



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DECANATO DE PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA INOVAÇÃO

**ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS APLICADA AO
DIAGNÓSTICO DO ÍNDICE DE INOVAÇÃO DOS PROGRAMAS
DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

MARCELO AZEVEDO VILHENA

BRASÍLIA- DF
2025



MARCELO AZEVEDO VILHENA

ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS APLICADA AO DIAGNÓSTICO DO ÍNDICE DE INOVAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT), Ponto Focal Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação. Área de concentração: Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação

Orientadora: Profa. Dra. Andréia Alves Costa

BRASÍLIA - DF

2025



MARCELO AZEVEDO VILHENA

ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS APLICADA AO DIAGNÓSTICO DO ÍNDICE DE INOVAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós- Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação - PROFNIT- Universidade de Brasília

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Andréia Alves Costa
Orientadora - PROFNIT/UnB – PRESIDENTE

Prof. Dr. Gustavo Roberto Villas Boas

Prof.^a Dr.^a Marília Miranda Forte Gomes

Prof.^a Dr.^a Patrícia Regina Sobral Braga

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Universidade de Brasília e a toda a comunidade universitária. Com profundo apreço e gratidão, reforço meu compromisso com a missão de tornar nossa universidade cada vez mais inovadora e inclusiva, contribuindo para o avanço científico e tecnológico e promovendo um ambiente de excelência e transformação.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

À minha família, por seu apoio incondicional em todos os sentidos desde sempre, sou profundamente grato.

À minha esposa, agradeço imensamente por suportar meu estresse diário e pela compreensão diante dos inúmeros fins de semana em que, embora estivesse ao seu lado, não estive disponível para sair e desfrutar de momentos de lazer juntos.

À minha orientadora, agradeço por ter me trazido calma nos momentos de incerteza e por me guiar quando enfrentei bloqueios criativos.

A todos, minha eterna gratidão.

AZEVEDO VILHENA, Marcelo. **Análise Envoltória de Dados aplicada ao Diagnóstico do Índice de Inovação dos Programas de Pós-graduação da Universidade de Brasília.** (Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação) – Decanato de Pesquisa e Inovação. Universidade de Brasília, 2024.

RESUMO

No cenário econômico e social contemporâneo, em que a inovação desempenha um papel essencial para o avanço da ciência e para o desenvolvimento de soluções frente aos desafios atuais, a Universidade de Brasília (UnB) reconhece a importância crítica de promover uma cultura inovadora como parte de sua missão institucional. Dada a relevância da inovação para o progresso das instituições federais de ensino superior, este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho inovador dos programas de pós-graduação da UnB, utilizando a metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA). Em seguida, essa abordagem foi empregada para conduzir uma análise comparativa entre a Universidade de Brasília (UnB) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Para tal, foram considerados diversos *inputs* (como o quantitativo de docentes, discentes matriculados, orçamento dedicado à pesquisa, entre outros) proporcionando uma compreensão abrangente sobre a capacidade de cada programa de converter esses recursos em *outputs* significativos de inovação (como patentes, aplicativos, produtos, entre outros). A análise identificou os programas mais eficientes no que se refere à inovação, e possibilitou a formulação de análises sobre práticas exitosas que poderiam ser replicadas em outros contextos acadêmicos para fomentar a inovação. Os resultados deste estudo mostram o ranqueamento dos programas de pós-graduação da UnB e da UFRJ em termos de eficiência inovadora, segundo o modelo DEA adotado, destacando os programas mais eficientes na conversão de recursos em resultados inovadores. A pesquisa também apresenta uma análise gráfica e comparativa dos *inputs* e *outputs* utilizados, permitindo visualizar diferenças de desempenho entre os programas, bem como uma comparação com as respectivas notas atribuídas pela CAPES. Com base nesses achados, foram elaboradas recomendações voltadas à melhoria do desempenho inovador, oferecendo subsídios para a formulação de estratégias institucionais mais eficazes, fortalecendo o ecossistema de pesquisa e desenvolvimento na UnB, e elucidando a dinâmica entre os recursos empregados e os resultados obtidos no processo de inovação por meio da metodologia DEA.

Palavras-chave: Inovação. Eficiência. Análise envoltória de dados. Pós-graduação.

