

**EFICIÊNCIA E ALOCAÇÃO DE RECURSOS NO ENSINO SUPERIOR
BRASILEIRO: Evidências de IES Públicas e Privadas Vinculadas ao FIES**

DANIEL DA SILVA MELLO

Universidade de Brasília - UnB

Dr. CARLOS ROSANO PEÑA

Universidade de Brasília - UnB

Resumo

O estudo teve como propósito avaliar a eficiência operacional das Instituições de Ensino Superior (IES) públicas e privadas no Brasil, considerando a pertinência da alocação de recursos públicos por meio do investimento direto nas IES públicas e do financiamento indireto via Fundo de Financiamento Estudantil (FIES). Para tanto, empregou-se a metodologia da Análise Envolvória de Dados (DEA), sob retornos variáveis de escala e orientação a outputs, complementada pelo procedimento de bootstrap, a fim de conferir maior robustez estatística às estimativas de eficiência.

A pesquisa utilizou dados do Censo da Educação Superior, do Índice Geral de Cursos (IGC) e de variáveis socioeconômicas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), abrangendo o período de 2019 a 2023. Os insumos considerados incluíram corpo docente, corpo técnico, matrículas e recursos institucionais, enquanto os produtos englobaram concluintes e indicadores de desempenho acadêmico. Variáveis ambientais, como produto interno bruto regional, densidade demográfica, idade institucional e localização, foram incorporadas por meio de algoritmos de aprendizado de máquina, permitindo captar a heterogeneidade entre as instituições.

Os resultados demonstraram que as IES públicas apresentaram maior estabilidade nos níveis de eficiência, enquanto as privadas, especialmente as vinculadas ao FIES, evidenciaram oscilações acentuadas, alternando ganhos e perdas associados a restrições de escala e sustentabilidade. Concluiu-se que, embora o FIES tenha ampliado o acesso ao ensino superior, sua efetividade em termos de eficiência mostrou-se contrastante em relação às IES públicas, reforçando a necessidade de políticas voltadas ao equilíbrio, à sustentabilidade e à equidade na aplicação dos recursos públicos.

Palavras chave: Eficiência, Ensino Superior, NDEA bootstrap, Aprendizagem de Máquina, FIES.

1. INTRODUÇÃO

As Instituições de Ensino Superior (IES) desempenham papel estratégico no desenvolvimento socioeconômico e cultural de um país, na medida em que formam profissionais, produzem ciência e promovem a extensão universitária (Oliveira & Moraes, 2025). No Brasil, a expansão do setor educacional, sobretudo a partir da segunda metade do século XX, ocorreu em paralelo à ampliação do setor privado e à adoção de políticas públicas voltadas ao acesso e à permanência no ensino superior. Entre essas iniciativas, destaca-se o Fundo de Financiamento Estudantil (FIES), criado em 1999 e posteriormente ampliado, constituindo um dos principais instrumentos de indução do crescimento das matrículas nas IES privadas (Souza, 2021).

Embora o ensino superior público seja reconhecido por sua relevância acadêmica e científica, sua manutenção representa significativa pressão sobre o orçamento público. Em contrapartida, o FIES direciona vultosos recursos para as IES privadas, seja por meio do

financiamento das mensalidades, seja por mecanismos de compensação financeira junto ao Tesouro Nacional (Becker & Mendonça, 2021). Essa dualidade entre financiamento direto às universidades públicas e financiamento indireto via FIES suscita o debate acerca da eficiência relativa de cada modelo de alocação de recursos.

Nesse contexto, surge a problemática central deste estudo: em que medida o FIES, enquanto política pública de financiamento estudantil, é eficiente em comparação com o investimento direto nas IES públicas na promoção do acesso, da permanência e da conclusão no ensino superior brasileiro?

O objetivo geral da pesquisa consiste em avaliar a eficiência operacional das IES públicas e privadas brasileiras, considerando a pertinência da aplicação dos recursos públicos nessas duas modalidades de financiamento. Especificamente, busca-se: (i) mensurar os níveis de eficiência das IES públicas e privadas por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA); (ii) analisar a influência de fatores ambientais e regionais sobre o desempenho relativo das instituições; e (iii) comparar a eficiência dos investimentos diretos nas IES públicas em relação aos indiretos nas IES privadas via FIES.

A hipótese de pesquisa considera que, embora o FIES contribua para ampliar o acesso ao ensino superior, sua efetividade em termos de eficiência apresenta desempenho contrastante em relação às IES públicas, em função de restrições de escala e sustentabilidade financeira.

A motivação para a realização do estudo decorre da relevância da educação superior como política pública de impacto social e econômico, bem como da necessidade de avaliar criticamente a eficiência na aplicação dos recursos. Espera-se que os resultados ofereçam subsídios para gestores públicos e formuladores de políticas educacionais no aperfeiçoamento da alocação de recursos no setor.

Por fim, a organização deste artigo contempla, além desta introdução, o referencial teórico, os procedimentos metodológicos, a apresentação e análise dos resultados e, por último, as considerações finais, nas quais são discutidas as implicações dos achados para a formulação de políticas públicas de ensino superior.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Pesquisas Anteriores sobre o Tema

A análise da eficiência em Instituições de Ensino Superior (IES) tem recebido crescente atenção na literatura nacional e internacional, dada a relevância dessas organizações para a formação de capital humano e para o desenvolvimento socioeconômico. O marco inicial ocorreu com o modelo proposto por Farrell (1957) e, posteriormente, com a formulação da Análise Envoltória de Dados (DEA) por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), consolidada como uma das principais ferramentas de mensuração da eficiência em contextos com múltiplos insumos e produtos.

No cenário internacional, Johnes (2006) investigou universidades no Reino Unido aplicando DEA com bootstrap, demonstrando a robustez estatística da metodologia. Lee (2011) examinou universidades australianas e identificou determinantes contextuais que afetam a eficiência, como a localização e a estrutura docente. Parteka e Wolszczak-Derlacz (2013) ampliaram a análise para sete países europeus, destacando ganhos de eficiência decorrentes de melhorias na gestão institucional. Mais recentemente, Arbula Blecich (2024) utilizou a DEA Window para comparar países europeus entre 2013 e 2020, evidenciando a relevância de análises dinâmicas no ensino superior.

No Brasil, as primeiras aplicações da DEA concentraram-se em universidades públicas federais (Marinho, Resende & Façanha, 1997; Belloni, 2000). Estudos posteriores ampliaram o escopo, como Siqueira (2015), que analisou o impacto do Programa Reuni sobre a eficiência, e Santos, Silva Júnior e Nunes (2022), que constataram avanços na eficiência técnica das universidades federais. Em paralelo, pesquisas recentes voltaram-se ao financiamento

estudantil, como Souza (2021), Pontuschka (2016) e Becker e Mendonça (2021), que apontaram avanços no acesso via FIES, mas também riscos fiscais e ineficiências relativas.

Em síntese, a literatura revela avanços metodológicos significativos, sobretudo com o uso da DEA e do procedimento bootstrap. Contudo, persiste uma lacuna quanto à comparação direta entre os investimentos públicos nas universidades e os desembolsos vinculados ao FIES. Essa lacuna fundamenta o presente estudo, que se apoia na Teoria da Eficiência para avaliar a pertinência das distintas formas de alocação de recursos públicos no ensino superior.

Tabela 1

Principais estudos sobre eficiência em Instituições de Ensino Superior

Autor(es) e Ano	Teoria	Método	Achados
Johnes (2006)	Teoria da Eficiência	DEA + bootstrap	Alto nível de eficiência em universidades britânicas; uso do bootstrap aumentou a robustez estatística.
Lee (2011)	Teoria da Eficiência	DEA-bootstrap + regressão	Localização e proporção de docentes seniores influenciam positivamente a eficiência; número elevado de alunos impacta negativamente.
Parteka e Wolszczak-Derlacz (2013)	Teoria da Eficiência	DEA-bootstrap + Malmquist	Produtividade cresceu 4,5% ao ano em sete países europeus; predominância de ganhos de eficiência.
Veiderpass e McKelvey (2016)	Teoria da Eficiência	DEA + bootstrap	Eficiência associada ao porte institucional e à intensidade de pesquisa.
Arbula Blecich (2024)	Teoria da Eficiência	DEA Window	Variações significativas entre países; relevância da análise temporal.
Siqueira (2015)	Teoria da Eficiência	DEA + Malmquist	Impacto do Reuni gerou ganhos modestos de eficiência por ampliação de escala.
Santos, Silva Júnior e Nunes (2022)	Teoria da Eficiência	DEA-BCC orientada a outputs	Eficiência média de 94,5% em universidades federais; produtividade cresceu 2,2%.
Silva & Rosa (2022)	Teoria da Produção	DEA	Mais da metade das universidades federais eficientes; necessidade de critérios mais amplos de avaliação.
Souza (2021)	Teoria da Eficiência	Estudo qualitativo (FIES)	Expansão do acesso ao ensino privado, mas com custos fiscais elevados e risco de inadimplência.
Becker e Mendonça (2021)	Teoria da Eficiência	Estudo empírico (FIES)	Redução da evasão, mas aumento do tempo de conclusão e da inadimplência.

