC orientado ao produto. Os resultados sugerem que os municípios com maiores gastos não são necessariamente os com maiores resultados no IDEB, além de haver outros fatores que também geram tais resultados.

Outro estudo, no contexto brasileiro, é o de Lopes, Dantas e Lima (2024), que avaliaram o ensino médio da 4ª região do município de Fortaleza (Ceará) para o período de 2022 e 2023 via o SPAECE (Sistema Permanente de Avaliação as Educação Básica), que funciona de forma semelhante ao SAEB, mas para o estado do Ceará. Para a mensuração, recorreram ao DEA-BCC orientado ao produto para verificar a eficiência nas escolas selecionadas. Como *inputs*, utilizaram dados relacionados ao número de alunos matriculados, bibliotecas, laboratórios, salas de atendimento especial e quadras esportivas; para o *output*, utilizaram as notas de português e matemática do SPAECE para o período. Em complemento, realizaram questionário por meio do *Google Forms* com professores de português e matemática de algumas escolas. Como resultados, das vinte e uma escolas analisadas, nove foram eficientes e duas servem de benchmarking para os tomadores de decisão as tomarem como exemplo nas políticas públicas posteriores.

A pesquisa de Mariano, Silva, Dantas e Lima (2025) desenvolveu trabalho que buscou avaliar a eficiência dos gastos públicos em educação básica no Estado da Paraíba no período da pandemia de Covid-19, comparando os índices de eficiência entre os biênios de 2018-2019 e 2020-2021. Para atingir tal objetivo, utilizaram a Análise Envoltória de Dados (DEA), sendo o gasto por aluno a variável de entrada e como produtos utilizaram a razão entre o número de professores e alunos, além dos resultados do SAEB para os períodos, nos 55 municípios paraibanos separados em três grupos. Os resultados sugerem que houve redução de eficiência no período pandêmico e que foi mais acentuada nos municípios com maior tamanho populacional.

Por fim, Moraes, Crozatti e Machado (2025) analisaram as relações entre o federalismo e as desigualdades horizontais brasileiras e o papel da União para a redução das desigualdades municipais. Para isso, utilizaram o método de cluster para agrupar os municípios brasileiros semelhantes e, após, verificaram o nível de eficiência dos gastos públicos via o método da DEA em dois estágios. No primeiro, o dado de entrada utilizado foi o gasto médio por aluno, enquanto o dado de saída foi a nota de português e matemática no SAEB/Prova Brasil; no segundo estágio, o *input* foi o Indicador de Nível Socioeconômico dos alunos e o *output* foi o escore de eficiência encontrado no primeiro estágio. Os resultados indicaram que o perfil dos municípios é determinante para os resultados de eficiência no gasto público educacional municipal. Para os autores, políticas públicas devem ser desenhadas centralmente para reduzir as desigualdades educacionais do país.

Com isso, pode-se analisar a importância que a metodologia da DEA tem na mensuração da eficiência no uso dos recursos públicos em educação no Brasil e no mundo, com estudos em diversos níveis de ensino, países e regiões espalhadas pelo globo. Portanto, estudos com esse enfoque podem contribuir para a formulação de políticas públicas que visem melhores resultados educacionais e, como consequência, melhorias socioambientais e econômicas para uma nação.

### 3 METODOLOGIA

Esta seção busca explicar detalhadamente as escolhas metodológicas e escolhas de caminhos feitos neste trabalho. Para isso, busca-se caracterizar e classificar o estudo, detalhar os procedimentos e métodos utilizados na coleta, escolha, agrupamento e análise dos dados, além da escolha metodológica do presente estudo.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo classifica-se como uma pesquisa de natureza exploratória, por objetivar proporcionar mais informações sobre um assunto em específico, neste caso, a eficiência da educação no ensino médio pernambucano, por meio de um levantamento bibliográfico, tornando-o mais claro, além de medir, testar hipóteses e verificar relações entre variáveis, podendo gerar novas informações e conhecimentos sobre o tema em estudo (Prodanov; Freitas, 2013).

Quanto à abordagem, este estudo é uma pesquisa quantitativa, que se refere às pesquisas que utilizam dados quantificáveis e requerem a utilização de recursos e técnicas estatísticas em suas análises (Prodanov; Freitas, 2013). Quanto aos objetivos, esta pesquisa caracteriza-se como descritiva, por permitir, por meio da coleta e interpretação de dados, explicar e descrever a complexidade de características que o fenômeno analisado possui (Prodanov; Freitas, 2013).

Em relação aos procedimentos técnicos, este estudo classifica-se como uma pesquisa documental, elaborada a partir de documentos oficiais, que ainda não passaram por nenhum tratamento analítico ou que podem ser tratados conforme as necessidades da pesquisa, neste caso, referentes à rede de ensino médio estadual pernambucano (Prodanov; Freitas, 2013). Além disso, trata-se de um estudo de caso, por buscar estudar minuciosa e profundamente um objeto, visando obter conhecimento amplo e detalhado sobre ele e esclarecer uma decisão, seus motivos, como foi implementada e seus resultados reais (Prodanov; Freitas, 2013).

Por fim, o estudo recorre a dados secundários, os quais são dados disponíveis para livre consulta, que não foram originalmente coletados para os fins deste trabalho,

podendo ser também coletados em plataformas digitais. Dessa forma, o estudo também se constitui como uma pesquisa bibliográfica (Prodanov; Freitas, 2013).

### 3.2 COLETA E FONTES DE DADOS

Os dados utilizados nesta pesquisa foram consultados e coletados via fontes institucionais em plataformas de acesso público, seja em sites oficiais de órgãos governamentais, seja em dados de órgãos institucionais nacionais e internacionais, em que se buscou obter informações sobre a realidade; portanto, trata-se de dados secundários, aqueles já existentes e de livre uso (Prodanov; Freitas, 2013).

No site do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP, 2023) foram coletados os dados referentes ao Censo Educacional e aos resultados do IDEB, que englobam as notas do SAEB. Já no Tesouro Nacional foram obtidos dados sobre os repasses do FUNDEB, além de relatórios institucionais de determinados anos, objetivando coletar informações referentes aos repasses desagregados por nível de ensino. No Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023) foram coletados e estudados dados referentes aos municípios do Estado de Pernambuco, como o PIB e PIB per capita, IDHM, entre outros, visando o agrupamento via método de cluster. Os dados relacionados ao PIB per capita, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e população foram utilizados para aplicar o método de análise de cluster, detalhado posteriormente.

Os dados relacionados à educação seguiram a seguinte linha lógica: os valores relacionados ao repasse do FUNDEB, oriundos do Tesouro Nacional, foram desagregados por nível de ensino. Para isso, utilizou-se a quantidade de matrículas no nível médio de ensino para estimar a proporção de alocação nesse nível e, após, multiplicou-se pelo repasse total para obter o gasto no Ensino Médio Estadual Pernambucano em cada município. Esse procedimento foi necessário porque o repasse do FUNDEB é agregado para toda a educação básica brasileira; entretanto, ele é repassado para as escolas por matrículas registradas no Censo Escolar. A porcentagem de alunos matriculados no ensino médio pernambucano em 2017 foi de 29,07% do total, enquanto em 2019 foi de 30,35% dos alunos.

Para identificar o número de matrículas, utilizou-se o Censo Escolar dos anos de 2017 e 2019 (período analisado), além de dados importantes relacionados à

educação pública estadual, possibilitando obter a quantidade e proporção de alunos matriculados no ensino médio. Por fim, para se chegar ao gasto por aluno no nível médio público estadual pernambucano, calculou-se o repasse do FUNDEB destinado a esse nível de ensino dividido pelo número de matrículas no mesmo, por município, de modo que:

$$\text{Gasto por Aluno} = \frac{\text{FUNDEB Ensino Médio Pernambucano}}{\text{Matrícula no Ensino Médio por Município}}$$

### 3.2.1 PERÍODO E UNIVERSO DA PESQUISA

Na elaboração deste trabalho, como mencionado anteriormente, foram utilizados os últimos dados disponibilizados pelo INEP referentes ao IDEB e ao Censo Escolar do ano de 2021. Para evitar distorções relacionadas ao período extraordinário da pandemia de Covid-19, caracterizado por alta reprovação e abandono escolar, o INEP adotou, via Nota Informativa 2021 (INEP, 2021), o modelo continuum curricular, que, além de outros objetivos, modificou o cálculo do IDEB para o período e indicou utilizar os resultados oriundos do IDEB 2021 com ponderação.

Em uma escolha conservadora justificada pela disponibilidade e confiabilidade dos dados até o momento da realização da pesquisa (primeiro semestre de 2024), o período de análise desta pesquisa compreende os anos de 2017 a 2019. Os dados de 2021 foram deliberadamente excluídos devido às recomendações do INEP que na nota técnica citada anteriormente, ressaltou que os resultados daquele ano foram afetados por eventos atípicos relacionados à pandemia de Covid-19, comprometendo a confiabilidade para análises comparativas. Os dados de 2023 ainda não haviam sido divulgados no período de coleta.

O universo da pesquisa abrange os 185 municípios do estado de Pernambuco que possuíam escolas estaduais de ensino médio em funcionamento no período analisado. Foram consideradas apenas as unidades que apresentaram dados completos para todas as variáveis selecionadas, garantindo a homogeneidade necessária para a aplicação da Análise Envoltória de Dados.

### 3.3 ANÁLISE DE CLUSTER

Uma característica importante para o planejamento da utilização da Análise Envoltória de Dados é a homogeneidade das DMUs, ou seja, evitar comparar DMUs com características altamente divergentes, como um município de grande porte e um pequeno. Ferreira (2020) discorre que, para evitar que a DEA analise todos os dados como pares nos parâmetros utilizados, faz-se necessária a utilização da análise de cluster, visando à criação de grupos com o máximo possível de homogeneidade. Para Ferreira (2020, p. 40):

A clusterização é uma abordagem estatística do tipo multivariada, que busca a identificação de padrões com o objetivo de agrupar em um mesmo cluster, grupos de dados com características comuns, e em clusters, diferentes grupos de dados com características distintas.

Para agrupar os dados oriundos da diversidade de características e visando mensurar a eficiência dos gastos municipais em educação pública no ensino médio pernambucano, foi utilizado o método de hierarquização k-médias para formar grupos homogêneos. Para isso, de acordo com Po et al. (2009) e Ferreira (2020), um indicador de semelhança entre as DMUs deve ser apresentado via duas variáveis, X e Y, por meio da Distância Euclidiana (Araújo Júnior et al., 2019), dada pela fórmula:

$$D_{x,y} = \sqrt[2]{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2, \dots, + (x_n - y_n)^2} = \sqrt[2]{\sum (x_i - y_i)^2}$$

Com o resultado, os grupos formados devem compor-se da seguinte forma (Araújo Júnior et al., 2019; Ferreira, 2020): definem-se os k-centralizadores; cada elemento do conjunto é comparado com o k-centralizador, agrupando-se conforme a menor distância do centro; a cada novo elemento, recalculam-se todos os processos anteriores até todas as DMUs estarem agrupadas.

Outro ponto a se considerar é que, como visto anteriormente na “Regra de Ouro”, é recomendado que o número mínimo de DMUs analisadas seja o valor máximo entre o triplo do total de variáveis utilizadas (inputs mais outputs) e o produto do número de entradas por saídas ou, no mínimo, três a quatro vezes o número de variáveis utilizadas (Ferreira; Gomes, 2009; Longaray, 2022).