AZEVEDO VILHENA, Marcelo. **Data Envelopment Analysis Applied to the Diagnosis of the Innovation Index of Graduate Programs at the University of Brasília.** (Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação) – Decanato de Pesquisa e Inovação. Universidade de Brasília, 2024.

ABSTRACT

In the current economic and social context, where innovation plays a vital role in advancing science and developing solutions to contemporary challenges, the University of Brasília (UnB) recognizes the critical importance of fostering an innovation-oriented culture as part of its institutional mission. Given the relevance of innovation to the progress of federal higher education institutions, this study aimed to evaluate the innovative performance of UnB's graduate programs using the Data Envelopment Analysis (DEA) methodology. This approach was then used to conduct a comparative analysis between the University of Brasília (UnB) and the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ). To this end, various inputs were considered (such as faculty numbers, enrolled students, research budget, among others), providing a comprehensive understanding of each program's ability to convert these resources into significant innovation outputs (such as patents, applications, products, among others). The analysis identified the most efficient programs in terms of innovation and provided insights into successful practices that could be replicated in other academic contexts. The results of this study reveal the ranking of graduate programs at both UnB and UFRJ in terms of innovation efficiency based on the DEA model, highlighting those most effective in converting resources into innovative outcomes. The research also includes a graphical and comparative analysis of the inputs and outputs used, allowing for the visualization of performance differences across programs, as well as a comparison with the respective CAPES evaluation scores. Based on these findings, recommendations were developed to enhance innovation performance, offering support for the formulation of more effective institutional strategies, thereby strengthening UnB's research and development ecosystem and shedding light on the dynamics between employed resources and the innovation outcomes achieved through the DEA methodology.

Keywords: Innovation. Efficiency. Data Envelopment Analysis. Postgraduate studies.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Modelo conceitual da Hélice Quíntupla.....	12
FIGURA 2	Demonstração da fronteira de eficiência.....	40
FIGURA 3	Orientação aos inputs e aos outputs.....	43
FIGURA 4	Estrutura gráfica para o Modelo DEA.....	48
FIGURA 5	Ranking de eficiência dos programas de pós-graduação da UnB.....	56
FIGURA 6	Ranking de eficiência dos programas de pós-graduação da UFRJ.....	65

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	<i>Input: Orçamento de Pesquisa</i>	24
QUADRO 2	<i>Input: Quantitativo de Docentes</i>	25
QUADRO 3	<i>Input: Quantitativo de Discentes Matriculados</i>	27
QUADRO 4	<i>Input: Quantitativo de Bolsas (DPB)</i>	28
QUADRO 5	<i>Output: Patentes Registradas</i>	29
QUADRO 6	<i>Output: Aplicativos</i>	31
QUADRO 7	<i>Output: Produtos</i>	32
QUADRO 8	<i>Output: Artigos em Periódicos</i>	33
QUADRO 9	<i>Output: Publicação em Anais</i>	35
QUADRO 10	<i>Output: Teses e Dissertações</i>	37
QUADRO 11	<i>Output: Livros</i>	38
QUADRO 12	Grupo de variáveis utilizadas no modelo DEA.....	49
QUADRO 13	Exemplo de estrutura dos dados para execução do modelo.....	51

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Proteções realizadas pela UnB por tipo de propriedade intelectual	23
----------	--	----