Nota. Fonte: Elaboração própria a partir da literatura nacional e internacional (2006–2024).

Diante das evidências apresentadas, observa-se que a Teoria da Eficiência fornece o alicerce conceitual para compreender o desempenho relativo das Instituições de Ensino Superior. Essa teoria, ao enfatizar a relação entre recursos empregados e resultados alcançados, permite avaliar a racionalidade no uso dos meios disponíveis e a capacidade das instituições em transformar insumos em produtos de forma otimizada. A seguir, apresentam-se os conceitos essenciais que compõem esse referencial teórico, com destaque para as dimensões de eficiência e eficácia, que orientam a análise proposta neste estudo.

2.2. Conceitos de Eficiência, Produtividade e Eficácia

A compreensão dos conceitos de eficiência e eficácia é fundamental para o estudo do desempenho das Instituições de Ensino Superior (IES), sobretudo quando se busca avaliar a alocação de recursos e os resultados educacionais. Esses termos, embora relacionados, possuem significados distintos e complementares.

A eficiência refere-se à capacidade de utilizar recursos de forma racional, maximizando os resultados (outputs) a partir de um dado conjunto de insumos (inputs) ou, inversamente, minimizando os recursos necessários para alcançar determinado nível de produção (Farrell, 1957). No contexto da Análise Envoltória de Dados (DEA), eficiência corresponde ao posicionamento da unidade de decisão (DMU) em relação à fronteira de melhores práticas, representando o desempenho relativo em comparação com outras instituições (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978).

A eficácia, por sua vez, relaciona-se ao alcance dos objetivos previamente definidos, independentemente da eficiência na utilização dos recursos. No caso das IES, um sistema pode ser eficaz ao ampliar o acesso ou aumentar a taxa de conclusão de cursos, ainda que isso ocorra com custos elevados e ineficiências na gestão. Assim, eficácia diz respeito a “fazer as coisas certas”, enquanto eficiência representa “fazer certo as coisas” (Mariano, 2007).

Já a eficácia relaciona-se ao alcance dos objetivos previamente definidos, independentemente da eficiência na utilização dos recursos. No caso das IES, um sistema pode ser eficaz ao ampliar o acesso ou aumentar a taxa de conclusão de cursos, ainda que isso ocorra com elevados custos e ineficiências na gestão. Assim, eficácia diz respeito a “fazer as coisas certas”, enquanto eficiência representa “fazer certo as coisas” (Mariano, 2007).

Portanto, a distinção entre esses conceitos permite não apenas medir o desempenho institucional sob diferentes perspectivas, mas também orientar gestores e formuladores de políticas públicas na busca por maior racionalidade na utilização de recursos e na promoção de resultados acadêmicos e sociais.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa descritiva e quantitativa, com abordagem comparativa entre Instituições de Ensino Superior (IES) públicas e privadas no Brasil. O objetivo central foi avaliar a eficiência operacional dessas instituições, analisando a alocação de recursos e os resultados educacionais obtidos no período de 2019 a 2023. Trata-se de uma investigação empírico-analítica, fundamentada em métodos quantitativos de mensuração da eficiência, em que o recorte temporal escolhido permitiu captar os efeitos de políticas públicas recentes, como o Fundo de Financiamento Estudantil (FIES), bem como os impactos da pandemia da COVID-19 sobre a gestão universitária.

A população do estudo compreendeu todas as IES brasileiras constantes no Censo da Educação Superior, sendo a amostra composta por universidades públicas federais e instituições privadas que apresentaram dados consistentes ao longo do período analisado. Essa delimitação permite uma comparação equilibrada entre investimentos diretos do setor público e financiamentos indiretos via FIES, representando as duas principais modalidades de aplicação de recursos públicos no ensino superior brasileiro.

As informações foram coletadas em bases oficiais, notadamente no Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e nos indicadores de qualidade do Ministério da Educação (MEC), com destaque para o Índice Geral de Cursos (IGC).

A seleção das variáveis constitui uma etapa essencial em estudos de eficiência, uma vez que define o escopo e a representatividade do processo produtivo. De acordo com Coelli, Rao, O'Donnell, e Battese (2005) e Cooper, Seiford e Zhu (2011), a escolha das variáveis deve refletir a relação entre recursos utilizados (inputs) e resultados obtidos (outputs), preservando a comparabilidade entre as unidades decisórias (*Decision-Making Units – DMUs*).

Neste estudo, as DMUs correspondem às IES brasileiras, que transformam recursos humanos, tecnológicos e infraestruturais em resultados acadêmicos e sociais. A definição das variáveis seguiu estudos nacionais e internacionais amplamente reconhecidos, buscando

representar de forma equilibrada as dimensões de recursos, processos e resultados das instituições analisadas.

Tabela 2

Variáveis utilizadas no modelo DEA e fundamentos na literatura

Variável	Descrição e Metodologia	Estudos Anteriores
Instituições de Ensino Superior (IES)	DMU do estudo: cada IES identificada a partir dos campos de identificação do Censo da Educação Superior (nível institucional).	Cao, Qiu e Huang (2022); Krejnuš <i>et al.</i> (2023); Santos <i>et al.</i> (2022); Siqueira (2015).
Docentes em exercício	Quantidade total de docentes em atividade na IES. Variável do Censo: QT_DOC_EXE .	Arbula Blecich (2024); Cao, Qiu e Huang (2022); Johnes e Ruggiero (2016); Moncayo-Martínez <i>et al.</i> (2020); Santos <i>et al.</i> (2022); Siqueira (2015).
Funcionários técnico-administrativos	Número total de servidores técnico-administrativos vinculados à IES. Variável do Censo: QT_TEC_TOTAL .	Arbula Blecich (2024); Cao, Qiu e Huang (2022); Guironnet e Peypoch (2018); Nishimura e Okamuro (2016); Santos <i>et al.</i> (2022).
Matrículas totais	Total de estudantes matriculados por IES no ano-base, com distinção entre presencial e EAD . Variável do Censo: QT_MAT .	Arbula Blecich (2024); Moncayo-Martínez <i>et al.</i> (2020).
Infraestrutura digital de suporte acadêmico	Indicador consolidado de recursos/serviços digitais (apoio à pesquisa e ensino), a partir das dummies: IN_ACESSO_PORTAL_CAPES , IN_ACESSO_OUTRAS_BASES , IN_ASSINA_OUTRA_BASE , IN_REPOSITORIO_INSTITUCIONAL , IN_BUSCA_INTEGRADA , IN_PARTICIPA_REDE_SOCIAL (agregação simples).	Arbula Blecich (2024); Abramo <i>et al.</i> (2015).
Acervo das bibliotecas	Indicador do acervo físico/digital disponível: consolidação de QT_PERIODICO_ELETRONICO e QT_LIVRO_ELETRONICO (agregação simples).	Nazarko e Šaparauskas (2014); Moncayo-Martínez <i>et al.</i> (2020).
Concluintes	Total de concluintes no ano-base, discriminando presencial e EAD . Variável do Censo: QT_CONC .	Contreras e Lozano (2020); Gul e Yucesan (2022); Guironnet e Peypoch (2018); Nishimura e Okamuro (2016); Santos <i>et al.</i> (2022); Silva e Rosa (2022).
Evasão/Desvinculação	Número de desvinculações no ano-base (abandono, falecimento, outros) conforme Censo. Observação: tratada como <i>output indesejado</i> no NDEA quando aplicável.	Bean (1980).
Estudantes beneficiados por programas de inclusão	Quantidade de matriculados contemplados por ProUni , FIES e cotas (consolidação institucional com base no Censo/Sinaes; quando necessário, agregação ao nível da IES).	Agasisti e Pérez-Esparrells (2010).