Nesta pesquisa, para haver composição de grupos homogêneos, foram considerados como parâmetros o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM - 2010), o PIB per capita municipal (2010) e a população (2010) de cada município. Mesmo com a defasagem dos dados, buscou-se mantê-los similares visando evitar distorções temporais, já que não havia dados mais recentes relacionados ao IDHM brasileiro no momento de confecção da pesquisa (Ferreira, 2020). Esses dados, em conjunto com o método de k-médias, resultaram em quatro grupos. Vistos a seguir:

Quadro 2 – Grupo de DMUs e suas Médias

Grupos de DMU's	Quantidade de DMU's	IDHM <sup>1</sup> (2010)	PIB <sup>2</sup> <i>per capita</i> (2010)	População <sup>3</sup> (2010)
Grupo 1	149	0,582	R\$ 5.513,39	20.110
Grupo 2	29	0,637	R\$ 10.625,03	79.769
Grupo 3	5	0,712	R\$ 10.146,38	386.347
Grupo 4	1	0,772	R\$ 21.711,85	1.537.704

Elaboração própria, com base nos dados de Ferreira (2020), do IBGE (2019) e o Atlas do Desenvolvimento humano no Brasil (2019).

IDHM<sup>1</sup> (2010) – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal;

PIB<sup>2</sup> *per capita* – Divisão do PIB de 2010 pela população do ano de 2010;

População<sup>2</sup> - Média da População do ano de 2010.

O Grupo 1 é composto pela maior quantidade de municípios pernambucanos, somando 149 DMUs. É formado pelos municípios de pequeno porte do estado, possuem IDHM médio de 0,582, PIB per capita médio de R\$ 5.513,39 e população média de 20.110 habitantes, além de estarem espalhados por toda a extensão territorial de Pernambuco. Um fato importante é que três municípios desse grupo foram excluídos nas análises do DEA por falta de dados em alguns dos anos pesquisados, ficando, ao final, 146 cidades. Os excluídos foram: Carnaubeira da Penha, Itacuruba e Ibirajuba, por falta de dados relacionados ao IDEB.

O Grupo 2 caracteriza-se por possuir municípios de médio porte, com população média de 79.769 habitantes, PIB per capita de R\$ 10.625,03 e IDHM de 0,637, sendo composto por 29 municípios dispersos pelo estado.

O Grupo 3 é formado pelos municípios de maior porte do estado, sendo cinco no total. São consideradas capitais regionais, como Caruaru, também chamada de

“Capital do Agreste”, e Petrolina, chamada de “Capital do Sertão”, além de outras três cidades localizadas na região metropolitana do Recife. Possuem população média de 386 mil habitantes, IDHM de 0,712 e PIB per capita próximo ao do grupo anterior, sendo R\$ 10.146,38.

O Grupo 4 constitui o outlier do estado de Pernambuco, sendo sua capital e cidade mais populosa (Recife). Possui características únicas: além da maior população, apresenta também o maior PIB per capita do estado, mais que o dobro dos dois últimos grupos. Embora o IDHM não varie significativamente, diferencia-se dos anteriores em relação aos outros critérios de seleção. Dessa forma, por ter apenas um município, o Grupo 4 ficou de fora das análises de eficiência.

A seguir, no Quadro 3, visando detalhar a composição dos grupos, encontram-se as cidades em seus respectivos grupos com seu código (DMU) alfanumérico, útil para o entendimento das futuras análises:



Quadro 3 – Grupos Municipais e suas Respectivas DMUs

Grupo	Municípios (com DMU)
<b>Grupo 1 (Pequeno Porte)</b>	DMU 1 - Afogados da Ingazeira; DMU 2 - Afrânio; DMU 3 - Agrestina; DMU 4 - Água Preta; DMU 5 - Águas Belas; DMU 6 - Alagoinha; DMU 7 - Aliança; DMU 8 - Altinho; DMU 9 - Amaraji; DMU 10 - Angelim; DMU 11 - Araçoiaba; DMU 12 - Barra de Guabiraba; DMU 13 - Barreiros; DMU 14 - Belém de Maria; DMU 16 - Betânia; DMU 17 - Bodocó; DMU 18 - Bom Conselho; DMU 19 - Bom Jardim; DMU 20 - Bonito; DMU 21 - Brejão; DMU 22 - Brejinho; DMU 23 - Brejo da Madre de Deus; DMU 24 - Buenos Aires; DMU 25 - Cabrobó; DMU 26 - Cachoeirinha; DMU 27 - Caetés; DMU 28 - Calçado; DMU 30 - Camocim de São Félix; DMU 32 - Canhotinho; DMU 33 - Capoeiras; DMU 34 - Carnaíba; DMU 35 - Carnaubeira da Penha; DMU 36 - Casinhas; DMU 37 - Catende; DMU 38 - Cedro; DMU 39 - Chã de Alegria; DMU 40 - Chã Grande; DMU 41 - Condado; DMU 42 - Correntes; DMU 43 - Cortês; DMU 44 - Cumaru; DMU 45 - Cupira; DMU 46 - Custódia; DMU 47 - Dornentes; DMU 48 - Exu; DMU 49 - Feira Nova; DMU 50 - Ferreiros; DMU 51 - Flores; DMU 52 - Floresta; DMU 53 - Frei Miguelinho; DMU 54 - Gameleira; DMU 55 - Glória do Goitá; DMU 57 - Iati; DMU 58 - Ibimirim; DMU 59 - Ibirajuba; DMU 60 - Iguaracy; DMU 62 - Inajá; DMU 63 - Ingazeira; DMU 64 - Ipubi; DMU 65 - Itacuruba; DMU 66 - Itaíba; DMU 67 - Itambé; DMU 68 - Itapetim; DMU 69 - Itapissuma; DMU 70 - Itaquitinga; DMU 71 - Jaqueira; DMU 72 - Jataúba; DMU 73 - Jatobá; DMU 74 - João Alfredo; DMU 75 - Joaquim Nabuco; DMU 76 - Jucati; DMU 77 - Jupi; DMU 78 - Jurema; DMU 79 - Lagoa de Itaenga; DMU 80 - Lagoa do Carro; DMU 81 - Lagoa do Ouro; DMU 82 - Lagoa dos Gatos; DMU 84 - Lajedo; DMU 85 - Macaparana; DMU 86 - Machados; DMU 87 - Manari; DMU 88 - Maraial; DMU 89 - Mirandiba; DMU 90 - Moreilândia; DMU 91 - Nazaré da Mata; DMU 92 - Orobó; DMU 93 - Orocó; DMU 94 - Palmeirina; DMU 95 - Panelas; DMU 96 - Paranatama; DMU 97 - Parnamirim; DMU 98 - Passira; DMU 100 - Petrolândia; DMU 101 - Poção; DMU 102 - Pombos; DMU 103 - Primavera; DMU 104 - Quipapá; DMU 105 - Quixaba; DMU 106 - Riacho das Almas; DMU 107 - Ribeirão; DMU 108 - Rio Formoso; DMU 109 - Sairé; DMU 110 - Salgadinho; DMU 111 - Saloá; DMU 112 - Sanharó; DMU 113 - Santa Cruz; DMU 114 - Santa Cruz da Baixa Verde; DMU 115 - Santa Filomena; DMU 117 - Santa Maria do Cambucá; DMU 118 - Santa Terezinha; DMU 119 - São Benedito do Sul; DMU 120 - São Caetano; DMU 121 - São João; DMU 122 - São Joaquim do Monte; DMU 123 - São José da Coroa Grande; DMU 124 - São José do Belmonte; DMU 125 - São José do Egito; DMU 126 - São Vicente Ferrer; DMU 127 - Serrita; DMU 128 - Sertânia; DMU 129 - Sirinhaém; DMU 130 - Solidão; DMU 131 - Tabira; DMU 132 - Tacaimbó; DMU 133 - Tacaratu; DMU 134 - Tamandaré; DMU 135 - Taquaritinga do Norte; DMU 137 - Terra Nova; DMU 138 - Toritama; DMU 139 - Tracunhaém; DMU 140 - Trindade; DMU 141 - Triunfo; DMU 142 - Tupanatinga; DMU 143 - Tuparetama; DMU 144 - Venturosa; DMU 145 - Verdejante; DMU 146 - Vertente do Lério; DMU 148 - Vicência; DMU 149 - Xexéu.
<b>Grupo 2 (Médio Porte)</b>	DMU 1 - Araripina; DMU 2 - Belo Jardim; DMU 3 - Bezerros; DMU 4 - Buíque; DMU 5 - Cabo de Santo Agostinho; DMU 6 - Carpina; DMU 7 - Escada; DMU 8 - Garanhuns; DMU 9 - Goiana; DMU 10 - Gravatá; DMU 11 - Igarassu; DMU 12 - Ipojuca; DMU 13 - Limoeiro; DMU 14 - Moreno; DMU 15 - Ouricuri; DMU 16 - Palmares; DMU 17 - Paudalho; DMU 18 - Pesqueira; DMU 19 - Salgueiro; DMU 20 - Santa Cruz do Capibaribe; DMU 21 - São Bento do Una; DMU 22 - São Lourenço da Mata; DMU 23 - Serra Talhada; DMU 24 - Surubim; DMU 25 - Timbaúba; DMU 26 - Vitória de Santo Antão.
<b>Grupo 3 (Maior Porte)</b>	DMU 1 - Caruaru; DMU 2 - Jaboatão dos Guararapes; DMU 3 - Olinda; DMU 4 - Paulista; DMU 5 - Petrolina.

Fonte: Elaboração Própria (2024), com base nos dados de Ferreira (2020).

Ao todo, apenas quatro municípios foram desconsiderados nas análises de eficiência, dos 185 que representam o estado pernambucano, conforme apresentado no Quadro 4:

Quadro 4 – Municípios Excluídos da Análise

Motivo da Exclusão	Municípios
Ausência de Dados do IDEB	Carnaubeira da Penha, Itacuruba, Ibirajuba.
Ausência de DMUs Semelhantes	Recife

Fonte: Elaboração própria (2025).

Conforme apresentado no quadro anterior, três municípios do Grupo 1 foram excluídos das análises por não fornecimento de dados referentes a um dos dois períodos analisados, enquanto Recife, que compõe o Grupo 4, foi excluído por falta de pares. Cabe ressaltar que o Grupo 3 não cumpre os requisitos da “Regra de Ouro” para uma análise mais efetiva do DEA; entretanto, optou-se por mantê-lo como exercício teórico.

### 3.4 VARIÁVEIS DA PESQUISA

Para a utilização do método de Análise Envoltória de Dados, faz-se necessária a utilização de *inputs* e *outputs* específicos e relacionados aos objetivos da análise. Para a melhor mensuração da eficiência técnica no gasto dos recursos públicos com a educação para o ensino médio pernambucano no período de 2017 e 2019, foram escolhidos os seguintes dados:

- Dados de Entrada (*Input*): Gasto médio por aluno (repasso do FUNDEB destinado ao ensino médio dividido pelo número de matrículas por município, por período de análise);
- Dados de Saída (*Output*): Nota do IDEB para o ensino médio, por município, para cada período (2017-2019).

A escolha desses dados específicos para *output* e *input* deu-se, respectivamente, pelo fato de o IDEB ser a principal ferramenta pela qual o Estado brasileiro avalia a efetividade educacional do país para a educação básica, enquanto a escolha do dado de entrada deve-se ao fato de que é a principal forma de investimento na educação pública do país, podendo ser simplificado ao montante repassado por quantidade de matrículas no nível de ensino por município. Portanto, ao relacionar ambos os dados em apenas um *input*, os resultados obtidos em testes

no DEA mantiveram-se equivalentes, portanto, unificar em apenas um aproximaram as DMUs aos objetivos da “Regra de Ouro metodológica” e simplificam a análise (Almeida, 2023).