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	Distribuição dos programas de pós-graduação da UnB conforme as categorias de eficiência obtidas na análise DEA.....	54
GRÁFICO 2a	Média de Discentes da UnB por categoria de eficiência.....	58
GRÁFICO 2b	Média de Docentes da UnB por categoria de eficiência.....	58
GRÁFICO 2c	Média de Recursos da UnB por categoria de eficiência.....	58
GRÁFICO 2d	Média de Bolsas da UnB por categoria de eficiência.....	58
GRÁFICO 3a	Média de Aplicativos da UnB por categoria de eficiência.....	61
GRÁFICO 3b	Média de Teses e Dissertações da UnB por categoria de eficiência...	61
GRÁFICO 3c	Média de Produtos da UnB por categoria de eficiência.....	61
GRÁFICO 3d	Média de Publicação em Anais da UnB por categoria de eficiência....	61
GRÁFICO 3e	Média de Patentes Registradas da UnB por categoria de eficiência...	61
GRÁFICO 3f	Média de Livros da UnB por categoria de eficiência.....	61
GRÁFICO 3g	Média de Artigos em Periódicos da UnB por categoria de eficiência..	61
GRÁFICO 4	Distribuição dos programas de pós-graduação da UFRJ conforme as categorias de eficiência obtidas na análise DEA.....	64
GRÁFICO 5a	Média de Docentes da UFRJ por categoria de eficiência.....	66
GRÁFICO 5b	Média de Bolsas da UFRJ por categoria de eficiência.....	66
GRÁFICO 5c	Média de Recursos da UFRJ por categoria de eficiência.....	66
GRÁFICO 5d	Média de Discentes da UFRJ por categoria de eficiência.....	66
GRÁFICO 6a	Média de Patentes Registradas da UFRJ por categoria de eficiência.	68
GRÁFICO 6b	Média de Teses e Dissertações da UFRJ por categoria de eficiência	68
GRÁFICO 6c	Média de Produtos da UFRJ por categoria de eficiência.....	68
GRÁFICO 6d	Média de Aplicativos da UFRJ por categoria de eficiência.....	68
GRÁFICO 6e	Média de Artigos em Periódicos da UFRJ por categoria de eficiência	68
GRÁFICO 6f	Média de Publicação em Anais da UFRJ por categoria de eficiência.	68
GRÁFICO 6g	Média de Livros da UFRJ por categoria de eficiência.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	The Analytic Hierarchy Process
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CITT	Coordenação de Inovação e Transferência de Tecnologia
DEA	Data Envelopment Analysis
DMU	Decision Making Unit
DPB	Diretoria de Programas e Bolsas no País
INPI	Instituto Nacional Da Propriedade Industrial
LOA	Lei Orçamentária Anual
MEC	Ministério da Educação
NIT/CDT	Núcleo de Inovação Tecnológica/Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília
Nupitec	Núcleo de Propriedade Intelectual
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PcTEC	Parque Científico e Tecnológico da Universidade de Brasília
PDI	Plano de Desenvolvimento Institucional
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PLS	Plano Diretor de Logística Sustentável
PPG	Programa de Pós-Graduação
PROFNIT	Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação
Sema	Secretaria de Meio ambiente
THE	Times Higher Education
UnB	Universidade de Brasília

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	3
AGRADECIMENTOS.....	4
RESUMO	5
ABSTRACT.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE QUADROS.....	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE GRÁFICOS	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	11
1 APRESENTAÇÃO	1
2 INTRODUÇÃO.....	3
3 JUSTIFICATIVA	4
4 OBJETIVO	8
4.1 Objetivo Geral.....	8
4.2 Objetivos Específicos	8
5 REFERENCIAL TEÓRICO	8
5.1 A Universidade de Brasília	8
5.2 Papel da Inovação na Universidade de Brasília	9
5.3 Hélice Quíntupla	12

5.3.1 Universidade.....	13
5.3.2 Empresa	14
5.3.3 Governo	16
5.3.4 Sociedade	17
5.3.5 Meio Ambiente.....	18
5.4 Indicadores de Inovação nas Universidades	19
5.5 Indicadores de Produção Científica e Tecnológica	22
5.5.1 Inputs.....	23
5.5.2 Outputs	29
5.6 Análise Envolvória de Dados (DEA).....	39
5.6.1 Modelo CCR (Charnes, Cooper, Rhodes).....	41
5.6.2 DEA no Contexto de Inovação e Pesquisa.....	42
5.6.2.1 Medição da Eficiência Inovativa.....	42
5.6.3 DEA Orientado a <i>Input</i> e <i>Output</i>	43
6 METODOLOGIA	47
6.1 Pesquisa Bibliográfica	47
6.2 Metodologia DEA.....	48
6.2.5 Análise e Interpretação de Resultados	52
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
8. CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS.....	79
APÊNDICES	85
APÊNDICE A – MATRIX FOFA (SWOT).....	85

APÊNDICE B – MODELO DE NEGÓCIO CANVAS.....	87
APÊNDICE C – SCRIPT PARA O MODELO DEA (R STUDIO).....	89
APÊNDICE D – Rankings de eficiência da UnB e da UFRJ.....	91

1 APRESENTAÇÃO

O interesse pelo Mestrado no PROFNIT surgiu em meio a um contexto pós-pandêmico onde haviam poucas ofertas de mestrado, e eu já buscava meios de aprimorar minha carreira. Antes de ser aprovado no exame nacional, fiz matéria como aluno especial no programa de pós-graduação de administração, experiência que embora não tenha me rendido créditos para o programa, proporcionou uma aproximação a um professor especialista em análise envoltória de dados, e também um potencial coorientador para meu trabalho de conclusão de curso.