Variável	Descrição e Metodologia	Estudos Anteriores
Índice Geral de Cursos (IGC)	Indicador oficial (INEP/MEC) que combina CPC (graduação) e notas da pós-graduação CAPES; média ponderada por distribuição de matrículas. Escala 0–5 (contínua).	Bittencourt <i>et al.</i> (2009).

Nota. Fonte: Elaboração própria a partir da literatura.

Com o intuito de representar de forma mais realista o processo produtivo das Instituições de Ensino Superior, o presente estudo adota uma estrutura em rede (Network DEA – NDEA), dividida em três estágios interdependentes:

Estágio 1: Eficiência Captação de Recursos, em que as IES transformam seu corpo docente e técnico, infraestrutura digital e acervo em capacidade de ensino e pesquisa;

Estágio 2: Eficiência Interna - Processos Acadêmicos, nos quais ocorre a conversão dessa capacidade em resultados intermediários, como matrículas, concluintes e evasão;

Estágio 3: Resultados Institucionais, que englobam indicadores de desempenho e impacto social, como o número de estudantes beneficiados por programas de inclusão e o Índice Geral de Cursos (IGC).

Essa estrutura permite analisar fluxos internos de eficiência e identificar gargalos ou sinergias entre as etapas do processo educacional, oferecendo uma visão sistêmica do desempenho das IES.

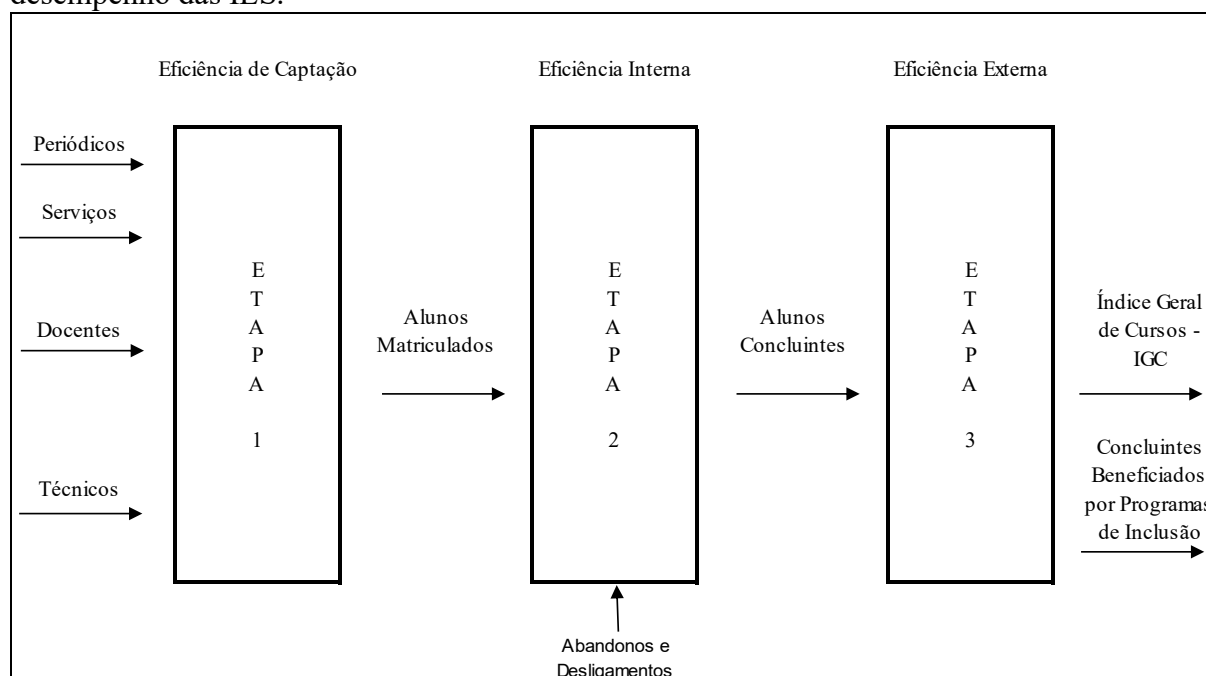


Figura 1. Estrutura do Modelo Network DEA (NDEA) para Instituições de Ensino Superior

Fonte: Elaboração própria (2024).

(Imagem ilustrativa: fluxos entre Captação de Recursos → Processos Acadêmicos → Resultados Institucionais).

Para enriquecer a análise, incorporaram-se variáveis ambientais, como o Produto Interno Bruto (PIB) per capita regional, a densidade populacional, o tipo de rede, a idade institucional, a localização da sede em capital e as coordenadas geográficas da instituição, de modo a captar heterogeneidades estruturais e regionais que possam influenciar o desempenho relativo das IES.

Tabela 3

Variáveis ambientais e fundamentos na literatura

Variável	Descrição	Metodologia	Estudos Anteriores
PIB_TOTAL	Produto Interno Bruto Total	PIB Total correspondente ao total dos PIB de cada município, segundo dados do IBGE.	Estudos como Arbula Bleich (2024) destacam o PIB como indicador-chave na eficiência educacional, refletindo a capacidade econômica das regiões analisadas.
DENS	Densidade Demográfica	Densidade Demográfica de cada município, considerando as populações e dimensões territoriais de cada município que as compõe.	Afonso <i>et al.</i> (2005) identificam que a densidade populacional influencia a alocação de recursos e a capacidade operacional das IES.
TP_REDE	Rede de Ensino	Tipo de Rede de Ensino da IES: 1 – Pública; 2 – Privada.	Santos <i>et al.</i> (2022) apontam que IES privadas são mais eficientes devido à maior flexibilidade administrativa e foco em resultados financeiros.
IDADE	Ano de Credenciamento	Ano de credenciamento da IES junto ao MEC como forma de mensurar o tempo de existência da instituição.	Siqueira (2015) sugere que universidades mais consolidadas, que tiveram tempo para expandir suas operações e aprimorar seus processos, tendem a apresentar maior eficiência operacional.
IN_CAPITAL	Sede na Capital	Identifica se a sede da IES se encontra na capital do estado.	Pereira (2023) sugere que IES sediadas em capitais tendem a ser mais eficientes.
LAT e LON	Latitude e Longitude	A localização geográfica é um fator relacionado com a eficiência e a produtividade.	Pereira (2023) conclui que a localização influencia na eficiência das Instituições de Ensino Superior.

Nota. Fonte: Elaboração própria a partir da literatura.

As informações foram coletadas em bases oficiais, notadamente no Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e nos indicadores de qualidade do Ministério da Educação, com destaque para o Índice Geral de Cursos (IGC).

A mensuração da eficiência técnica relativa das Instituições de Ensino Superior (IES) foi realizada com base no modelo DEA-BCC (VRS), orientado a produtos, conforme a formulação clássica de Banker, Charnes e Cooper (1984). Essa abordagem foi escolhida em razão da heterogeneidade estrutural e operacional das IES brasileiras, que variam amplamente em porte, regime de financiamento e complexidade acadêmica, impossibilitando a suposição de retornos constantes de escala. O modelo orientado a produtos foi adotado por refletir o objetivo central deste estudo: avaliar a capacidade das instituições de maximizar seus resultados educacionais e científicos a partir dos recursos disponíveis, sejam eles humanos, tecnológicos ou financeiros.

A fim de corrigir o viés e conferir robustez às estimativas, aplicou-se o método bootstrap de Simar e Wilson (2000, 2007), com reamostragem de 500 iterações.

Complementarmente, realizou-se um segundo estágio de análise estatística no qual as variáveis ambientais foram examinadas por meio de modelos econométricos do tipo tobit e técnicas de aprendizado de máquina. Essa etapa teve como finalidade identificar os fatores determinantes da eficiência institucional e oferecer subsídios para a formulação de políticas públicas mais eficazes e equitativas na alocação de recursos no ensino superior.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1. Perfil das Instituições de Ensino Superior (IES)

A amostra analisada neste estudo é composta por 1.885 Instituições de Ensino Superior (IES) brasileiras, sendo 109 universidades públicas federais e 1.776 instituições privadas,

abrangendo o período de 2019 a 2023. Essa distribuição reflete a dualidade estrutural do sistema de ensino superior no Brasil, no qual a oferta pública e gratuita coexiste com a predominância quantitativa do setor privado, especialmente voltado à educação de massa e à modalidade a distância.