No Quadro 5 dispõe-se a média dos inputs e outputs separados entre os quatro grupos homogêneos clusterizados e explicados na subseção anterior.

Quadro 5 – Média dos *Inputs* e *Outputs*

Índices	INPUTS		OUTPUTS	
	Gasto por Aluno <sup>1</sup>		Notas do IDEB <sup>2</sup>	
ANO	2017	2019	2017	2019
<b>Grupo 1</b>	R\$ 5.426,85	R\$ 6.659,83	4,1	4,5
<b>Grupo 2</b>	R\$ 3.428,65	R\$ 4.512,69	4,0	4,5
<b>Grupo 3</b>	R\$ 2.572,09	R\$ 3.879,48	4,0	4,4
<b>Grupo 4<sup>3</sup></b>	R\$ 1.739,26	R\$ 2.275,78	4,2	4,6

Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa (2024).

Investimento por Aluno<sup>1</sup> - divisão do FUNDEB pela quantidade porcentagem de matrículas de alunos

Notas do IDEB<sup>2</sup> - média das notas do IDEB por grupo

Grupo 4<sup>3</sup> - Cidade do Recife

No quadro anterior, é visível como o gasto por aluno decai entre os grupos, fator que pode ser explicado pelo quantitativo de alunos matriculados em cada grupo, além de haver aumento no valor investido de um ano para o outro. Por outro lado, as notas do IDEB não seguem a mesma lógica, apresentando resultados médios muito parecidos entre os grupos, com aumento significativo entre o período de 2017 e 2019. O Grupo 4 é, visivelmente, o mais eficiente quando apenas se considera a proporção entre o gasto por aluno e resultados do IDEB. Ainda assim, todos os grupos estão, em média, abaixo da meta estipulada para seus respectivos anos.

### 3.5 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA-BCC-MALMQUIST)

Para mensurar a eficiência técnica dos municípios pernambucanos na gestão dos seus recursos educacionais, aplicou-se a Análise Envoltória de Dados com Retornos Variáveis de Escala (DEA-BCC), desenvolvida por Banker, Charnes e Cooper (1984), orientada aos *outputs*. Este modelo foi escolhido por permitir que variações nos *inputs* não resultem necessariamente em mudanças proporcionais nos *outputs*, refletindo com maior adequação à realidade do setor público educacional,

onde economias e deseconomias de escala coexistem (Rosano-Peña; Albuquerque; Daher, 2012; Campoli; Ferraz; Rebelatto, 2019), além de buscar sempre aumentar a produção sem reduzir os escassos recursos públicos, sendo assim um modelo orientado ao produto (Almeida, 2023).

O modelo DEA-BCC é operacionalizado mediante programação linear, construindo uma fronteira de eficiência a partir das DMUs (que, no caso deste trabalho, são os municípios pernambucanos) com melhor desempenho. Cada município foi comparado com seus pares do mesmo cluster, gerando escores de eficiência técnica que variam de 0 a 1, em que:

- Escore = 1: indica município eficiente, ou seja, localizado na fronteira de eficiência;
- Escore < 1: indica município ineficiente, mas com potencial de melhoria para alcançar a fronteira de eficiência.

Para cada DMU ineficiente, o modelo identifica unidades de referência (*benchmarks*) e calcula os ajustes necessários para os *outputs* alcançarem a eficiência técnica, ou fronteira de eficiência, mantendo os *inputs* constantes.

A análise respeitou a “Regra de Ouro” da DEA, garantindo o número mínimo de DMUs por cluster:

$$NDMU \geq \max\{3(m + s), (m \times s)\}$$

- NDMU: número de DMUs;
- m: número de insumos;
- s: número de produtos.

Em que:

- *Inputs* (m): 1
- *Outputs* (s): 1

Resolvendo:

$$NDMU \geq \max\{3(1 + 1), (1 \times 1)\}$$

$$NDMU \geq \max\{6,1\}$$

Portanto, o número mínimo de DMUs por grupo (*cluster*) deve ser 6 unidades tomadoras de decisão, para o modelo poder discriminar os resultados adequadamente e de forma confiável. O Grupo 1 e o Grupo 2 enquadram-se perfeitamente nesse critério; o Grupo 3 será mantido, mesmo sem atingir o critério, por exercício teórico, mas com essas ressalvas; e, por fim, o Grupo 4 foi excluído das análises posteriores por apresentar apenas uma DMU.

Este trabalho utiliza a metodologia DEA-BCC-Malmquist, pois ela permite não só identificar os municípios mais eficientes e o que os menos eficientes podem fazer para melhorar, mas também analisar a modificação dessa eficiência ou ineficiência ao longo do tempo, simultaneamente (Almeida, 2023), sendo útil para avaliar as mudanças produtivas ou tecnológicas ocorridas nos períodos.

Para analisar a eficiência técnica (DEA-BCC) e o comportamento dinâmico da produtividade (DEA-Malmquist) no período de 2017 a 2019, foi utilizado o *software* DEA-SAED. O método foi aplicado para cada grupo municipal em cada período analisado. As análises e discussões dos resultados são apresentadas a seguir.

## 4 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados, analisados e discutidos os principais resultados encontrados ao longo da pesquisa, com a análise da mensuração da eficiência técnica dos gastos públicos nas escolas da rede estadual de educação para o ensino médio do Estado de Pernambuco no período de 2017 a 2019 e seus possíveis determinantes. Utilizou-se o modelo DEA-BCC orientado às saídas para mensurar a eficiência ao longo de cada ano em análise, além da comparação da dinâmica de produtividade via Índice de Produtividade de Malmquist para discutir os achados.

### 4.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS RESULTADOS DO DEA-BCC

Esta subseção busca apresentar e descrever os resultados encontrados via Análise Envoltória de Dados (DEA-BCC) no *software* DEA-SAED, por grupo, em cada período.

Nas tabelas apresentadas a seguir, os resultados da Análise Envoltória de Dados estão organizados de modo a simplificar o entendimento. Houve separação dos dados da pesquisa por período, selecionando-se os municípios com eficiência máxima, o município que representa a mediana e as duas últimas colocações (por vezes compartilhando a sua posição). Em complemento, constam a DMU e a cidade que a representa, o escore atingido, os respectivos *input* e *output* e a projeção para a mesma. A projeção representa o quanto a DMU teve de gasto excedente por aluno comparado ao município de referência e o quanto precisa melhorar no IDEB para atingir a fronteira de eficiência, enquanto a diferença e o percentual agregam informações à projeção. Os resultados do DEA não indicam necessariamente quais municípios foram bons ou ruins, mas inferem quais aproveitaram melhor os recursos destinados, comparando-os entre si.

#### 4.1.1 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DO GRUPO 1

O primeiro grupo, conforme visto anteriormente, é o grupo com os menores municípios do estado, sendo também os mais diversos, com municípios dispostos em

todas as regiões pernambucanas, do litoral ao sertão, além de ser o grupo com maior quantidade de cidades, composto por 146 municípios. Os resultados encontrados tendem a uma maior diversidade de características que os distinguem, como características socioculturais que transpassam para os resultados educacionais. Entretanto, nenhuma cidade ficou com escore abaixo de 0,5, indicando que há certa homogeneidade no grupo.

Tabela 7 – Eficiência Técnica dos Municípios do Grupo 1 em 2017

Classificação	DMU (Município)	Score	Input e Output	Projeção	Diferença	%	DMU Referência (Município)
1°	Nazaré da Mata (88)	1	R\$ 1.846,98 4,7	-	-	-	Nazaré da Mata (88)
1°	Quixaba (102)	1	R\$ 4.441,22 5,4	-	-	-	Quixaba (102)
36°	Parnamirim (94)	0,764	R\$ 3.342,89 3,9	R\$ 3.342,89 5.1	R\$ 0,0 1.2	0% 30,86%	Nazaré da Mata (88) e Quixaba (102)
62°	São Benedito do Sul (116)	0,574	R\$ 6.591,10 3,1	R\$ 4.441,22 5.4	- R\$ 2.151,88 2.3	- 32,64% 74,19%	Quixaba (102)
63°	Gameleira (53)	0,537	R\$ 5.571,08 2,9	R\$ 4.441,22 5.4	- R\$ 1.129,86 2.5	- 20,28% 86,21	Quixaba (102)

Fonte: Elaboração própria (2024).

Na Tabela 7, os municípios de Nazaré da Mata e Quixaba foram os mais eficientes em 2017, estando localizados nas regiões da Zona da Mata e Sertão, nesta ordem, com gasto por aluno e média do IDEB de R\$ 1.846,98 e R\$ 4.441,22, e 4,7 e 5,4, respectivamente. Enquanto o primeiro demonstrou que é possível ser eficiente com menor investimento por aluno, o segundo demonstrou que também se pode atingir o mesmo patamar com maior investimento por aluno. Na mediana do grupo no período está a cidade de Parnamirim, localizada no Sertão do estado, que obteve escore de 0,764. Para essa cidade, os dois municípios eficientes foram considerados como referências pelo software, de modo que, para atingir a fronteira de eficiência com o mesmo gasto por aluno, deveria ter obtido resultado no IDEB 30,86% maior.

Na penúltima colocação do grupo ficou a cidade de São Benedito do Sul, localizada na Zona da Mata pernambucana, com escore de 0,574, que, mesmo com alto nível de recursos por aluno comparado com seus pares, teve resultados no IDEB

aquém do esperado. Comparando-a com Quixaba, seria esperado que obtivesse no mínimo 5,4 no IDEB. O mesmo vale para a última colocação do grupo, Gameleira, localizada na Zona da Mata, que teve escore de 0,537, maior gasto por aluno e IDEB médio questionável de 2,9. Ambos os municípios necessitam rever sua gestão de recursos para aumentar em mais de 70% os IDEBs futuros.

Quanto ao atingimento da meta do INEP para o IDEB estipulada para o ano de 2017, que foi de 4,7, apenas 17 municípios atingiram esse objetivo, sendo eles e seus respectivos resultados: Quixaba (5,4), Vertentes (5,3), Terra Nova (5,0), Jupi (5,0), Jucati (4,9), Santa Maria do Cambucá (4,9), Tuparetama (4,9), São José do Egito (4,8), Dormentes (4,8), Nazaré da Mata (4,7), Solidão (4,7), Triunfo (4,7), Venturosa (4,7), Verdejante (4,7), Vertente do Lério (4,7), Itapetim (4,7) e Jataúba (4,7).

No ano de 2019, o Grupo 1 demonstrou melhorias consideráveis. Mesmo mantendo-se com dois municípios com eficiência máxima, a classificação geral melhorou: enquanto no período anterior o município menos eficiente estava na 67ª posição, no ano em questão está na 47ª posição. Entretanto, as colocações anteriores não se mantiveram com as mesmas DMUs. Riacho das Almas e Orobó foram os municípios mais eficientes no período. Da mesma forma que no período anterior, o primeiro município teve maior gasto por aluno e nota do IDEB em relação ao segundo, indicando como se darão as comparações com os outros municípios do grupo no período. Ambos os municípios estão localizados no Agreste pernambucano.

Tabela 8 – Eficiência Técnica dos Municípios do Grupo 1 em 2019

Classificação	DMU (Município)	Score	Input e Output	Projeção	Diferença	%	DMU Referência (Município)
1°	Riacho das Almas (103)	1	R\$ 5.097,89 6,2	-	-	-	Riacho das Almas (103)
1°	Orobó (89)	1	R\$ 2.419,57 5,2	-	-	-	Orobó (89)
28°	Lajedo (81)	0,728	R\$ 3.883,81 4,5	R\$ 3.883,27 5,75	R\$ 0,0 1,55	0% 36,82%	Orobó (89) e Riacho das Almas (103)
46°	Santa Maria da Boa Vista (113)	0,580	R\$ 6.550,94 3,6	R\$ 5.097,89 6,2	- R\$ 1.453,05 2,6	- 22,18% 32,22%	Riacho das Almas (103)
47°	Petrolândia (97)	0,548	R\$ 6.273,48 3,4	R\$ 5.097,89 6,2	- R\$ 1.175,59 2,8	- 18,74% 82,35%	Riacho das Almas (103)

Fonte: Elaboração própria (2024).