Nesse contexto, aprimorei minhas habilidades e técnicas para utilizar softwares estatísticos e ferramentas de análise de dados. Investi em conhecimentos em programação, o que me possibilitou desenvolver e aplicar o modelo DEA para o trabalho proposto.

Diante de todo esse contexto e trajetória apresentados, o presente trabalho envolveu o desenvolvimento de ferramenta metodológica que possibilitou a mensuração e diagnóstico do índice de inovação dos programas de pós-graduação da Universidade de Brasília-UnB. A proposta utilizou a Análise Envoltória de Dados (**Data Envelopment Analysis-DEA**), como ferramenta eficaz para a avaliação desse nível de inovação, proporcionando a identificação de programas com desempenho abaixo do esperado no que diz respeito à inovação acadêmica.

No meio acadêmico, econômico e social, é pacificado que a inovação é peça-chave para o avanço do conhecimento e da sociedade como um todo, no que se refere aos programas de pós-graduação isso não é diferente. No entanto, é essencial contar com metodologias e ferramentas eficazes, precisas e abrangente no que diz respeito a possibilidade de mensurar e também diagnosticar esses índices de inovação, identificando as áreas que carecem de maior atenção.

Dessa forma, a análise DEA, é uma abordagem difundida, e reconhecida por possibilitar a avaliação do desempenho relativo às unidades de análise, sendo amplamente aplicada em diversos setores, incluindo o acadêmico.

Ao desenvolver o trabalho, busquei aprofundar meu conhecimento sobre as particularidades dos programas de pós-graduação e projetos acadêmicos da UnB, além de aplicar e aprimorar minhas habilidades estatísticas e de análise de dados.

O trabalho foi desenvolvido ao longo de um período de 24 meses, com início em julho de 2023 e conclusão em julho de 2025. Durante o período, foram realizadas

etapas de busca e coleta de dados, análise estatística, utilizando os softwares adequados para análise DEA, desenvolvimento da metodologia, aplicação piloto, análise e avaliação dos resultados.

O trabalho foi desenvolvido tendo a Universidade de Brasília (UnB) como estudo de caso, com foco principal na análise dos dados de seus programas de pós-graduação no que se refere à inovação. Adicionalmente, a mesma metodologia foi aplicada a dados da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com o objetivo de fornecer parâmetros comparativos que contribuíssem para uma compreensão mais aprofundada da eficiência e da maturidade inovadora dos programas da UnB.

A metodologia envolveu um enfoque em diversas etapas. Em um momento inicial foi realizada uma ampla revisão literária sobre inovação, academia e análise DEA. Posteriormente, foram definidos os indicadores mais relevantes para mensurar o índice de inovação. Em um momento seguinte, o trabalho seguiu na linha de definir quais desses indicadores seriam utilizados como as entradas (**inputs**) e as saídas (**outputs**) que embasaram a análise envoltória de dados (DEA).

Com base nos resultados obtidos por meio da aplicação da metodologia DEA, foi possível avaliar o desempenho relativo dos programas de pós-graduação da UnB e da UFRJ em termos de inovação. A análise permitiu identificar os programas com maior e menor eficiência na conversão de recursos em resultados inovadores, possibilitando a interpretação comparativa dos dados e a elaboração de recomendações voltadas ao aprimoramento da inovação acadêmica.

2 INTRODUÇÃO

A Universidade de Brasília (UnB), reconhecida por sua excelência acadêmica, está empenhada em promover a inovação em seus programas pós-graduação, alinhando-se ao seu compromisso fundamental de ser uma instituição cada vez mais inovadora. Além disso a inovação desempenha um papel fundamental no avanço da sociedade e da economia.