Tabela 4

Perfil e estatísticas descritivas das Instituições de Ensino Superior (IES), 2019–2023

Atributo / Indicador	Total (N=1.885)	Públicas Federais	Privadas	Observações
Número de IES	1.885	109	1.776	Painel balanceado (2019–2023)
Distribuição geográfica (%)				Proporção por macrorregião
– Norte	10,72%	15,6%	7,5%	Menor participação privada
– Nordeste	22,86%	25,7%	22,7%	Segunda maior concentração
– Sudeste	41,91%	33,0%	42,4%	Maior concentração
– Sul	16,50%	15,6%	16,6%	Terceira maior concentração
– Centro-Oeste	10,72%	10,1%	10,8%	Distribuição pública x privada
Média de matrículas anuais	8.256.261 (4.380 por IES)	1.306.540 (11.986 por IES)	6.949.721 (3.913 por IES)	Valores absolutos e relativos
Média de docentes	299.987 (159 por IES)	118.438 (1.086 por IES)	181.549 (102 por IES)	Inclui regimes integral e parcial
Média de técnicos administrativos	298.078 (158 por IES)	128.107 (1.175 por IES)	169.971 (96 por IES)	Medida de infraestrutura de apoio
Idade média das instituições (anos)	26,3	45,6	25,2	Calculada a partir do credenciamento MEC
Proporção de sede em capitais (%)	36,4%	59,6%	35,0%	Proxy para desigualdade urbano-interior

Nota. Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados do Censo da Educação Superior (INEP, 2023) e dados do MEC/IBGE.

A Tabela 4 evidencia diferenças estruturais marcantes entre as redes pública e privada. As universidades federais, embora representem apenas 5,8% do total de instituições, concentram recursos humanos e infraestrutura substancialmente superiores, demonstrando maior capacidade de oferta de cursos presenciais, de pesquisa e de extensão. Já as instituições privadas, responsáveis por mais de 90% da amostra, apresentam ampla dispersão regional e predominância da modalidade a distância, refletindo um modelo de gestão orientado à expansão do acesso e à sustentabilidade financeira.

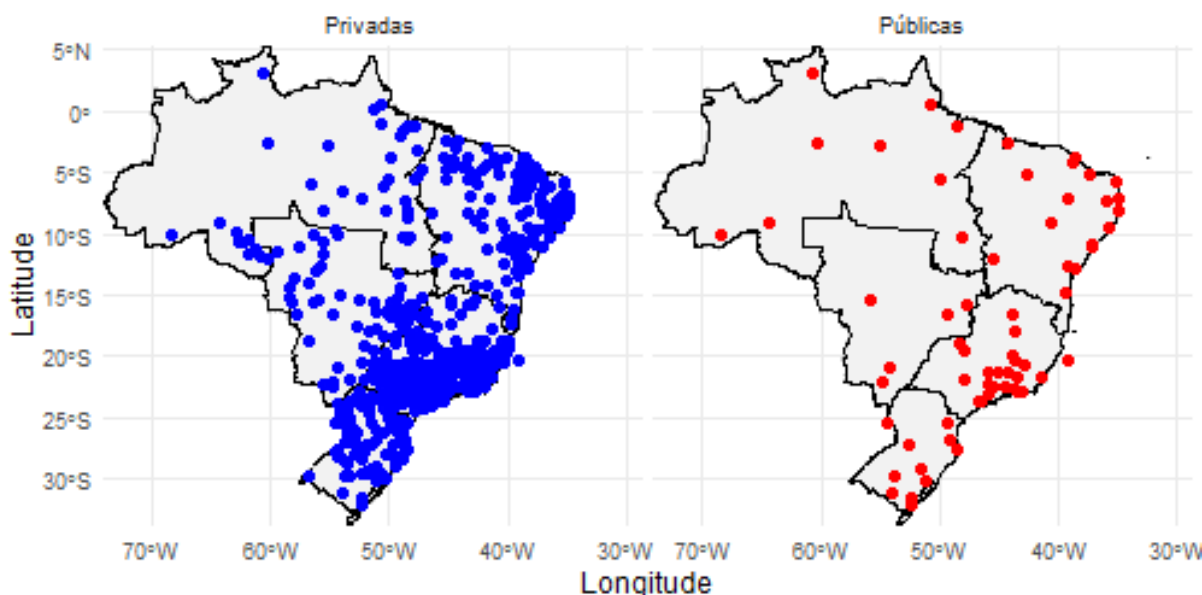


Figura 2

Distribuição espacial das Instituições de Ensino Superior (IES) públicas e privadas no Brasil

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados do Censo da Educação Superior (INEP, 2023).

A distribuição geográfica das Instituições de Ensino Superior (IES) revela forte concentração nas regiões Sudeste (41,9%) e Nordeste (22,9%), seguidas por Sul (16,5%), Centro-Oeste (10,7%) e Norte (10,7%), refletindo as desigualdades históricas na expansão do ensino superior no país. Conforme ilustrado na Figura 2, observa-se a predominância das universidades públicas federais nas capitais, enquanto as instituições privadas se caracterizam por maior interiorização, especialmente nas regiões Sudeste e Sul, evidenciando distintos padrões de concentração e acesso educacional no território nacional.

Esses resultados indicam que o sistema de ensino superior brasileiro apresenta assimetria territorial e estrutural, marcada por duas dinâmicas complementares: de um lado, as universidades públicas federais, de perfil mais consolidado, com foco em pesquisa e formação científica; de outro, o setor privado, caracterizado pela diversidade institucional e pela ênfase na expansão do acesso, especialmente via cursos EAD. Essa heterogeneidade reforça a necessidade de utilizar um modelo de mensuração da eficiência que considere retornos variáveis de escala (VRS), como o adotado neste estudo, de modo a capturar as diferenças de porte, missão e contexto das IES analisadas.

4.2. Teste de modelo e identificação de outliers

Antes da mensuração dos níveis de eficiência, foram realizados testes não paramétricos para verificar a adequação do modelo e a consistência estatística das estimativas. O teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) confirmou diferenças significativas entre os modelos com retornos constantes e variáveis de escala ($p < 0,05$), validando a adoção do DEA-VRS, uma vez que as Instituições de Ensino Superior (IES) operam em diferentes escalas e contextos. O teste de Kruskal-Wallis (KW) também indicou diferenças significativas entre IES públicas e privadas ($p < 0,001$), evidenciando que a natureza institucional e as formas de financiamento influenciam o desempenho operacional. A identificação de *outliers*, conduzida a partir das técnicas de supereficiência e superineficiência propostas por Andersen e Petersen (1993) e Pastor, Ruiz e Sirvent (1999), revelou cerca de 7% de casos extremos, concentrando supereficiência em faculdades privadas de pequeno porte, com elevados índices de conclusão e baixa evasão, e superineficiência em universidades públicas de grande porte, associadas a ineficiências de escala e maior rigidez administrativa.

4.3. Eficiência técnica das IES (DEA-Bootstrap)

Os resultados apontaram que as IES públicas apresentaram escores médios de eficiência superiores aos das instituições privadas, o que reforça o papel da estabilidade orçamentária, da infraestrutura acadêmica consolidada e da presença de docentes em regime integral como fatores de sustentação do desempenho. No entanto, a maior variabilidade observada entre as IES privadas evidencia o caráter competitivo e mercadológico desse segmento, cujas estratégias de gestão estão mais sujeitas à volatilidade de receitas, à dependência de programas de financiamento estudantil e às flutuações da demanda.