Como observado na Tabela 8, Lajedo foi o município da mediana dos resultados do grupo, localizado no Agreste, com escore de 0,728, gasto por aluno de R\$ 3.883,81 e notas do IDEB de 4,5. Em comparação com as DMUs de referência, com os mesmos recursos, a gestão pública escolar deveria ter gerado resultado de 5,75, ou seja, 36,82% maior. Quanto às últimas colocações, Santa Maria da Boa Vista ficou em penúltimo lugar, localizada na região do São Francisco do estado, com escore de 0,580, resultado de gasto por aluno de R\$ 6.550,94 e pontuação no IDEB de 3,6. Com gasto 22,18% maior que Riacho das Almas, os resultados do IDEB deveriam ter sido 32,22% maiores. Na última colocação ficou Petrolândia, também localizada na região do São Francisco, sendo um caso semelhante ao anterior, em que, mesmo com recursos superiores ao município de referência, os resultados das notas foram 82,35% menores, exigindo revisões no modelo de gestão ou infraestrutura utilizados nas escolas da rede estadual da DMU.

Quanto ao atingimento da meta do IDEB estipulada pelo INEP para o ano de 2019, que foi de 5,0 pontos, apenas 16 municípios a atingiram, sendo estes e suas pontuações: Riacho das Almas (6,2), Ibimirim (5,8), São José do Egito (5,4), João Alfredo (5,4), Tuparetama (5,3), Orobó (5,2), Vertente do Lério (5,2), Vertentes (5,2), Terra Nova (5,1), Camocim de São Félix (5,1), Jucati (5,1), Solidão (5,1), Bonito (5,0), Jupi (5,0), Macaparana (5,0) e Triunfo (5,0).

Como complemento, na Tabela 9 estão dispostos os resultados gerais do Grupo 1 em ambos os anos. Como observado, a média dos resultados dos escores de eficiência demonstra que há certa eficiência nos municípios do grupo em questão, mesmo com queda marginal de um ano analisado ao outro. Algo diferente ocorre com os resultados mínimos, nos quais houve melhora gradual entre os períodos, com a mesma quantidade de municípios eficientes em ambos os casos analisados. Quanto ao desvio padrão, a baixa variação dos dados em relação à média indica a dispersão das cidades; logo, há certa agregação em determinados escores.

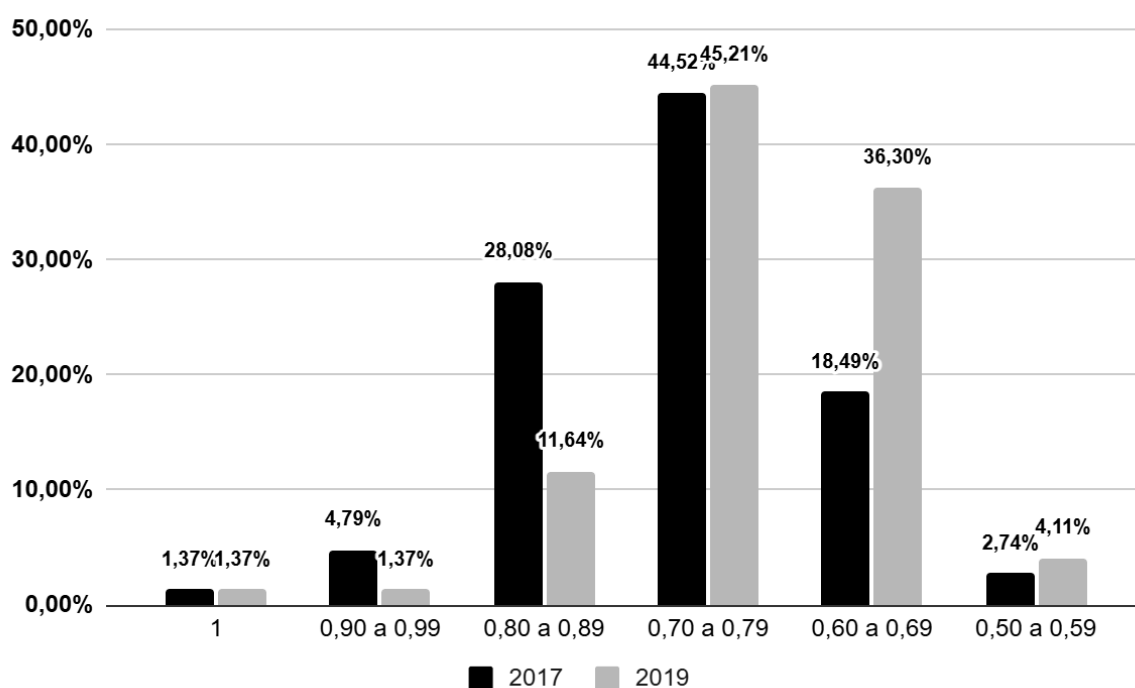
Tabela 9 – Dados Gerais sobre a Eficiência Técnica do Grupo 1

Grupo 1	2017	2019
<b>Média</b>	0,765	0,728
<b>Mínimo</b>	0,537	0,548
<b>Máximo</b>	1	1
<b>Desvio Padrão</b>	0,088	0,077
<b>N.º de Municípios Eficientes</b>	2	2

Fonte: Elaboração própria (2024).

Como medida para comprovar a veracidade do desvio padrão, o Figura 8 demonstra o quanto os resultados dos escores, em ambos os períodos, estão próximos à média, com quase 50% das duas amostras na faixa de 0,70 a 0,79.

Figura 8 – Índice de Eficiência Técnica do Grupo 1 em 2017 e 2019



Fonte: Elaboração própria (2025)

Outra característica curiosa observada no gráfico anterior é que houve piora considerável na dispersão dos municípios em 2019 em relação a 2017, com maior agregação de DMUs entre o intervalo de 0,50 e 0,79 e, conseqüentemente, menor resultado entre os intervalos de maior eficiência.

#### 4.1.2 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DO GRUPO 2

Quanto ao segundo grupo, com 29 cidades, representado pelos municípios de médio porte do estado, três municípios atingiram a fronteira de eficiência no ano de 2017: Camaragibe, Limoeiro e Timbaúba. O primeiro representa a DMU com menor gasto médio por aluno relativo à nota do IDEB, o segundo foi o intermediário, e o terceiro obteve a maior nota proporcional ao maior gasto por aluno. Camaragibe, localizada na região metropolitana do Recife, teve investimento médio de R\$ 1.229,14 por aluno e IDEB de 3,7; mesmo com o menor *input* do grupo, ficou com IDEB superior aos seus pares com investimento parecido, sendo eficiente na gestão dos gastos públicos. Limoeiro, localizada no Agreste do estado, teve o segundo maior IDEB do grupo e *input* de R\$ 2.251,63, também sendo eficiente na gestão dos gastos públicos. Timbaúba, sendo o município de referência, teve como investimento médio por aluno o valor de R\$ 2.837,61 e IDEB de 4,6 pontos, o maior do grupo no período, estando localizada na Mesorregião da Mata Pernambucana, como observado na Tabela 10.

Tabela 10 – Eficiência Técnica dos Municípios do Grupo 2 em 2017

Classificação	DMU (Município)	Score	Input e Output	Projeção	Diferença	%	DMU Referência (Município)
1°	Camaragibe (08)	1	R\$ 1.229,14 3,7	-	-	-	Camaragibe (08)
1°	Limoeiro (16)	1	R\$ 2.251,63 4,5	-	-	-	Limoeiro (16)
1°	Timbaúba (28)	1	R\$ 2.837,61 4,6	-	-	-	Timbaúba (28)
10°	Serra Talhada (26)	0,891	R\$ 3.591,86 4,1	R\$ 2.837,61 4,6	- R\$ 754,25 0,5	- 21% 12,20%	Timbaúba (28)
15°	São Bento do Una (24)	0,782	R\$ 5.708,98 3,6	R\$ 2.837,61 4,6	- R\$ 2.871,37 1	- 50,30% 27,78%	Timbaúba (28)
16°	Ouricuri (18)	0,760	R\$ 3.958,19 3,5	R\$ 2.837,61 4,6	- R\$ 1.120,58 1,1	- 28,31% 31,43%	Timbaúba (28)

Fonte: Elaboração própria (2024).

Em posição mediana localiza-se o município de Serra Talhada, localizada no Sertão do estado, que obteve escore de 0,891, resultado de gasto por aluno de R\$ 3.591,86 e nota média do IDEB de 4,1, sendo este 0,5 pontos inferiores ao potencial relativo à nota comparado com Timbaúba. Em penúltimo lugar está São Bento do Una, localizada no Agreste, com escore de 0,782, que, para atingir a fronteira de eficiência, comparando com sua referência, teve investimento por aluno 50,30% maior com resultado 27,78% menor. Na última colocação do grupo ficou Ouricuri, localizada no Sertão, com escore de 0,760, gerado de gasto por aluno de R\$ 3.958,19 e resultado obtido pelo IDEB de 3,5, indicando necessidade de melhora de 31,43% nessa nota em relação à Timbaúba.

Quanto ao ano de 2019, o grupo demonstrou algumas alterações, como observado na Tabela 11. Enquanto Camaragibe e Timbaúba mantiveram-se com o índice de eficiência no máximo, com gasto por aluno e IDEB de R\$ 1.600,19 e R\$ 3.472,20, e 4,2 e 5,1, respectivamente, Ouricuri manteve-se na pior posição do cluster, com investimento por aluno de R\$ 5.285,44 e resultado do IDEB de 3,9, gerando escore de 0,766. No entanto, Limoeiro perdeu a posição de eficiência máxima.

Tabela 11 – Eficiência Técnica dos Municípios do Grupo 2 em 2019

Classificação	DMU (Município)	Score	Input e Output	Projeção	Diferença	%	DMU Referência (Município)
1°	Camaragibe (08)	1	R\$ 1.600,19 4,2	-	-	-	Camaragibe (08)
1°	Timbaúba (28)	1	R\$ 3.472,20 5,1	-	-	-	Timbaúba (28)
10°	Abreu e Lima (01)	0,883	R\$ 2.755,39 4,2	R\$ 2.755,93 4,76	R\$ 0,0 0,56	R\$ 0 13,22%	Camaragibe (08) e Timbaúba (28)
14°	Pesqueira (21)	0,823	R\$ 5.069,09 4,2	R\$ 3.472,20 5,1	- R\$ 1.596,89 0,9	- 31,50% 21,43%	Timbaúba (28)
15°	Ouricuri (18)	0,766	R\$ 5.285,44 3,9	R\$ 1.472,20 5,1	- R\$ 1.786,24 1,2	- 33,97% 30,77%	Timbaúba (28)

Fonte: Elaboração própria (2024).

Como modificações de classificação, Abreu e Lima, localizada na região metropolitana do Recife, ficou na posição mediana do grupo, com escore de 0,883,

resultado de gasto por aluno de R\$ 2.755,39 e IDEB de 4,2, tendo IDEB 13,22% menor que Camaragibe. Quanto à penúltima posição, Pesqueira, cidade do Agreste do estado, mostrou-se como município com investimento por aluno de R\$ 5.069,09 e IDEB do período de 4,2, sendo R\$ 1.596,89 menor e 0,9 ponto inferior aos dados de Timbaúba, resultando em escore de 0,823.