A inovação é o principal motor do crescimento econômico a longo prazo (SCHUMPETER, 2017). O autor argumentava que as instituições inovadoras que introduzem novos produtos ou processos disruptivos possuem vantagem competitiva em relação às demais. No entanto, para a sustentabilidade dessa vantagem é preciso buscar um ciclo contínuo de competição e renovação, já que a tendência é que outras empresas imitem ou busquem o desenvolvimento de inovações.

O objetivo do presente trabalho é fornecer uma metodologia robusta, padronizada e abrangente para mensurar e diagnosticar o índice de inovação dos programas de pós-graduação da UnB, e compará-lo com outra instituição de referência, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A escolha da UFRJ se justifica por dois motivos principais: em primeiro lugar, por ter sido apontada pelo Ranking Universitário da Folha como a segunda universidade federal mais inovadora do Brasil, atrás apenas da USP, embora disponha de um orçamento cerca de três vezes menor que o da própria USP; em segundo lugar, por ser, assim como a UnB, uma universidade federal, o que permite uma comparação mais equitativa entre instituições que compartilham similaridades de natureza jurídica e administrativa.

A proposta visa fornecer uma visão clara e precisa do nível de desempenho inovador presente em cada programa de pós-graduação, identificando potenciais áreas de melhoria. A metodologia baseia-se em análise criteriosa e cuidadosa de indicadores de inovação existentes, bem como na sugestão de novos indicadores que possam ser adaptados ao modelo DEA, de forma a se adequarem à realidade da UnB e da UFRJ. Ademais, busca-se aplicar a Análise Envoltória de Dados (DEA), com o intuito de alinhar a busca pela inovação e pela eficiência, avaliando a alocação adequada de recursos e a produtividade desses programas em termos de inovação e de produção científica e tecnológica de maneira geral.

Com base nessa análise, busca-se compreender de maneira mais aprofundada o posicionamento da UnB no panorama nacional da inovação no ensino superior,

identificando os programas que se destacam como referências e aqueles que demandam maior atenção e aprimoramento. Embora não tenha sido realizada uma comparação direta com indicadores internacionais, os dados coletados permitem delinear diretrizes claras e fundamentadas para a elaboração de um plano de ação (**roadmap**) e boas práticas, com o objetivo de promover a cultura inovativa na Universidade e impactar positivamente a dinâmica do ambiente acadêmico.

De maneira resumida, o presente trabalho buscou, portanto, desenvolver uma ferramenta robusta, abrangente e valiosa, para a mensuração e diagnóstico desses índices de inovação nos PPG, capacitando a UnB a impulsionar a excelência acadêmica e o avanço do conhecimento em todas as suas áreas de atuação.

Além disso, a construção desse modelo matemático poderá auxiliar outros setores, não apenas da UnB, mas de outros órgãos e entidades públicas que possam eventualmente necessitar de uma avaliação mais precisa de dados. Embora o foco inicial deste trabalho tenha sido a avaliação dos programas de pós-graduação, criteriosamente definidos para validar o modelo em questão, futuramente a metodologia poderá ser expandida e customizada de forma a incluir outros indicadores de diversos setores diferentes. Por exemplo, áreas como saúde pública, educação básica, segurança pública e gestão ambiental poderiam se beneficiar de tal ferramenta para avaliar a eficiência de hospitais, escolas, delegacias e programas de sustentabilidade, respectivamente. Dessa forma, a ferramenta terá um potencial significativo de aplicação em diversas áreas, permitindo uma análise mais ampla e detalhada que pode contribuir para a melhoria contínua de serviços públicos em geral.

Além desta introdução, este trabalho está organizado da seguinte forma: o Capítulo 3 apresenta a Justificativa, o Capítulo 4 expõe o Objetivo do estudo, e o Capítulo 5 aborda o Referencial Teórico. O Capítulo 6 descreve a Metodologia DEA empregada, o Capítulo 7 traz os Resultados e Discussão, e, por fim, o Capítulo 8 apresenta as Conclusões do trabalho.