Tabela 5

Ranking de Eficiências NDEA Bootstrap (2023)

Nº	DMU	Nome	Rede	E1	E2	E3	EG
1	322	Universidade Paulista	Privada	1	0,999946	1	0,999946
2	1196	Centro Universitário De Maringá - Unicesumar	Privada	0,999883	0,999946	1	0,999829
3	316	Universidade Nove De Julho	Privada	0,999866	0,986212	1	0,986081
4	466	Universidade Anhembí Morumbi	Privada	0,976197	0,985812	1	0,962346
5	1491	Centro Universitário Internacional	Privada	0,999191	0,999946	0,935754	0,934947
6	1472	Centro Universitário Leonardo Da Vinci	Privada	0,98969	0,999946	0,935754	0,926056
7	203	Universidade São Judas Tadeu	Privada	0,909282	0,942114	1	0,856647
8	221	Universidade Cruzeiro Do Sul	Privada	0,99926	0,986362	0,861588	0,849208
9	338	Pontifícia Universidade Católica De Minas Gerais	Privada	0,905245	0,937236	1	0,848428
10	298	Universidade Pitágoras Unopar	Privada	0,99626	0,999946	0,85078	0,847552
11	1910	Faculdade Uninassau Lauro De Freitas	Privada	0,947682	0,999945	0,884382	0,838067
12	712	Centro Universitário Ibmr	Privada	0,891853	0,998981	0,935754	0,833705
13	385	Universidade Salvador	Privada	0,8602	0,966993	1	0,831807
14	718	Universidade Potiguar	Privada	0,871293	0,953542	1	0,830815
15	2	Universidade De Brasília	Pública	0,901543	0,91894	1	0,828464
16	448	Centro Universitário Ritter Dos Reis	Privada	0,855754	0,963122	1	0,824196
17	569	Universidade Federal Do Pará	Pública	0,892139	0,922155	1	0,822691
18	4751	Fac. Tecnologia E Ciencias Do Norte Do Paraná	Privada	0,981449	0,970225	0,861588	0,820427
19	417	Universidade Cidade De São Paulo	Privada	0,985063	0,965205	0,861588	0,819187
20	374	Centro Univ. Das Fac. Metropolitanas Unidas	Privada	0,933109	0,938073	0,935754	0,819089
21	1805	Centro Universitário Dos Guarapés	Privada	0,837632	0,977616	1	0,818882
22	586	Universidade Federal Do Rio De Janeiro	Pública	0,915898	0,890731	1	0,815818
23	3840	Centro Universitário Facvest	Privada	0,951857	0,854685	1	0,813538
24	1205	Faculdade Educacional Da Lapa	Privada	0,955826	0,959806	0,885178	0,812069
25	375	Universidade Santo Amaro	Privada	0,879217	0,923316	1	0,811795
26	575	Universidade Federal De Minas Gerais	Pública	0,884916	0,912179	1	0,807202
27	18637	Faculdade Imesmercosur	Privada	0,969029	0,888476	0,935754	0,805646
28	1396	Centro Universitário Dinâmica Das Cataratas	Privada	0,940022	0,847459	1	0,79663
29	1510	Centro Universitário Estácio De Santa Catarina	Privada	0,992159	0,93156	0,861588	0,796328
30	570	Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte	Pública	0,876564	0,898935	1	0,787974

Nota. Fonte: Elaboração própria a partir dos dados no R-Studio.

Na Tabela 5, observa-se que universidades privadas de grande porte — como a Universidade Paulista (UNIP), o Centro Universitário de Maringá (Unicesumar) e a Universidade Nove de Julho (UNINOVE) — permanecem entre as mais eficientes do país, ainda que com reduções nos escores após o ajuste bootstrap. Em contrapartida, universidades públicas tradicionais, como a Universidade de Brasília (UnB), a Universidade Federal do Pará (UFPA) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mantiveram posições de destaque, confirmando que a estrutura pública, embora mais custosa, apresenta elevado retorno social e acadêmico quando analisada sob a ótica da eficiência técnica.

A decomposição dos escores em três etapas interdependentes — E1 (Capacidade Científica e Estrutura Acadêmica), E2 (Processos Formativos) e E3 (Resultados Institucionais e Impacto Social) — revela padrões distintos de desempenho entre os dois segmentos de ensino superior.

Nas instituições privadas de maior porte, as eficiências mais elevadas concentram-se na E1, indicando alta capacidade de transformar recursos científicos, docentes e técnicos em oferta de vagas e expansão de matrículas. Esse resultado reflete uma gestão orientada para a escala e a racionalização de custos — fenômeno também observado por Barra e Zotti (2016) e Agasisti, Egorov, Zinchenko e Leshukov (2021), que associam a eficiência operacional das IES privadas à padronização administrativa e ao uso intensivo de tecnologias educacionais.

Por outro lado, observa-se maior dispersão dos escores na E2, etapa em que se avalia a qualidade do processo formativo. Nessa fase, muitas IES privadas enfrentam desafios em manter taxas equilibradas de conclusão e baixos níveis de evasão, o que sugere fragilidade pedagógica relativa, especialmente em cursos de grande volume de alunos. Já na E3, algumas universidades privadas de destaque — como a UNIP e a UNINOVE — alcançam resultados elevados, sustentados pelo desempenho institucional no IGC e pela ampliação de políticas de inclusão social, demonstrando esforços para alinhar expansão e responsabilidade social.

No caso das universidades públicas federais, a dinâmica é oposta: seus melhores resultados concentram-se nas etapas E2 e E3, refletindo eficiência formativa e impacto social mais expressivos. A E2 se destaca pelo alto índice de concluintes e baixa evasão em relação ao total de matrículas, o que evidencia estabilidade administrativa e políticas educacionais voltadas à permanência estudantil. Já na E3, as federais obtêm eficiências plenas em grande parte das observações, impulsionadas por elevados índices IGC e pelo volume de estudantes beneficiados por programas sociais como o Prouni e as cotas de inclusão. Esse padrão confirma o achado de Santos *et al.* (2022) e Siqueira (2015), segundo os quais a eficiência das universidades públicas deriva principalmente de seu compromisso institucional com a pesquisa e a equidade social.

Em termos comparativos, as médias de eficiência global (EG) indicam que as IES privadas obtiveram leve vantagem quantitativa ($\approx 0,84$), impulsionadas pela eficiência inicial de alocação de recursos e expansão de oferta (E1). Entretanto, as universidades públicas federais apresentaram desempenho mais equilibrado entre as etapas e maior estabilidade temporal, com média próxima de 0,81. Isso reforça que, embora as IES privadas maximizem a produtividade operacional, as públicas demonstram eficiência sistêmica e sustentável, capaz de gerar retorno científico e social de longo prazo.

Portanto, a análise por estágios evidencia a coexistência de duas racionalidades distintas de eficiência. No setor privado, predomina uma lógica orientada ao mercado e à escala, em que a busca por produtividade e expansão se traduz em estruturas administrativas otimizadas e maior capacidade de absorção de matrículas. Já no setor público, sobressai-se uma eficiência pautada pela qualidade do ensino, pela permanência estudantil e pelo impacto social, pilares essenciais para a consolidação de um sistema educacional mais equitativo, sustentável e comprometido com o desenvolvimento científico e social do país.

4.4. Influência dos fatores ambientais (Machine Learning)

No segundo estágio da análise, optou-se por não empregar modelos de regressão tradicionais, como a regressão beta, em razão de suas limitações na captura de padrões não lineares e interações complexas entre variáveis. Em substituição, aplicaram-se três técnicas de aprendizado de máquina (ML) selecionadas segundo critérios de adequação estatística, interpretabilidade e capacidade de modelar relações multidimensionais: Elastic Net (Zou & Hastie, 2005; Kuhn & Johnson, 2013), Random Forest (Breiman, 2001) e XGBoost (Chen & Guestrin, 2016). O XGBoost foi selecionado como modelo final ajustado por apresentar o melhor desempenho preditivo, mensurado pelo RMSE Médio (*Root Mean Square Error*), indicador que expressa o erro quadrático médio das previsões — quanto menor seu valor, maior a precisão do modelo. O Elastic Net, embora menos acurado, forneceu coeficientes interpretáveis em formato clássico, reforçando a complementaridade entre as abordagens.

Tabela 6

Desempenho dos modelos de aprendizado de máquina

Modelo	Estrutura de Saída	Principais Variáveis Relevantes	RMSE Médio	Interpretação
Elastic Net	Fórmula linear explícita com coeficientes (β)	PIBpc (+), Densidade (+/-), Ano_mec (+), Lat/Lon (efeitos regionais)	0,168	Direção e magnitude das associações, mas menor capacidade preditiva.
Random Forest	Conjunto de árvores sem fórmula explícita	PIBpc, Densidade, Lat/Lon (maior importância); Ano_mec (menor impacto)	0,154	Captura relações não lineares e interações; fornece importâncias relativas.
XGBoost	Gradient Boosting, sem fórmula explícita	PIBpc, Densidade, Lat/Lon (ganho significativo)	0,149	Melhor desempenho preditivo; confirma influência do contexto socioeconômico e espacial.

Nota. Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados do ML.