Em complemento, dados gerais da eficiência técnica dos municípios no segundo grupo demonstram melhorias marginais na média, mínimo e desvio padrão dos escores, mas com a quantidade de DMUs na fronteira de eficiência caindo de três para dois municípios de 2017 para 2019, como observado na Tabela 12.

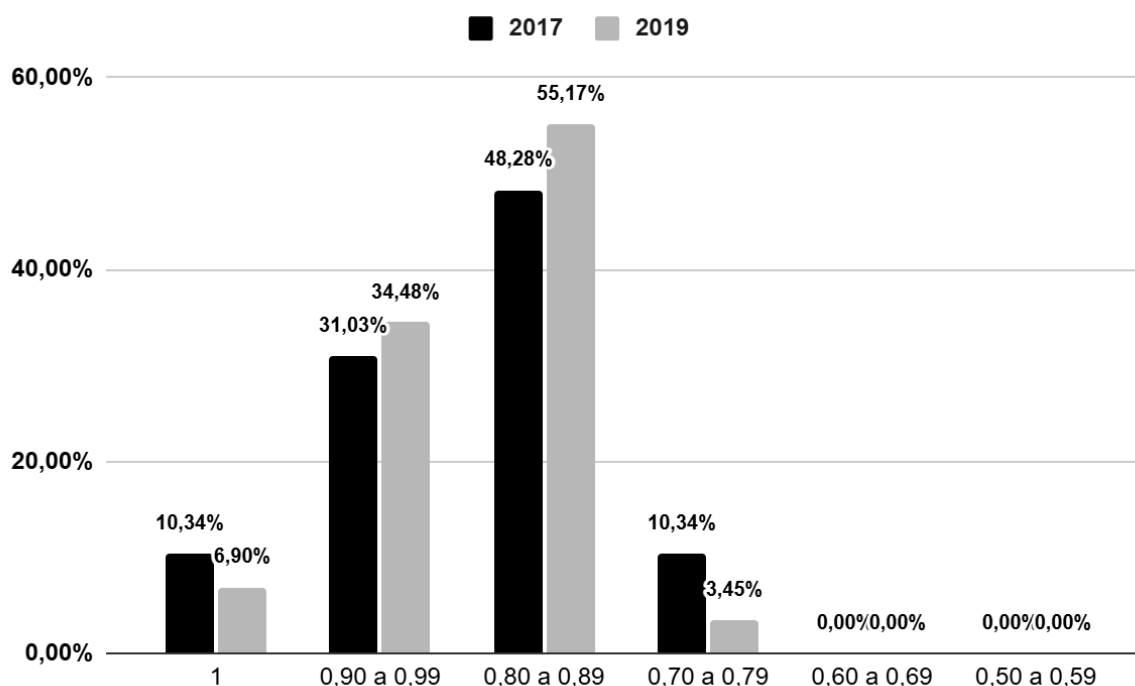
Tabela 12 – Dados Gerais sobre a Eficiência Técnica do Grupo 2

<b>Grupo 2</b>	<b>2017</b>	<b>2019</b>
<b>Média</b>	0,892	0,893
<b>Mínimo</b>	0,761	0,766
<b>Máximo</b>	1	1
<b>Desvio Padrão</b>	0,070	0,060
<b>N.º de Municípios Eficientes</b>	3	2

Fonte: Elaboração própria (2024).

Houve agregação de municípios no intervalo de 0,80 a 0,89 nos dois períodos, intervalo médio dos escores, representando por volta de 50% das DMUs nos períodos. Além disso, houve declínio nos municípios com eficiência máxima e no intervalo de 0,70 a 0,79 de um período para o outro e, por consequência, maior aproximação dos municípios à fronteira de eficiência, sendo este um desempenho positivo para o grupo, como observado na Figura 9.

Figura 9 – Índice de Eficiência Técnica do Grupo 2 em 2017 e 2019



Fonte: Elaboração própria (2025)

#### 4.1.3 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DO GRUPO 3

Por fim, apresentam-se os resultados da Análise Envolvória de Dados do Grupo 3, representado pelos cinco municípios de maior porte do estado pernambucano, observados na Tabela 13. No entanto, sua análise consta como exercício metodológico, pois o grupo não apresenta o número mínimo de DMUs necessárias para a realização de uma análise adequada. Como município que atingiu a fronteira de eficiência do grupo no ano de 2017, Paulista, localizado na região Metropolitana do Recife, obteve resultado no IDEB de 4,2 pontos médios com gasto por aluno de R\$ 1.839,01. Caruaru ficou na segunda colocação, localizada no Agreste, com IDEB de 4,1, 2,44% inferior ao eficiente e gasto médio por aluno 48,25% superior à Paulista, com R\$ 3.553,32, resultando em escore de 0,976.

Tabela 13 – Eficiência Técnica dos Municípios do Grupo 3 em 2017

Classificação	DMU (Município)	Score	Input e Output	Projeção	Diferença	%	DMU Referência (Município)
1°	Paulista (04)	1	R\$ 1.839,01 4,2	-	-	-	Paulista (04)
2°	Caruaru (01)	0,976	R\$ 3.553,32 4,1	R\$ 1.839,01 4.2	- R\$ 1.714,31 0.1	- 48,25% 2,44%	Paulista (04)
3°	Jaboatão dos Guararapes (02)	0,952	R\$ 2.963,20 4	R\$ 1.839,01 4.2	- R\$ 1.124,19 0.2	- 37,84% 5%	Paulista (04)
4°	Petrolina (05)	0,929	R\$ 3.305,31 3,9	R\$ 1.839,01 4.2	- R\$ 1.466,30 0.3	- 44,36% 7,69%	Paulista (04)
5°	Olinda (03)	0,905	R\$ 2.099,62 3,8	R\$ 1.839,01 4.2	- R\$ 260,61 0.4	- 12,41% 10,53%	Paulista (04)

Fonte: Elaboração própria (2024).

Como observado na tabela anterior, Jaboatão dos Guararapes, localizado na região Metropolitana do Recife, obteve escore de 0,952, advindo de gasto por aluno de R\$ 2.963,20 e nota 4,0 do IDEB, sendo 37,84% superior e 5% inferior, respectivamente, aos resultados de Paulista. Petrolina, localizada no Sertão do estado, ficou na quarta colocação, com escore de 0,929, gasto médio por aluno de R\$ 3.305,31 e IDEB de 3,9, resultados estes com boa diferença em relação ao *benchmark* do grupo no período. Por fim, na última colocação ficou Olinda, localizada na região Metropolitana, que, mesmo com gasto médio por aluno de R\$ 2.099,62, teve nota do IDEB de apenas 3,8, resultando em escore de 0,905, podendo chegar à fronteira de eficiência com aumento de 10,53% nos resultados das avaliações para o IDEB.

Quanto ao ano de 2019, o terceiro grupo teve algumas permanências, como Paulista mantendo-se na fronteira de eficiência e Olinda também mantendo-se na última colocação, mas com a nota do IDEB sendo apenas 4,14% inferior a Paulista, resultando em escore de 0,933 e investimento médio por aluno de R\$ 2.901,25, como observado na Tabela 14.

Tabela 14 – Eficiência Técnica dos Municípios do Grupo 3 em 2019

Classificação	DMU (Município)	Score	Input e Output	Projeção	Diferença	%	DMU Referência (Município)
1°	Paulista (04)	1	R\$ 2.603,60 4,5	-	-	-	Paulista (04)
1°	Petrolina (05)	1	R\$ 4.751,89 4,5	R\$ 2.603,60 4,5	- R\$ 2.148,29 0	- 45,21% 0	Paulista (04)
2°	Caruaru (01)	0,978	R\$ 5.222,84 4,4	R\$ 2.603,60 4,5	- R\$ 2.619,24 0.1	- 50,15% 2,27%	Paulista (04)
3°	Jaboatão dos Guararapes (02)	0,956	R\$ 3.917,82 4,3	R\$ 2.603,60 4,5	- R\$ 1.314,22 0.2	- 33,54% 4,65%	Paulista (04)
4°	Olinda (03)	0,933	R\$ 2.901,25 4,2	R\$ 2.603,60 4,5	- R\$ 297,65 0.3	- 10,26% 4,14%	Paulista (04)

Fonte: Elaboração própria (2024)

Quanto às modificações, Petrolina atingiu a fronteira de eficiência do grupo, com o mesmo IDEB de 4,5 de Paulista, mas com gasto médio por aluno 45,21% superior. Caruaru e Jaboatão dos Guararapes trocaram de colocação em relação ao período de 2017: o primeiro está na segunda posição, com escore de 0,978, gerado por gasto médio por aluno de R\$ 5.222,84 e nota média do IDEB de 4,4; já Jaboatão, estando na terceira posição do grupo, obteve escore de 0,956, resultado da nota média do IDEB de 4,3 e gasto médio por aluno de R\$ 3.917,82. Os resultados do DEA desse grupo no período demonstram que, mesmo com resultados da avaliação do IDEB marginalmente próximos, os municípios podem se distanciar quando se comparam os recursos investidos nas escolas de nível médio e a eficiência na gestão dos mesmos.

Como observado na Tabela 15, os resultados dos escores são, na média, muito próximos e com relativa melhora do ano de 2017 para 2019, além de possuírem um município a mais atingindo a fronteira de eficiência em 2019, demonstrando que, quando comparados entre si, os resultados da gestão pública dos recursos de ambos os períodos podem ser considerados eficientes, desconsiderando a discrepância entre o investimento por aluno.



Tabela 15 – Dados Gerais sobre a Eficiência Técnica do Grupo 3

<b>Grupo 3</b>	<b>2017</b>	<b>2019</b>
<b>Média</b>	0,952	0,973
<b>Mínimo</b>	0,905	0,933
<b>Máximo</b>	1	1
<b>Desvio Padrão</b>	0,038	0,029
<b>N.º de Municípios Eficientes</b>	1	2

Fonte: Elaboração própria (2024).

Não obstante, apenas a análise estática dos dados é incapaz de gerar interpretação eficiente dos resultados desta pesquisa, necessitando de análise dinâmica dos mesmos. Há, portanto, ainda os resultados advindos do Índice de Produtividade de Malmquist.

#### 4.1.4 DISCUSSÃO E SUGESTÕES DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Com base na descrição dos resultados do DEA por grupo apresentado anteriormente, pode-se observar que a grande maioria dos municípios não pode ser considerada eficiente. Apenas seis municípios foram eficientes em ambos os anos analisados, uma quantidade ínfima quando se considera que o Estado de Pernambuco possui 185 cidades. Mesmo considerando que apenas 181 municípios seguiram para as análises, isso representa um percentual de cerca de apenas 3,3% das cidades do estado sendo eficientes. Desagregando os dados, em 2017 e 2019, no primeiro grupo, com 146 cidades, cerca de apenas 1,37% foi eficiente; para o segundo grupo, com 29 municípios, cerca de 10,34% em 2017 e 6,9% em 2019; quanto ao terceiro grupo, com cinco cidades, apenas 20% foi eficiente em 2017 e 40% em 2019.

Os resultados desta pesquisa confirmam a aplicabilidade do DEA para o diagnóstico da gestão educacional. A presença de seis municípios na fronteira de eficiência demonstra que a excelência é possível dentro da realidade de recursos da rede estadual de ensino do estado. A ineficiência encontrada nas demais unidades aponta majoritariamente para uma ineficiência no processo de gestão dos recursos. Ou seja, as escolas dos municípios ineficientes precisam rever suas práticas de

gestão pedagógica, metodologias de ensino e rotinas de acompanhamento de desempenho, espelhando-se nas boas práticas das unidades benchmark identificadas por este estudo.