3 JUSTIFICATIVA

A inovação desempenha um papel essencial no avanço da ciência para a busca contínua por soluções criativas e eficazes para os desafios da atualidade. Em termos do contexto acadêmico, a inovação é um elemento crucial, que impulsiona o progresso dos programas de pós-graduação e dos projetos acadêmicos, contribuindo também para a

formação de profissionais altamente capacitados e para a expansão de pesquisas de qualidade.

Existem lacunas significativas que precisam ser preenchidas para que instituições de ensino superior, como a UnB, possam identificar áreas que potencialmente demandam mais atenção no sentido de aprimorar seu desempenho inovador. Dessa forma, o presente estudo se justifica pela ausência de uma ferramenta metodológica mais robusta com a capacidade de mensurar os índices de inovação dos programas de pós-graduação da UnB.

Não obstante já existam indicadores de inovação disponíveis, muitos deles se concentram em facetas específicas, como a produção científica ou a transferência de tecnologia. A ideia do trabalho é proporcionar uma abordagem mais holística, capaz de abranger as mais diversas dimensões no que se refere a inovação acadêmica, de forma que forneça uma visão mais completa do desempenho desses índices.

Além disso, a lacuna teórica é demonstrada na ausência de um modelo robusto no intuito de avaliar o nível do índice de inovação nos programas de pós-graduação da UnB e de outras universidades. A maioria dos modelos existentes é voltada para a mensuração da inovação em empresas e organizações, não considerando as particularidades do ambiente acadêmico e seu dinamismo.

Diante da lacuna, a proposta deste trabalho foi oferecer uma solução inovadora por meio do desenvolvimento de uma metodologia baseada na análise envoltória de dados (DEA) para mensurar e diagnosticar o índice de inovação nos programas de pós-graduação da UnB e compará-lo com o da UFRJ.

A DEA é uma técnica matemática de programação linear que permite avaliar o desempenho relativo dessas unidades tomadoras de decisão, considerando múltiplas entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*). Ao aplicar a DEA nesse contexto específico, foi possível preencher a lacuna teórica ao adaptar o modelo para a realidade acadêmica, considerando as dimensões relevantes da inovação.

Ao desenvolver uma metodologia abrangente e precisa, espera-se fornecer às instituições de ensino superior um instrumento eficaz para identificar áreas de melhoria e promover a cultura da inovação no ambiente acadêmico.

3.1 Aderência ao PROFNIT

A proposta de pesquisa apresentada possui uma forte conexão com as linhas de pesquisa do PROFNIT, a mensuração dos índices de inovação em instituições

acadêmicas é elemento crucial para o desenvolvimento de ambientes propícios à inovação tecnológica, cultura e social.

Através do estudo e promoção de debates e discussões no âmbito do PROFNIT, foi possível obter uma compreensão mais profunda, robusta e embasada sobre o nível de inovação existente dentro do ambiente acadêmico.

Uma universidade é um local propício para a geração de conhecimento e ideias inovadoras, com pesquisas avançadas e projetos de vanguarda sendo desenvolvidos em diversas áreas. No entanto, para que essas inovações tenham um impacto significativo, é essencial medir e avaliar seus resultados e progresso.

A mensuração dos índices de inovação permite identificar e acompanhar o desenvolvimento de tecnologias, processos e soluções criativas dentro da universidade. Isso proporciona uma base sólida para aprimorar as estratégias de inovação, alocar recursos de forma mais eficiente e identificar áreas que requerem maior atenção e investimento.

Ao realizar a mensuração dos índices de inovação em um programa voltado para a inovação, as universidades podem fortalecer sua capacidade de impulsionar a cultura e o ecossistema inovador. Essa abordagem permite identificar as melhores práticas, disseminar o conhecimento sobre inovação e estabelecer metas e indicadores para monitorar o progresso ao longo do tempo.

Além disso, a mensuração dos índices de inovação contribui para fortalecer a colaboração entre a universidade e outros atores do ecossistema, como empresas, setor público e sociedade civil. Com dados e métricas confiáveis, é possível estabelecer parcerias estratégicas e alinhar esforços em prol do desenvolvimento tecnológico, econômico e social.

Portanto, a aderência do tema de mensuração dos índices de inovação em uma universidade a um programa dedicado à inovação é inegável. Essa abordagem fortalece a capacidade da universidade em impulsionar a inovação, promover a transferência de tecnologia e conhecimento e contribuir para o desenvolvimento sustentável da sociedade.