A análise da importância relativa das variáveis no modelo final (XGBoost) evidenciou a predominância da idade institucional (ano_mec), com peso muito superior às demais variáveis, corroborando estudos de Siqueira (2015) e Santos *et al.* (2022), que destacam a maturidade institucional como determinante da eficiência devido à consolidação de processos administrativos e de capital humano. Em seguida, a densidade demográfica apresentou relevância intermediária, alinhando-se a Arbula Blechich (2024), que associa contextos urbanos mais densos a pressões e oportunidades adicionais para as IES. Já o tipo de rede (tp_rede) confirmou diferenças estruturais entre instituições públicas e privadas, conforme indicado por Santos *et al.* (2022). Por outro lado, variáveis geográficas — latitude, longitude e localização em capital — exibiram baixa influência, sugerindo impacto indireto mediado por fatores socioeconômicos e institucionais. O PIB per capita municipal, embora positivo, apresentou menor relevância, indicando que a prosperidade local não se traduz necessariamente em ganhos de eficiência.

Em conjunto, esses resultados consolidam o XGBoost como a abordagem mais robusta para compreender os determinantes da eficiência institucional, reforçando o potencial das técnicas de aprendizado de máquina para ampliar a análise além dos limites dos modelos econométricos tradicionais.

4.5. Comparação entre investimentos diretos e indiretos (União × FIES)

O financiamento do ensino superior brasileiro combina duas formas principais de aplicação de recursos públicos: os gastos diretos, provenientes do orçamento da União e destinados às universidades públicas federais, e os gastos indiretos, operacionalizados por meio do Fundo de Financiamento Estudantil (FIES), voltado ao custeio de mensalidades em instituições privadas. Essa dualidade caracteriza um modelo híbrido de política educacional, no qual coexistem o financiamento direto da oferta e o financiamento indireto da demanda, refletindo diferentes estratégias de expansão do acesso e de uso dos recursos públicos (Pontuschka, 2016; Souza, 2021).

Tabela 7

Gastos, eficiências e economia potencial, 2019–2023

Ano	Gasto Direto (R\$ bi)	Eficiência Média (Públicas)	Economia Potencial (R\$ bi)	Gasto Indireto (FIES) (R\$ bi)	Eficiência Média (Privadas)	Economia Potencial (R\$ bi)	Economia Total (R\$ bi)
2019	30,41	0,606	11,98	8,95	0,396	5,42	17,40
2020	29,11	0,574	12,41	5,09	0,391	3,10	15,51
2021	28,81	0,573	12,27	4,39	0,397	2,65	14,92
2022	30,43	0,573	12,99	3,99	0,402	2,39	15,38
2023	33,75	0,586	13,95	4,04	0,418	2,35	16,30

Ano	Gasto Direto (R\$ bi)	Eficiência Média (Públicas)	Economia Potencial (R\$ bi)	Gasto Indireto (FIES) (R\$ bi)	Eficiência Média (Privadas)	Economia Potencial (R\$ bi)	Economia Total (R\$ bi)
Média	30,50	0,582	12,72	5,71	0,401	3,18	15,90

Nota. Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da DEA-Bootstrap e dados de gastos públicos (CGU, FNDE e INEP, 2019–2023).

Os gastos diretos mantiveram estabilidade mesmo sob as restrições impostas pelo teto de despesas (EC nº 95/2016), enquanto os desembolsos do FIES reduziram-se em mais de 50%, refletindo o recuo do crédito educativo e o fortalecimento da oferta pública direta, conforme apontam Pontuschka (2016), Souza (2021) e Becker e Mendonça (2021).

Combinando esses dados de financiamento com os escores médios de eficiência técnica obtidos pela DEA, estimou-se o potencial de economia fiscal a partir da seguinte formulação:

$$C_i^* = \theta_i \cdot C_i \quad (1)$$

em que C_i^* é o custo eficiente, θ_i o escore de eficiência e C_i o custo observado (gastos diretos ou indiretos).

A comparação entre as modalidades de aplicação de recursos públicos evidencia contrastes expressivos na eficiência da alocação. Os resultados indicam que, embora o FIES represente uma política voltada à democratização do acesso ao ensino superior, sua eficiência média relativa (0,40) é substancialmente inferior à das universidades públicas federais (0,58). Em termos fiscais, isso corresponde a uma economia potencial média anual de R\$ 12,7 bilhões nas IES públicas, contra R\$ 3,1 bilhões nas privadas, totalizando aproximadamente R\$ 15,9 bilhões que poderiam ser poupados ou realocados de forma mais eficiente a cada exercício.

Sob a ótica da eficiência alocativa, o modelo público de investimento direto demonstra maior capacidade de conversão de recursos em resultados educacionais e científicos, conforme observado por Santos *et al.* (2022) e Siqueira (2015). As universidades federais, ao integrarem ensino, pesquisa e extensão, produzem externalidades positivas para o desenvolvimento local e nacional, além de apresentarem menor sensibilidade a choques econômicos e demográficos.

Em contrapartida, o financiamento indireto via FIES apresentou retração e crescente ineficiência operacional, associadas à redução do volume de novos contratos e ao aumento da inadimplência estudantil (Pontuschka, 2016; Souza, 2021; Becker & Mendonça, 2021). A partir de 2017, reformas restritivas reduziram o custo fiscal imediato, mas também a efetividade do programa como instrumento de inclusão social.

Do ponto de vista macroeconômico, a priorização de investimentos diretos no ensino público poderia gerar ganhos de eficiência de até 30% no uso dos recursos públicos, sem comprometer a equidade de acesso. Esse modelo apresenta menor custo marginal por aluno concludente e maior retorno social agregado, reforçando a viabilidade de uma política de expansão orientada pela eficiência técnica e pelo desempenho institucional.

Ainda assim, a manutenção de um sistema híbrido — combinando universidades públicas robustas com mecanismos seletivos de crédito estudantil reformulado — permanece essencial para ampliar o acesso em regiões de menor cobertura pública. Para tanto, o FIES precisaria ser reestruturado, com foco na sustentabilidade financeira e integração a indicadores de desempenho institucional, de modo a alinhar seus incentivos aos resultados obtidos.

Em síntese, os achados desta pesquisa indicam que a priorização do investimento público direto nas universidades federais constitui a política mais eficiente e sustentável para o Brasil, maximizando o retorno social e científico dos recursos aplicados. Já o financiamento indireto, embora relevante sob a perspectiva de inclusão, requer reformas profundas para garantir eficiência distributiva e equilíbrio fiscal em médio e longo prazo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como propósito avaliar a eficiência operacional das Instituições de Ensino Superior (IES) públicas e privadas brasileiras, considerando a pertinência da aplicação dos recursos públicos nas duas modalidades de financiamento: os investimentos diretos nas universidades federais e os indiretos via Fundo de Financiamento Estudantil (FIES). A pesquisa utilizou a Análise Envolvória de Dados (DEA), sob a hipótese de retornos variáveis de escala (modelo BCC), complementada pelo método bootstrap para correção de viés e pelo uso de técnicas de aprendizado de máquina (ML) para identificar fatores ambientais determinantes da eficiência, com base em dados referentes ao período de 2019 a 2023.

Os resultados apontaram que as universidades públicas federais apresentaram desempenho mais estável e consistente em termos de eficiência técnica, confirmando a hipótese de que instituições com maior consolidação administrativa e estrutura de pesquisa tendem a operar mais próximas da fronteira eficiente (Santos *et al.*, 2022; Siqueira, 2015). Essa constatação ratifica estudos anteriores, como os de Costa *et al.* (2012) e Silva e Rosa (2022), que identificaram níveis superiores de eficiência nas IES públicas, explicados pela maior integração entre ensino, pesquisa e extensão e pelo uso mais racional dos recursos públicos.

Em contrapartida, as IES privadas apresentaram maior volatilidade nos índices de eficiência e tendência decrescente a partir de 2020. Essa dinâmica está em consonância com as evidências de Pontuschka (2016) e Becker e Mendonça (2021), que destacam que as reformas na política de financiamento estudantil — com restrições de elegibilidade, aumento da inadimplência e contingenciamentos orçamentários — reduziram significativamente a abrangência do programa e comprometeram sua sustentabilidade financeira. De forma complementar, os resultados corroboram Souza (2021), segundo o qual a retração do crédito educativo após a Emenda Constitucional nº 95/2016 acentuou o desequilíbrio entre a oferta pública e privada de ensino superior, redefinindo a estrutura da política de acesso.