## 4.2 ANÁLISE DESCRITIVA DOS RESULTADOS DO DIA-MALMQUIST

Esta subseção busca apresentar e descrever os resultados encontrados via Índice de Produtividade de Malmquist (DEA-Malmquist) no software DEA-SAED, por grupo.

Nas tabelas apresentadas a seguir, visando simplificar o entendimento dos resultados da Análise do Índice de Produtividade de Malmquist para o período de 2017 a 2019 realizado nesta pesquisa, foi agregada a distribuição percentual dos municípios de cada grupo relativa à mudança produtiva (Ferreira; Gomes, 2009; Rosano-Peña; Albuquerque; Daher, 2012; Araújo Júnior, 2019; Almeida, 2023; Barbosa, 2025):

- Eficiência Tecnológica: mede o deslocamento da própria fronteira de eficiência entre os períodos;
- Eficiência Produtiva/Técnica: mede se a instituição está se aproximando ou se afastando da fronteira de eficiência;
- Índice Global de Malmquist: mede se a instituição educacional melhorou ou piorou seu desempenho geral de um período para o outro.

Em complemento, foram adicionados os valores agregados em percentual das DMUs, as médias, os máximos, mínimos e o desvio padrão dos resultados fornecidos pelo Índice de Malmquist. Desse modo, visou-se o melhor entendimento de tais resultados por grupo.

### 4.2.1 ANÁLISE DA DINÂMICA DE PRODUTIVIDADE DO GRUPO 1

Quanto à análise dinâmica de produtividade entre os períodos, no primeiro grupo é visível, na Tabela 16, como a maioria dos municípios manteve-se no mesmo nível de produtividade, tanto na eficiência tecnológica como na produtiva, com 14,38% decaindo na primeira e 9,59% decaindo na segunda, enquanto 26,71% das DMUs melhoraram tecnologicamente e 36,99% produtivamente. Isso indica que, mesmo com

a alta estabilidade ocorrida entre os períodos, as melhoras obtidas foram bem maiores que as piores, induzindo a certa melhora na dinâmica produtiva do grupo no período.

Tabela 16 – Distribuição e Análise Descritiva dos Resultados do Grupo 1

Grupo 1	Distribuição das DMU's		
Período	2017-2019		
Indicadores	Ef. Tecno.	Ef. Prod.	Ín. Malm.
<b>Melhorou</b>	26,71%	36,99%	0%
<b>Manteve</b>	58,90%	53,42%	100%
<b>Piorou</b>	14,38%	9,59%	0%
<b>Média</b>	1,107	1,181	1,1840
<b>Máximo</b>	3,165	3,118	1,1844
<b>Mínimo</b>	0,380	0,374	1,1836
<b>Desvio Padrão</b>	0,378	0,399	0

Fonte: Elaboração própria (2024).

Em complemento, na tabela anterior também há dados relacionados às estatísticas gerais do grupo, nos quais os resultados de ambas as eficiências analisadas são praticamente equivalentes. Enquanto a média dos resultados ficou na casa decimal do 1,1, os máximos e mínimos apresentaram maior variação. Lagoa de Itaenga foi o município que melhor se saiu na eficiência tecnológica, com 3,165, e pior na eficiência produtiva, com 0,374. Nazaré da Mata foi o que melhor se saiu na eficiência produtiva e pior na eficiência tecnológica, sendo ambos os extremos do grupo. Por fim, da mesma forma que os resultados do DEA, o desvio padrão demonstrou baixa variação dos dados em relação à média.

#### 4.2.2 ANÁLISE DA DINÂMICA DE PRODUTIVIDADE DO GRUPO 2

Quanto ao segundo grupo, houve certa agregação nos resultados, já que apenas 3,45% dos municípios tiveram alguma piora na dinâmica de produtividade e na eficiência tecnológica, enquanto, no mesmo índice, 3,45% melhoraram e os outros 93,10% mantiveram-se estáveis. Por outro lado, a eficiência produtiva mostrou-se com certa divisão, com 44,83% das DMUs melhorando, enquanto 55,17% mantiveram-se estáveis e nenhuma teve piora. Esse grupo demonstrou melhor desempenho produtivo no período em relação ao primeiro grupo.

Tabela 17 – Distribuição e Análise Descritiva dos Resultados do Grupo 2

Grupo 2	Distribuição das DMU's		
Período	2017-2019		
Indicadores	Ef. Tecno.	Ef. Prod.	Ín. Malm.
<b>Melhorou</b>	3,45%	44,83%	0%
<b>Manteve</b>	93,10%	55,17%	100%
<b>Piorou</b>	3,45%	0%	0%
<b>Média</b>	0,973	1,198	1,1469
<b>Máximo</b>	1,346	1,723	1,1471
<b>Mínimo</b>	0,666	0,852	1,1465
<b>Desvio Padrão</b>	0,125	0,158	0

Fonte: Elaboração própria (2024).

Esses resultados, somados às proximidades com as médias indicadas pelo desvio padrão na tabela anterior, indicam bom uso dos recursos públicos entre o período. No entanto, com índice de mudança tecnológica de 0,666, o mínimo do grupo, e mudança de eficiência produtiva de 1,723, o máximo do grupo, Pesqueira foi o outlier, em conjunto com São Bento do Una que, respectivamente, obteve o resultado mínimo da eficiência produtiva (0,852) e máximo da eficiência tecnológica (1,346).

#### 4.2.3 ANÁLISE DA DINÂMICA DE PRODUTIVIDADE DO GRUPO 3

Por fim, apresenta-se o terceiro grupo. Por ser menor, os resultados foram mais agregados, com 100% dos municípios melhorando na eficiência produtiva e 100% mantendo-se estável na eficiência tecnológica no período analisado.

Tabela 18 – Distribuição e Análise Descritiva dos Resultados do Grupo 3

Grupo 3	Distribuição das DMU's		
Período	2017-2019		
Indicadores	Ef. Tecno.	Ef. Prod.	Ín. Malm.
<b>Melhorou</b>	0%	100%	100%
<b>Manteve</b>	100%	0%	0%
<b>Piorou</b>	0%	0%	0%
<b>Média</b>	1,031	1,283	1,321
<b>Máximo</b>	1,074	1,370	1,322
<b>Mínimo</b>	0,964	1,230	1,321
<b>Desvio Padrão</b>	0,047	0,060	0

Fonte: Elaboração própria (2024).

Devido a isso, o desvio padrão demonstrou pouca variação em relação à média, indicando grande proximidade entre os municípios. Jaboatão dos Guararapes obteve a maior pontuação na eficiência tecnológica, com 1,074, e a menor na eficiência produtiva, com 1,230, mesmo sendo uma diferença marginal, enquanto Caruaru obteve a maior pontuação na eficiência produtiva, com 1,370, e a menor na eficiência tecnológica, com 0,964.

#### **4.2.4 DISCUSSÃO E SUGESTÕES DOS RESULTADOS DO ÍNDICE DE MALMQUIST**

Para a formulação de políticas públicas que visem aumentar a produtividade da educação pública no ensino médio do Estado de Pernambuco, com base nos resultados de baixa mudança vistos nas subseções anteriores, tem-se que:

1. Se o problema é baixo catch-up (mudança produtiva/técnica), a solução pode ser treinamento de gestores, técnicos e professores, além de melhorias nos processos de gestão internos dessas escolas, podendo até se basear nos processos internos das escolas dos municípios com melhores resultados, adaptando-os às realidades locais, entre outras práticas produtivas possíveis;
2. Se o problema é a baixa mudança tecnológica, a solução pode ser investimento em inovação, equipamentos ou práticas de ensino mais efetivos, além de maior investimento na infraestrutura sistêmica dessas escolas, entre outras práticas de inovações possíveis.

Portanto, cabe à cadeia de gestão (escolar, municipal, estadual e, até federal) investir em políticas públicas adequadas que visem à real melhoria do ensino médio estadual, etapa de ensino com extrema importância para a formação cidadã, além de fiscalização e exigência dos seus direitos e cumprimento de seus deveres por parte dos usuários da educação e da população em geral.

Comparando com a literatura mais próxima deste trabalho, que foi o de Almeida (2023) e sua derivação em Almeida e Justo (2022), a autora clusteriza com base nas Gerências Regionais de Educação (GRE) do Estado, sendo grupos instituídos pelo Pacto pela Educação implementado em 2011 por Pernambuco para suprir, regionalmente, as demandas educacionais oriundas das redes estaduais de ensino,

contabilizando 16 unidades. Em sua monografia, a autora separou os municípios em quatro grupos: no primeiro grupo encontram-se os municípios sob domínio das GREs do Recife Norte, Recife Sul, Metropolitana Norte e Metropolitana Sul; no segundo grupo estão os municípios sob as GREs da Mata Norte, Mata Centro e Mata Sul; no terceiro grupo estão as GREs do Vale do Capibaribe, Agreste Centro Norte e Agreste Meridional; por fim, no grupo quatro estão as GREs do Sertão do Moxotó-Ipanema, Sertão do Alto Pajeú, Sertão do Submédio São Francisco, Sertão Central e Sertão do Araripe.

Como a metodologia do DEA-Malmquist, para a literatura equivalente ser mais efetivamente discutida, depende da técnica escolhida para a formulação dos grupos, mesmo com o escopo da pesquisa sendo basicamente o mesmo (apenas mudando que, neste trabalho, não foram utilizados os dados do IDEB de 2021), não cabe a discussão comparativa detalhada dos resultados encontrados em ambos os estudos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como finalidade mensurar a eficiência técnica das escolas da rede estadual de ensino médio pernambucano no período de 2017 a 2019. Para isso, inicialmente, buscou-se homogeneizar os municípios em grupos nos quais as cidades tivessem características semelhantes via *cluster* k-médias. Com isso, obtiveram-se quatro grupos; entretanto, devido à diversidade de características das cidades do estado, apenas três grupos seguiram para as análises, com apenas dois atingindo o mínimo de DMUs necessárias para uma análise efetiva dos dados. As análises foram realizadas por meio do método da Análise Envoltória de Dados (DEA-BCC) orientado ao produto, devido às características próprias da educação pública brasileira. Em complemento, utilizou-se o Índice de Produtividade de Malmquist para mensurar a dinâmica de produtividade dos municípios ocorrida no período analisado.

Em linhas gerais, os resultados indicaram que houve melhoras significativas na gestão dos recursos públicos educacionais, como o aumento na verba destinada à educação e aumento nos resultados do IDEB no período. No entanto, os dados também demonstraram haver grande desigualdade entre os grupos de municípios do estado, além de desigualdades entre municípios dos próprios grupos. Uma característica importante é que os municípios considerados eficientes ou próximos à fronteira de eficiência não estão necessariamente próximos a grandes centros urbanos, ou políticos, apresentando certo grau de dispersão no estado ou possuem grande gasto por aluno, como Moraes, Crozatti e Machado (2025) indicaram em seu estudo, não houve forte correlação entre os investimentos educacionais com a performance dos estudantes.