3.2 Aplicabilidade

Em se tratando da aplicabilidade e abrangência, mensurar os índices de inovação tem o potencial de ser implementado em um amplo espectro de programas de pós-graduação de toda universidade.

Espera-se com a aplicação do modelo, identificar e coletar dados sobre as atividades e resultados relacionados à inovação, permitindo uma avaliação precisa e objetiva desses índices.

O trabalho, por ser baseado em metodologia robusta e indicadores bem definidos, é facilmente replicável, não apenas em outros programas de pós-graduação, mas também em áreas como indústria, saúde e engenharias. A definição clara e a padronização dos procedimentos e métricas permitem que diversas instituições utilizem o modelo para avaliações comparativas (**benchmarking**). Essa replicabilidade aumenta a relevância do projeto, promovendo uma visão mais ampla sobre inovação acadêmica e consolidando a cultura de inovação na UnB.

3.3 Inovação

O trabalho em questão destaca-se por sua abordagem inovadora, utilizando um modelo matemático de programação linear, especificamente a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* ou DEA), para avaliar e combinar elementos e dados sobre a inovação na UnB. Este método permite analisar a produção de ciência e tecnologia pelos programas de pós-graduação da universidade, gerando informações de qualidade e resultados analíticos a partir de um modelo estruturado. A inovação deste trabalho reside na busca por uma fronteira eficiente da inovação, ou seja, a maximização do retorno sobre os investimentos e outros recursos aplicados na geração de conhecimento científico e tecnológico. Ao identificar esta fronteira, o trabalho visa aprimorar a cultura de inovação na universidade, fornecendo reflexões valiosas para a melhoria contínua.

Além disso, o trabalho tem um diferencial significativo em relação a outras iniciativas similares, pois busca não apenas medir a eficiência, mas também identificar possíveis unidades de baixo desempenho. Isso permite uma abordagem mais direcionada para implementar melhorias, garantindo que todos os programas de pós-graduação possam contribuir de maneira eficaz para a produção científica e tecnológica da UnB. Em resumo, este trabalho não só contribui para a avaliação e aprimoramento da inovação na UnB, mas também estabelece um modelo replicável que pode ser utilizado por outras instituições acadêmicas para melhorar suas próprias práticas e resultados em ciência e tecnologia.

4 OBJETIVO

4.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência inovativa dos programas de pós-graduação da UnB por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA), diagnosticando índices de inovação e identificando oportunidades de melhoria.

4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos listados abaixo visam fornecer visão detalhada das etapas e dos resultados esperados do trabalho, permitindo direcionar as atividades e alcançar os objetivos propostos.

- Identificar indicadores que possam auxiliar na mensuração e diagnóstico do índice de inovação dos programas de pós-graduação da UnB.
- Avaliar e comparar o desempenho da inovação nos programas de pós-graduação da UnB.
- Aplicar uma metodologia baseada na análise envoltória de dados (DEA) para mensurar e diagnosticar o índice de inovação nos programas de pós-graduação da UnB.
- Avaliar e escolher os indicadores de inovação, de modo a estabelecer as entradas (**inputs**) e saídas (**outputs**) para a análise DEA.
- Realizar uma análise comparativa com a Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Propor recomendações específicas para aprimorar a inovação acadêmica nos programas de pós-graduação, considerando os resultados obtidos e as boas práticas identificadas na revisão da literatura.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 A Universidade de Brasília

A Fundação Universidade de Brasília foi criada com intuito de manter a UnB, instituição de ensino superior de pesquisa e estudo em todos os ramos do saber e de

divulgação científica, técnica e cultural, conforme o próprio texto da lei que a instituiu.

Conforme Relatório de Gestão (2022), a UnB, além de estar totalmente alinhada com os macros objetivos relacionados a promoção da inovação, formaliza em sua própria missão institucional, ou seja, sua razão de ser a seguinte frase:

“Ser uma universidade inovadora e inclusiva, comprometida com as finalidades essenciais de ensino, pesquisa e extensão, integradas para a formação de cidadãos e cidadãs éticos e qualificados para o exercício profissional e empenhados na busca de soluções democráticas para questões nacionais e internacionais, por meio de atuação de excelência.”