A comparação entre os gastos diretos e indiretos da União mostrou que, entre 2019 e 2023, os dispêndios com universidades federais mantiveram estabilidade nominal, enquanto os desembolsos do FIES diminuíram para menos de 1% do total da função Educação, evidenciando uma inflexão na política de financiamento estudantil em favor da oferta pública direta. Essa constatação corrobora as conclusões do Banco Mundial (2017) e de Boueri, Rocha e Rodopoulos (2015), que enfatizam que o gasto público direto tende a ser mais eficiente em termos de retorno social e impacto distributivo do que mecanismos de subsídio ao setor privado.

A aplicação do modelo DEA permitiu estimar a economia potencial resultante da eliminação das ineficiências técnicas, revelando que as IES públicas poderiam economizar, em média, R\$ 12,7 bilhões anuais, enquanto o setor privado financiado pelo FIES apresentaria potencial de cerca de R\$ 3,1 bilhões, resultando em aproximadamente R\$ 15,9 bilhões que poderiam ser poupados ou realocados de forma mais eficiente a cada exercício. Esses resultados reforçam a utilidade da DEA como instrumento de apoio à formulação de políticas públicas, ao traduzir ineficiências operacionais em estimativas fiscais concretas e mensuráveis (Afonso, Schuknecht & Tanzi, 2005; Rosano-Peña & Gomes, 2018).

Do ponto de vista prático, os resultados evidenciam que a alocação direta de recursos nas universidades públicas apresenta maior retorno educacional e social, reafirmando a importância estratégica do Estado na manutenção de um sistema público robusto, gratuito e de qualidade. Contudo, as IES privadas permanecem relevantes na ampliação do acesso, especialmente em regiões menos desenvolvidas, onde a oferta pública é insuficiente. Nesse contexto, políticas híbridas que combinem incentivos à eficiência com mecanismos de inclusão social — como um FIES reformulado e vinculado a indicadores de desempenho — podem

representar alternativas viáveis para equilibrar equidade e eficiência no sistema de ensino superior brasileiro.

Como limitação do estudo, destaca-se a ausência de dados financeiros desagregados nas instituições privadas e de indicadores qualitativos de longo prazo, como empregabilidade dos egressos e impacto regional da pesquisa. Para pesquisas futuras, recomenda-se ampliar o período de análise e integrar a metodologia DEA a modelos de aprendizado de máquina, explorando padrões não lineares de eficiência, conforme sugerem Janiesch, Zschech e Heinrich (2021) e Sarker (2021).

Em síntese, os achados ratificam a literatura nacional e internacional sobre eficiência em instituições de ensino superior (Agasisti & Pérez-Esparrells, 2010; Arbula Blechich, 2024; Santos *et al.*, 2022), ao demonstrar que a eficiência técnica é fortemente condicionada por fatores estruturais, institucionais e de governança. As evidências empíricas indicam que o modelo público, embora mais custoso em termos absolutos, apresenta maior coerência com os princípios de eficiência, equidade e sustentabilidade fiscal, enquanto o modelo privado depende de políticas de financiamento estáveis e transparentes para manter níveis satisfatórios de desempenho. Assim, reafirma-se a necessidade de uma política educacional integrada, capaz de alinhar qualidade, eficiência e responsabilidade social na aplicação dos recursos públicos destinados à educação superior no Brasil.

6. AGRADECIMENTOS

Aos professores que contribuíram de forma marcante para minha trajetória acadêmica no mestrado, transmitindo ensinamentos que moldaram minha formação e ampliaram minha visão crítica. Ao Prof. Dr. Carlos Rosano Peña, meu orientador, pela orientação cuidadosa, paciência e constante dedicação, cuja confiança e generosidade foram essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa. Em especial, ao Prof. Dr. Abimael de Jesus Barros Costa, por acreditar no meu potencial, incentivar a continuidade da carreira acadêmica e servir como exemplo de educador e pesquisador comprometido com a excelência. À Profa. Dra. Carla Velloso dos Santos (PPGCC/UFRJ) e ao Prof. Dr. Marcelo Driemeyer Wilbert (PPGCont/UnB), pelas valiosas contribuições na etapa de qualificação e defesa, cujas observações críticas e sugestões foram fundamentais para o aprimoramento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Abramo, G., D'Angelo, C. A., & Rosati, F. (2015). The determinants of academic career advancement: Evidence from Italy. *Science and Public Policy*, 42(6), 761–774.
<http://dx.doi.org/10.1093/scipol/scu086>
- Afonso, A., Schuknecht, L., & Tanzi, V. (2005). Public Sector Efficiency: An International Comparison. *Public Choice*, 123(3/4), 321–347. <https://doi.org/10.1007/s11127-005-7165-2>
- Agasisti, T., Egorov, A., Zinchenko, D., & Leshukov, O. (2021). Efficiency of regional higher education systems and regional economic short-run growth: Empirical evidence from Russia. *Industry and Innovation*, 28(4), 507–534.
<https://doi.org/10.1080/13662716.2020.1738914>
- Agasisti, T., & Pérez-Esparrells, C. (2010). Comparing efficiency in a cross-country perspective: The case of Italian and Spanish state universities. *Higher Education*, 59(1), 85–103. <https://doi.org/10.1007/s10734-009-9235-8>
- Almeida, A. T. C. de, Ramalho, H. M. de B., Sobral, E. F. M., & Silva, A. F. da. (2018). Análise da eficiência dos departamentos de economia de instituições de ensino superior do Brasil. *Economia Aplicada*, 22(1), 109–140. <https://doi.org/10.11606/1980-5330/ea122240>
- Andersen, P., & Petersen, N. C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management Science*, 39(10), 1261–1264.
<https://doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1261>
- Andersson, C., Quigley, J., Wilhelmsson, M., & Weiner, J. (2017). Technical efficiency and productivity for higher education institutions in Sweden. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 61(2), 205–223.
<https://doi.org/10.1080/00313831.2015.1120230>
- Arbula Blečić, A. (2024). Efficiency Evaluation of the Higher Education Sector in Europe – Window DEA Based Approach. *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*, 12(1), 15–30.
<https://doi.org/10.31784/zvr.12.1.9>
- Banco Mundial. (2017). Um ajuste justo: análise da eficiência e equidade do gasto público no Brasil. Washington, DC: Banco Mundial.
<https://www.worldbank.org/pt/country/brazil/publication/brazil-expenditure-review-report>
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale efficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078–1092. <http://www.jstor.org/stable/2631725>
- Barra, C., & Zotti, R. (2016). Measuring efficiency in higher education: An empirical study using a bootstrapped data envelopment analysis. *International Advances in Economic Research*, 22(1), 11–33. <https://doi.org/10.1007/s11294-015-9558-4>
- Bean, J. P. (1980). Dropouts and turnover: The synthesis and test of a causal model of student attrition. *Research in Higher Education*, 12(2), 155–187.
<https://doi.org/10.1007/BF00976194>

- Becker, K. L., & Mendonça, M. J. C. (2021). Políticas de financiamento estudantil: análise de impacto do Fies no tempo de conclusão do ensino superior. *Economia e Sociedade*, 30(2), 551–581. <https://doi.org/10.1590/1982-3533.2021v30n2art11>
- Belloni, J. A. (2000). Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de universidades federais brasileiras [Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina]. Repositório Institucional da UFSC. <http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/1757.pdf>
- Bielschowsky, C. E., & Amaral, N. C. (2022). O custo do aluno das 2.537 instituições de educação superior brasileiras: cai um mito? *Educação & Sociedade*, 43, e243866. <https://doi.org/10.1590/ES.243866>
- Bittencourt, H. R., Casartelli, A. de O., & Rodrigues, A. C. de M. (2009). Sobre o Índice Geral de Cursos (IGC). *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)*, 14(3), 667–682. <https://doi.org/10.1590/S1414-40772009000300008>
- Bogetoft, P., & Otto, L. (2011). *Benchmarking with DEA, SFA, and R*. New York: Springer-Verlag. <http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/21766/1/318.pdf>
- Boueri, R., Rocha, F., & Rodopoulos, F. (Orgs.). (2015). *Avaliação da qualidade do gasto público e mensuração da eficiência*. Brasília: Secretaria do Tesouro Nacional. <https://thot-arquivos.tesouro.gov.br/publicacao/28263>
- Brasil. Portal da Transparência. (2021). *Concessão de Financiamento Estudantil – FIES (Lei n. 10.260, de 2001)*. <https://portaldatransparencia.gov.br/programas-e-aco/acao/00IG-concessao-de-financiamento-estudantil---fies--lei-n-----de-----?ano=2021>
- Brasil. (2016). *Emenda Constitucional nº 95, de 15 de dezembro de 2016*. Altera o Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, para instituir o Novo Regime Fiscal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 dez. 2016. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc95.htm
- Brasil. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). (2019). *Índice Geral de Cursos (IGC)*. Ministério da Educação. <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/indicadores-educacionais/indice-geral-de-cursos-igc>
- Brasil. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). (2023a). *Indicadores financeiros educacionais: Ensino Superior – Gastos Diretos*. <https://www.gov.br/inep/pt-br/acao-a-informacao/dados-abertos/indicadores-educacionais>
- Brasil. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). (2023b). *Relatórios do Fundo de Financiamento Estudantil (FIES): Gastos Indiretos com Ensino Superior*. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira / Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. <https://www.gov.br/fnde/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/financiamento/fies>
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45, 5–32 (2001). <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Cao, S., Qiu, Y., Unarta, I. C., Goonetilleke, E. C., & Huang, X. (2022). The Ion-Dipole Correction of the 3DRISM Solvation Model to Accurately Compute Water Distributions around Negatively Charged Biomolecules. *The journal of physical chemistry. B*, 126(43), 8632–8645. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.2c04431>