Quanto aos resultados oriundos do DEA, em suma, dentre os 181 municípios que seguiram para as análises, apenas 3,3% das cidades do estado foram eficientes em ambos os anos, totalizando seis municípios nos dois anos analisados. No Grupo 1, com 146 DMUs, no ano de 2017, apenas Nazaré da Mata e Quixaba atingiram a eficiência máxima, enquanto no ano de 2019, apenas Riacho das Almas e Orobó. No Grupo 2, que possui 29 DMUs, em 2017, apenas Camaragibe, Limoeiro e Timbaúba atingiram a fronteira de eficiência, enquanto em 2019 reduziram para Camaragibe e Timbaúba, que mantiveram a maximização de eficiência do grupo. Por fim, no Grupo 3, com cinco DMUs, em 2017, apenas Paulista atingiu a eficiência máxima; quanto a

2019, além de Paulista, que se manteve, Petrolina atingiu o topo do grupo. É importante ressaltar que nenhuma cidade, em nenhum grupo e período analisado, ficou abaixo do escore de 0,5 do método, indicando que não houve DMU com ineficiência extrema.

Em relação aos resultados oriundos do Índice de Produtividade de Malmquist, no que se refere à evolução dos resultados no período e no que tange à mudança produtiva e tecnológica, no primeiro grupo houve melhora de 26,71%, manutenção de 58,9% e piora de 14,38% na eficiência tecnológica das DMUs; quanto à mudança produtiva, 36,99% melhoraram, 53,42% mantiveram-se estável e 9,59% pioraram. Quanto ao segundo grupo, na mudança tecnológica, apenas 3,45% melhoraram e pioraram, enquanto 93,10% mantiveram-se na estabilidade; quanto à mudança produtiva, 44,83% melhoraram, 55,17% mantiveram-se e nenhum piorou. Por fim, no último grupo, 100% mantiveram-se estável em relação à mudança tecnológica e 100% melhoraram no que tange à mudança produtiva no período.

Portanto, os resultados da Análise Envoltória de Dados, com orientação ao produto, concomitante ao Índice de Produtividade de Malmquist, inferem, a princípio, que a ineficiência na rede estadual de ensino pernambucano não se deve apenas à falta de recursos (*inputs*), mas sim à subutilização dos processos de conversão desses recursos em resultados pedagógicos (*outputs*). Desta forma, recomenda-se que os tomadores de decisão dos municípios com escores de eficiência inferiores à unidade utilizem as metas de produção projetadas por este estudo como insumos para objetivos estratégicos plausíveis.

Adicionalmente, sugere-se implementar um programa de mentoria e *benchmarking* ativo, no qual as escolas identificadas como “pares eficientes” (*benchmarks*) convidem as não eficientes para compartilhar suas práticas de gestão, seus projetos pedagógicos e infraestrutura que as tornaram referências. Isso permite que o investimento em formação continuada seja direcionado e baseado em evidências de sucesso comprovadas dentro da própria rede de ensino. Para além, cabe sugerir melhorias que visem o aumento da produtividade e de investimento em novas tecnologias, como treinamentos dos servidores e melhorias nos processos de gestão escolar, investir em infraestrutura e práticas de ensino com maiores evidências de efetividade.



Como limitações deste estudo têm-se, primordialmente, a manipulação e organização dos dados utilizados. Além do grande volume de informações, que exigiu maior esforço e cautela em seu manuseio, outro ponto importante é que, por utilizar bases de dados públicas, alguns municípios não haviam disponibilizado dados referentes à sua gestão dos gastos públicos, forçando sua exclusão nas análises, além da defasagem em relação à disponibilização de algumas informações pertinentes aos dados utilizados nesta pesquisa.

Por fim, a hipótese de mensurar a eficiência técnica dos gastos públicos em educação por meio da metodologia DEA-BCC-Malmquist provou-se eficaz, em que esta pesquisa tem o potencial de aprofundar a literatura envolta na área. Como sugestões e recomendações para pesquisas futuras, há, a princípio, a sugestão de uso de dados mais recentes referentes aos utilizados neste trabalho; outrossim, a utilização de outros dados de entrada e saída em pesquisas futuras. Além disso, pode-se pesquisar também sobre outros níveis de ensino público do estado ou região, além de analisar outros intervalos de tempo não abrangidos nesta pesquisa. Para o aprofundamento da pesquisa, recomenda-se desagregar os dados municipais por escola; desse modo, pode haver respostas mais fidedigna sobre qual escola é a mais eficiente e que ela deve ser o enfoque de outras pesquisas que busquem entender os motivos desta eficiência, mais qualitativamente.

## REFERÊNCIAS

- AGASISTI, T.; RIBEIRO, C.; MONTEMOR, D. The efficiency of Brazilian elementary public schools. **International Journal of Educational Development**, [S. l.], v. 93, p. 12, 2022.
- ALMEIDA, K. A. **Análise de eficiência dos gastos educacionais com o Ensino Médio em Pernambuco**. Tese (Mestrado em Economia) - Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2023.
- ALMEIDA, K. A. de; JUSTO, W. R. Análise da eficiência dos gastos educacionais com ensino médio em Pernambuco. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, Salvador, v. 3, n. 53, p. 37-62, set./dez. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.36810/rde.v3i53.8091>. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/view/8091/5069>. Acesso em: 20 ago. 2025.
- ARAÚJO JUNIOR, J. N. de; JUSTO, W. R.; LIMA, J. R. F. de; FERREIRA, M. de O.; ARAÚJO, J. L. P.; PEREIRA, A. F. C. Intertemporal analysis on the technical efficiency of Northeast municipal expenditure with basic education: a DEA approach and Malmquist's index. **International Journal of Finance and Accounting**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 23-35, 2019. DOI: 10.5923/j.ijfa.20190801.02. Disponível em: <http://journal.sapub.org/ijfa>. Acesso em: 10 mar. 2025.
- BANKER, R. D. CHARNES; A. COOPER, W. W. **Some models for estimating and scale inefficiencies**. *Management Science*, p. 1078-1092, 1984.
- BARBOSA, A.; SILVA, A. A. Eficiência do gasto público em educação: uma análise dos municípios do Nordeste. **Revista Científica Acertte**, São Paulo, v. 4, n. 10, p. 72-87, 2024. Edição especial: Anais do Fórum de Economia Familiar. DOI: <https://doi.org/10.63026/acertte.v4i10.213>. Disponível em: <https://acertte.org/acertte/issue/view/45>. Acesso em: 20 nov. 2025.
- BARBOSA, Ariana M. **Eficiência do gasto público em educação: uma análise dos municípios brasileiros**. 2025. Dissertação (Mestrado em Economia) – Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2025.
- BARBOSA, J. M. S.; MELLO, R. M. A. V. de. O IDEB como instrumento de avaliação da aprendizagem escolar: uma visão crítica. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, Santos, v. 7, n. 13, p. 106-123, jan./jun. 2015. Disponível em: <https://periodicos.unisantos.br/pesquiseduca/article/view/428>. Acesso em: 20 out. 2025.
- BARROS, F. R.; AMARAL, H. F. Avaliação da eficiência dos institutos federais no Nordeste Brasileiro. **Revista Valore**, Volta Redonda, v. 7, n. 1, p. 131-151, 2022. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/1097>. Acesso em: 24 fev. 2025.

BECKER, G. S. **Human Capital**: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education. New York: National Bureau of Economic Research, 1964.

BEGINI, S.; TOSTA, H. T. A eficiência dos gastos públicos com a educação fundamental no Brasil: uma aplicação da análise envoltória de dados (DEA). **E&G Economia e Gestão**, Belo Horizonte, v. 17, n. 46, jan-abr. 2017. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/economiaegestao/article/view/P.1984-6606.2017v17n46p43>. Acesso em: 24 fev. 2025.

BERTÊ, A. M. de A.; BORGES, C.B.; BRUNET, J. F. G. Qualidade do Gasto Público em Educação nas Redes Públicas Estaduais e Municipais. **XIII Prêmio Tesouro Nacional**, 2008.

BEVILACQUA, S.; PAIXÃO, L. L. O. da; LIMA, R. S. de; SILVA, P. C. B. da. Um estudo bibliométrico sobre gestão baseada em evidências com enfoque nas políticas públicas no Brasil. **Revista Gestão e Organizações**, Guarabira, v. 6, n. 1, p. 103-122, jan./mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.18265/2526-2289v6n1p103-122>. Disponível em: <https://doi.org/10.18265/2526-2289v6n1p103-122>. Acesso em: 20 nov. 2025.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Diário Oficial da União, Brasília, DF: Presidência da República, 5 out. 1988. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 25 set. 2024.

BRASIL. **Decreto n.º 6.094, de 24 de abril de 2007**. Dispõe sobre a implementação do Plano de Metas Compromisso Todos pela Educação, pela União Federal, em regime de colaboração com Municípios, Distrito Federal e Estados, e a participação das famílias e da comunidade, mediante programas e ações de assistência técnica e financeira, visando a mobilização social pela melhoria da qualidade da educação básica. Brasília, DF: Presidência da República, 2007. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/d6094.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6094.htm). Acesso em: 04 jan. 2025.

BRASIL. **Lei n.º 13.005, de 25 de junho de 2014**. Aprova o Plano Nacional de Educação - PNE e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 de junho de 2014.

BRASIL. **Lei n.º 14.113, de 25 de dezembro de 2020**. Regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (Fundeb), de que trata o art. 212-A da Constituição Federal; revoga dispositivos da Lei n.º 11.494, de 20 de junho de 2007; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/l14113.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14113.htm). Acesso em: 04 jan. 2025.

BRASIL. **Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1996. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm). Acesso em: 24 fev. 2025.

CAMANHO, A. S.; VARRIALE, L.; BARBOSA, F.; SOBRAL, T. Performance assessment of upper secondary schools in Italian regions using a circular pseudo-Malmquist index. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], v. 289, n. 3, p. 1188-1208, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.07.050>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221720306767?via%3Dihub>. Acesso em: 04 jan. 2025.

CAMANHO, A.; SILVA, M.; PIRAN, F.; LACERDA, D. A literature review of economic efficiency assessments using Data Envelopment Analysis. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], v. 315, n. 1, p. 1-19, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.07.027>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221723005659?via%3Dihub>. Acesso em: 04 jan. 2025.

CAMANHO, A.; STUMBRIENE, D.; BARBOSA, F.; JAKAITIENE, A. The assessment of performance trends and convergence in education and training systems of European countries. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], v. 305, n. 1, p. 356-372, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.05.048>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221722004507?via%3Dihub>. Acesso em: 04 jan. 2025.

CAMPOLI, J.; FERRAZ, D.; REBELATTO, D. The efficiency of public expenditures on education: Data Envelopment Analysis of Brazilian Federative Units between 2011 and 2014. In: MULA, J. et al. (ed.). **New global perspectives on industrial engineering and management**. Cham: Springer, 2019. p. 75-82. (Lecture Notes in Management and Industrial Engineering). DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93488-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93488-4_9). Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-93488-4\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-93488-4_9). Acesso em: 04 jan. 2025.

CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; & DIEWERT, W. E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. **Econometrica**, [S.l.], v. 50, n. 6, p. 1393-1414, 1982.

CHARNES A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], v. 2, n. 6, p. 429–444, nov. 1978. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0377221778901388>. Acesso em: 10 mar. 2025.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 4. ed. São Paulo: McGraw Hill, 1993.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração**. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 1993.

Cornelius A. Rietveld *et al.* **GWAS of 126,559 Individuals Identifies Genetic Variants Associated with Educational Attainment**. *Science* 340,1467-1471, 2013. DOI:10.1126/science.1235488. Acesso em: 24 fev. 2025.

DE WITTE, K.; LÓPEZ-TORRES, L. Efficiency in education: a review of literature and a way forward. **Journal of the Operational Research Society**, [S. l.], v. 68, n. 4, p. 339-363, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1057/jors.2015.92>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1057/jors.2015.92>. Acesso em: 20 nov. 2025.

EMROUZNEJAD, A.; YANG, G.-L. A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. **Socio-Economic Planning Sciences**, [S. l.], v. 61, p. 4-8, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2017.01.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038012117300174?via%3Dihub>. Acesso em: 27 fev. 2025.

FÄRE, R. et al. Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. **American Economic Association**, [S. l.], v. 84, n. 1, p. 66-83, 1994. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2117971>. Acesso em: 12 jan. 2025.

FARREL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, [S. l.], v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2343100>. Acesso em: 10 mar. 2025.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Análise Envolvória de Dados**: teoria, modelos e aplicações. Viçosa: Editora UFV, 2009.

FERREIRA, T. I. C. **Análise de eficiência dos gastos públicos em educação nos municípios do estado de Pernambuco no período de 2011 a 2017 utilizando a Análise Envolvória dos Dados (DEA)**. Tese (Mestrado em Economia) - Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2020.

FRANÇA, M. T. A.; GONÇALVES, F. de O. O FUNDEF e a eficiência na provisão municipal de ensino fundamental. **Production**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 235-248, jan./mar. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.051912>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/z9FGT4qZXNNfW7npkKMV/hzf/?lang=pt>. Acesso em: 20 nov. 2025.

GOLDEMBERG, J. O repensar da educação no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 7, n. 18, p. 65-137, maio 1993.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2023. Estimativa populacional. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=25272>. Acesso em: 25 set. 2023.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2023. Estimativa populacional. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=25272>. Acesso em: 25 set. 2024.

INEP. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**, 2023. Censo Escolar. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-escolar/resultados>. Acesso em: 24 fev. 2025.

INEP. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**, 2023. Divulgados os resultados do PISA 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/acoes-internacionais/divulgados-os-resultados-do-pisa-2022>. Acesso em: 05 fev. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE LETRAMENTO CIENTÍFICO (IBLC). **Indicador de Letramento Científico**: relatório técnico. São Paulo: IBLC, 2014. Disponível em: <https://iblc.org.br/wp-content/uploads/2018/01/2-relatorio-tecnico-ilc.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Nota informativa**: IDEB 2021. Brasília: INEP, 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Resultados**. Brasília, DF: INEP, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/ideb/resultados>. Acesso em: 20 nov. 2025.

INSTITUTO PAULO MONTENEGRO; AÇÃO EDUCATIVA. **Indicador de Alfabetismo Funcional**. São Paulo, [2024]. Disponível em: <https://alfabetismofuncional.org.br/>. Acesso em: 04 jan. 2025.

KAVESKI, I. D. S.; MARTINS, J. A. S.; SCARPIN, J. E. A eficiência dos gastos públicos com o ensino médio regular nas instituições estaduais brasileiras. **Enfoque: Reflexão Contábil**, v. 34, n. 1, p. 29-44, 19 maio 2015. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Enfoque/article/view/22019>. Acesso em: 04 jan. 2025.

LIMA, R.; SAMPAIO, L. M. B.; SAMPAIO, R. M. B. Relação entre Gastos Escolares e Resultados Educacionais: Uma Revisão Sistemática da Literatura. **Education Policy Analysis Archives**, [S. l.], v. 32, 2024. DOI: 10.14507/epaa.32.8680. Disponível em: <https://doi.org/10.14507/epaa.32.8680>. Acesso em: 26 jan. 2025.

LINS, M.P.E.; MEZA, L. A. **Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão**. Rio de Janeiro: Editora COPPE/UFRJ, 2000.

LOPES, A. C. de O.; DANTAS, M. M. dos S.; LIMA, M. A. M. Data Envelopment Analysis (DEA): uma análise da eficiência no Spaece das escolas estaduais da região 4 do município de Fortaleza (CE). **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 124, e024003204283, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-40362024003204283>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ensaio/a/YzSJby4kNh4y7knttJTb6pv/?lang=pt>. Acesso em: 20 nov. 2025.

MALMQUIST, S. Index numbers and indifference surfaces. **Trabajos de Estadística**, [S. l.], v. 4, p. 209-242, 1953.

MARIANO, E. de M. C.; SILVA, R. P. de A.; DANTAS, R. F.; LIMA, A. R. de. Eficiência dos gastos públicos em educação básica nos municípios paraibanos no contexto da COVID-19: uma abordagem desde a análise envoltória de dados (DEA).

**Revista Caderno Pedagógico**, Curitiba, v. 22, n. 5, p. 01-24, 2025. DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n5-116>. Disponível em: <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n5-116>. Acesso em: 26 jan. 2025.

MARSI, M. D.; ASBU, E. Z. Productivity change of national health systems in the WHO Eastern Mediterranean region: application of DEA-based Malmquist productivity index. **Global Health Research and Policy**, [S.l.], v. 3, n. 22, 2018.

MELLO, J. C. S.; MEZA L. A.; GOMES E. G.; NETO L. B. Curso de Análise Envoltória de Dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 37, 2005, Gramado. **Anais [...]**, Gramado: SOBRAPO, 2005.

MINCER, J. Schooling, Experience, and Earnings. **Human Behavior & Social Institutions**. n. 2, 1974.

MORAES, V. M. DE .; CROZATTI, J.; MACHADO, G. S.. Federalismo e Desigualdades Horizontais em Educação: Conectando os Anseios Equalizadores por meio de uma Tipologia de Municípios\*. **Dados**, v. 68, n. 3, p. e20220063, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/dados.2025.68.3.340>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/dados/a/Y8HBdxTmMgXXn8sfcrdGpdg/?lang=pt>. Acesso em: 14 mar. 2025.

MOTA, T. R. A.; MEZA, L. A.. The use of DEA as a tool to evaluate public expenditure on education: an analysis of the cities of the state of Rio de Janeiro. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 2, p. e20190187, 2020.

MUNIZ, R. F. *et al.* Emprego do Data Envelopment Analysis (DEA) para estimar a eficiência escolar. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 114, p. 116-140, jan-mar. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ensaio/a/FPJDzdDncb3NWzc9zJBR3Vp/?lang=pt>. Acesso em: 04 jan. 2025.

OECD. **Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico**. PISA 2022 Results (Volume V): Learning Strategies and Attitudes for Life, PISA, OECD Publishing, Paris, 2024. Disponível em: [https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-v\\_c2e44201-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-v_c2e44201-en.html) DOI: <https://doi.org/10.1787/c2e44201-en>. Acesso em: 24 fev. 2025.

OECD. **PISA 2022 results (Volume I): the state of learning and equity in education**. Paris: OECD Publishing, 2023. (PISA). DOI: <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>. Disponível em: [https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i\\_53f23881-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i_53f23881-en.html). Acesso em: 19 nov. 2025.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Relatórios econômicos OCDE**: Brasil: resumo executivo. Paris: OCDE, 2018. Disponível em: <https://www.oecd.org/eco/surveys/Brazil-2018-OECD-economic-survey-overview-Portuguese.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025.

PERNAMBUCO. **Lei Complementar n.º 125, de 10 de julho de 2008**. Cria o Programa de Educação Integral e dá outras providências. Recife: Governo do Estado de Pernambuco, 2008. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/pe/lei->

complementar-n-125-2008-pernambuco-cria-o-programa-de-educacao-integral-e-da-outras-providencias. Acesso em: 20 jun. 2025.

PERNAMBUCO. Secretaria de Educação e Esportes. **RAI**: relatório anual de indicadores. Recife: Secretaria de Educação e Esportes, [2023]. Disponível em: <https://portal.educacao.pe.gov.br/rai-relatorio-anual-de-indicadores/>. Acesso em: 20 jun. 2025.

PO, R. W.; GUH, Y. Y.; YANG, M. S. A new clustering approach using data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], v. 199, n. 1, p. 276-284, 2009.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD); FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (FJP); INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. Brasília, DF: PNUD; Belo Horizonte: FJP; Brasília, DF: IPEA, 2019. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/acervo/atlas>. Acesso em: 25 set. 2024.

RIBEIRO, Dalvana Lopes; LONGARAY, André Andrade. Uso da Análise Envoltória de Dados (DEA) na mensuração da eficiência da segurança pública. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, [S. l.], v. 9, n. 1, 010284, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5540/03.2022.009.01.0284>. Disponível em: <https://proceedings.sbmac.org.br/sbmac/article/view/3825>. Acesso em: 20 nov. 2024.

ROSANO-PEÑA, C.; ALBUQUERQUE, P. H. M. DAHER, C. E. Dinâmica da produtividade e eficiência dos gastos na educação dos municípios goianos. **RAC**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 6, p. 845-865, nov-dez. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rac/a/dNprvjPmGYqN3WDFCfxKgZ/>. Acesso em: 04 jan. 2025.

SALES, J. C.; PEIXE, B. C. S. Mensuração da eficiência e produtividade da rede estadual de ensino médio. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 4, e37711427525, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27525>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27525>. Acesso em: 10 mar. 2025.

SCHULTZ, T. W. Investment in Human Capital. **American Economic Review**, Nashville, v. 51, n. 1, p. 1-17, mar. 1961. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1818907>. Acesso em: 24 fev. 2025.

SILVA, M. V. da; DAL TOÉ, M. C.; SILVA, T. R. V. da; SANTOS, F. N. dos; SILVA, E. F. da. A eficiência de alguns municípios de Mato Grosso em relação à educação por meio da Análise Envoltória de Dados. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, [S. l.], v. 8, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5540/03.2021.008.01.0340>. Disponível em:



<https://proceedings.sbmac.org.br/sbmac/article/view/136709>. Acesso em: 12 jan. 2024.

SITJA, H. S.; BALBINOTTO NETO, G. Eficiência dos gastos públicos em educação básica nos municípios brasileiros. **Economic Analysis of Law Review - EALR**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 193-219, jan-abr. 2019. Disponível em: <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/EALR/article/view/9142/6510>. Acesso em: 04 jan. 2025.

TAVARES, R.; MEZA, L.; SANT'ANNA, A. A proposed multistage evaluation approach for Higher Education Institutions based on network Data envelopment analysis: a Brazilian experience. **Evaluation and Program Planning**, [S. l.], v. 89, 101984, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2021.101984>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0149718921000793?via%3Di> hub. Acesso em: 04 jan. 2025.

THANASSOULIS, E.; DE WITTE, K.; JOHNES, J.; JOHNES, G.; KARAGIANNIS, G.; PORTELA, C. S. Applications of Data Envelopment Analysis in education. In: ZHU, J. (ed.). **Data Envelopment Analysis**. Boston: Springer, 2016. p. 367-438. (International Series in Operations Research & Management Science, v. 238). DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7684-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7684-0_12). Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-7684-0\\_12](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-7684-0_12). Acesso em: 19 mar. 2025.

UNESCO INSTITUTE FOR STATISTICS (UIS). **Education Expenditure Database**. Montreal: UNESCO, 2023. Disponível em: <http://data.uis.unesco.org>. Acesso em: 26 jul. 2025.

VENÂNCIO, M. M.; MONTE, E. Z.; GOMES, A. P. Análise da eficiência educacional nos municípios do Espírito Santo, Brasil: uma aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) usando insumos quantitativos e qualitativos. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, Portugal, v. 16, n. 9, p. 1-27, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/cuadv16n9-023>. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/cuadv16n9-023>. Acesso em: 25 jan. 2025.

ZANELLA, A.; CAMANHO, A.; DIAS, T. Undesirable outputs and weighting schemes in composite indicators based on data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], v. 245, n. 2, 2015.

ZIROLDO, L.; CARVALHO, F. B. G. de; ABBAS, K.; MORAES, R. de O. Análise do uso da DEA nas produções acadêmicas na educação superior. **RACEF – Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**. v. 13, n. 1, p. 52-73, abr. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.13059/racef.v13i1.761>. Acesso em: 04 jan. 2025.