- Caves, D. W., Christensen, L. R., & Diewert, W. E. (1982). The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. *Econometrica*, 50(6), 1393–1414. <https://doi.org/10.2307/1913388>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). *XGBoost: A scalable tree boosting system*. In *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (pp. 785–794). ACM. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
- Coelli, T., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). An introduction to efficiency and productivity analysis (2nd ed.). New York: Springer. <http://download.e-booksshelf.de/download/0000/0005/80/L-G-0000000580-0002368702.pdf>
- Contreras, I., & Lozano, S. (2020). Allocating additional resources to public universities: A DEA bargaining approach. *Socio-Economic Planning Sciences*, 71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seps.2019.100752>
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2011). Handbook on data envelopment analysis (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8>
- Costa, E. M., Souza, H. R., Ramos, F. S., & Silva, J. L. M. da. (2012). Eficiência e desempenho no ensino superior: Uma análise da fronteira de produção educacional das IFES brasileiras. *Revista de Economia Contemporânea*, 16(3), 415–440. <https://doi.org/10.1590/S1415-98482012000300003>
- Färe, R., & Grosskopf, S. (2000). Network DEA. *Socio-Economic Planning Sciences*, 34(1), 35–49. [https://doi.org/10.1016/S0038-0121\(99\)00012-9](https://doi.org/10.1016/S0038-0121(99)00012-9)
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *The American Economic Review*, 84(1), 66–83. <http://www.jstor.org/stable/2117971>
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253–290. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Guironnet, J. P. & Peypoch, N. (2018). The geographical efficiency of education and research: The ranking of US universities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 62, 44–55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seps.2017.07.003>
- Gul, M. & Yucesan, M. (2022). Performance evaluation of Turkish Universities by an integrated Bayesian BWM-TOPSIS model. *Socio-Economic Planning Sciences*, 80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seps.2021.101173>
- Janiesch, C., Zschech, P. & Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electron Markets*, 31, 685–695. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>
- Johnes, J. (2006). Measuring efficiency: A comparison of multilevel modelling and data envelopment analysis in the context of higher education. *Bulletin of Economic Research*, v. 58(2), 75–104. <https://doi.org/10.1111/j.0307-3378.2006.00238.x>
- Johnes, G., & Ruggiero, J. (2017). Revenue efficiency in higher education institutions under imperfect competition. *Public Policy and Administration*, 32(4), 282–295. <https://doi.org/10.1177/0952076716652935>

- Krejnuš, M., Štofková, J., Štofková, K. R., & Binasová, V. (2023). The Use of the DEA Method for Measuring the Efficiency of Electronic Public Administration as Part of the Digitization of the Economy and Society. *Applied Sciences*, 13(6), 3672. <https://doi.org/10.3390/app13063672>
- Kuhn, M., & Johnson, K. (2013). *Applied Predictive Modeling*. Springer. Recuperado de https://www.ic.unicamp.br/~wainer/cursos/1s2021/432/2013_Book_AppliedPredictiveModeling.pdf
- Lee, C. (2011). *Malmquist Productivity Analysis using DEA*. Conferência Stata Chicago 2011
- Marinho, A.; Resende, M.; Façanha, L. (1997). Brazilian federal universities: relative efficiency evaluation and data envelopment analysis. *Revista Brasileira de Economia*, 51(4), p. 489-508. Recuperado de <https://hdl.handle.net/10438/13040>
- Moncayo-Martínez, L. A., Ramírez-Nafarrate, A. & Hernández-Balderrama, M. G. (2020). Evaluation of public HEI on teaching, research, and knowledge dissemination by Data Envelopment Analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 69. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seps.2019.06.003>
- Nazarko, J. & Saparauskas, J. (2014). APPLICATION OF DEA METHOD IN EFFICIENCY EVALUATION OF PUBLIC HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(1), 25-44. <http://dx.doi.org/10.3846/20294913.2014.837116>
- Nishimura, J. & Okamuro, H. (2016). Knowledge and rent spillovers through government-sponsored R&D consortia. *Science and Public Policy*, 43(2), 207-225. <http://dx.doi.org/10.1093/scipol/scv028>
- Oliveira, E. P., & Moraes, S. P. (2025). As instituições de educação superior no Brasil e a influência das políticas neoliberais no corte de financiamento: Experiência da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). *Humanidades & Tecnologia (FINOM)*, 56(1), 59–70. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14861966>
- Pastor, J. T., Ruiz, J. L., & Sirvent, I. (1999). An enhanced DEA Russell graph efficiency measure. *European Journal of Operational Research*, 115(3), 596–607. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00098-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00098-8)
- Parteka, A., & Wolszczak-Derlacz, J. (2013). Dynamics of productivity in higher education: Cross-European evidence based on bootstrapped Malmquist indices. *Journal of Productivity Analysis*, 40(1), 67–82. <https://doi.org/10.1007/s11123-012-0320-0>
- Pereira, A. B. (2023). A eficiência dos programas de pós-graduação em ciências contábeis, administração e turismo e seus determinantes (Dissertação de Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília. <https://repositorio.unb.br/jspui/handle/10482/50177>
- Pontuschka, R. (2016). Avaliação de impacto do Fies [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.11.2016.tde-03102016-163218>
- Rosano-Peña, C., Gomes, E. B. P. (2018). Eficiência e produtividade no setor público: conceitos e medidas. *Gestão Judiciária: conteúdos e disciplina*. Brasília: Editora IABS. Recuperado de <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/959904>
- Santos, J. P. A. dos, Silva Júnior, L. H., & Nunes, A. (2022). Eficiência nas universidades federais brasileiras: um estudo por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA). *Desenvolvimento em Questão*, 20(58), e12286. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2022.58.12286>

- Sarker I. H. (2021). Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. SN computer science, 2(3), 160. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>
- Silva, C. A. da, & Rosa, F. S. da. (2022). Eficiência das universidades federais brasileiras. Avaliação: Revista Da Avaliação Da Educação Superior (campinas), 27(1), 137–158. <https://doi.org/10.1590/S1414-40772022000100008>
- Simar, L. (2000). A General Methodology for Bootstrapping in Non-parametric Frontier Models. Journal of Applied Statistics. 27(6). <https://doi.org/10.1080/02664760050081951>
- Simar, L., & Wilson, P. W. (2007). Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. Journal of Econometrics, 136(1), 31–64. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.07.009>
- Siqueira, J. S. (2015). Eficiência das universidades públicas federais brasileiras: um estudo com foco no projeto REUNI [Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília]. <http://repositorio.unb.br/handle/10482/18244>
- Souza, M. L. S. (2021). Programa de Financiamento Estudantil (FIES) no contexto do Plano Nacional de Educação (2014–2024) [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte]. <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/46501>
- Tone, K., & Tsutsui, M. (2009). Network DEA: A slacks-based measure approach. European Journal of Operational Research, 197(1), 243–252. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.05.027>
- Veiderpass, A., & McKelvey, M. (2016). Evaluating the performance of higher education institutions in Europe: A nonparametric efficiency analysis of 944 institutions. Applied Economics, 48(16), 1504–1514. <https://doi.org/10.1080/00036846.2015.1102844>
- Zou, H., & Hastie, T. (2005). Regularization and Variable Selection Via the Elastic Net, Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology, Volume 67, Issue 2, April 2005, Pages 301–320, <https://doi.org/10.1111/j.1467-9868.2005.00503.x>