Na sua visão institucional apresenta:

“Ser referência nacional de excelência em ensino, pesquisa, extensão e inovação, com inserção local, regional e internacional, inclusiva, diversa, inovadora, transparente e democrática, comprometida com a gestão efetiva, a qualidade de vida, os direitos humanos e o desenvolvimento sustentável”

Além disso, apresenta a menção da inovação em sua cadeia de valor, como sendo uma área finalística da universidade e também um dos diversos eixos de atuação do Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI).

Diante das particularidades da Universidade de Brasília — como sua localização estratégica na capital federal e seu papel histórico no desenvolvimento regional —, observa-se a relevância de aprofundar a compreensão sobre o desempenho inovador da instituição. A análise de seus indicadores de pesquisa e inovação permite identificar potencialidades e desafios para o fortalecimento da cultura inovativa, contribuindo para o debate sobre o papel das universidades públicas na promoção do desenvolvimento científico e tecnológico no país.

5.2 Papel da Inovação na Universidade de Brasília

A inovação desempenha um papel essencial no desenvolvimento econômico e científico da sociedade, e a legislação brasileira tem buscado fomentar um ambiente propício para sua expansão, especialmente dentro das universidades. A Lei nº 10.973/2004, conhecida como Lei de Inovação, e a Resolução 06/2020 da Universidade

de Brasília (UnB) são marcos regulatórios fundamentais que estabelecem diretrizes para o desenvolvimento da inovação tecnológica e científica no país e na instituição. Este capítulo contextualiza a política de inovação da UnB à luz da legislação nacional, analisando suas interseções e implicações para os programas de pós-graduação.

5.2.1 Alinhamento Estratégico entre a Lei de Inovação e a Resolução 06/2020

A Lei nº 10.973/2004 estabelece um arcabouço jurídico para a promoção da inovação nas Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs), incluindo universidades, ao incentivar a colaboração entre setor acadêmico, indústria e governo. De maneira convergente, a Resolução 06/2020 da UnB traduz essas diretrizes em uma política institucional voltada à gestão da inovação dentro da Universidade. Ambas normativas compartilham a visão de:

- criar um ambiente favorável à inovação, facilitando a interação entre academia e setor produtivo;
- fomentar a pesquisa e desenvolvimento (P&D) por meio de incentivos financeiros e regulação do uso de propriedade intelectual;
- estruturar mecanismos institucionais para gestão da inovação, como os Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs).

5.2.2 Estruturas de Apoio e Incentivos

A Lei de Inovação e a Resolução 06/2020 preveem mecanismos similares para estimular o ecossistema de inovação dentro das universidades. No âmbito da UnB, a política de inovação é operacionalizada por três principais entes.

- **Decanato de Pesquisa e Inovação (DPI):** equivalente ao papel das agências de fomento previstas na Lei 10.973/2004, coordena políticas e estratégias de inovação.
- **Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (NIT/CDT):** atua como NIT da UnB, gerindo a propriedade intelectual e promovendo a transferência de tecnologia, em consonância com o previsto na legislação federal.
- **Parque Científico e Tecnológico (PCTec):** ambiente de articulação com o setor produtivo, facilitando parcerias e investimentos privados em pesquisa e inovação.

Ademais, ambas normativas preveem mecanismos de apoio financeiro por meio de subvenções econômicas, convênios e fundos de investimento para potencializar a aplicação prática da pesquisa científica.

5.2.3 Incentivos a Pesquisadores e Empreendedorismo

A Lei de Inovação e a Política da UnB convergem no incentivo ao empreendedorismo acadêmico. Ambas permitem que:

- servidores públicos se afastem temporariamente para atuar em empresas de base tecnológica;
- professores e pesquisadores recebam remuneração por prestação de serviços em projetos de inovação;
- sejam estimuladas startups e spin-offs universitárias para ampliar a aplicação da pesquisa na sociedade.

O fomento à propriedade intelectual também se destaca, com regulamentação específica para registro, licenciamento e exploração de patentes e softwares desenvolvidos na Universidade.

5.2.4 Transferência de Tecnologia e Parcerias

Outro ponto de intersecção entre a Lei nº 10.973/2004 e a Resolução 06/2020 é a promoção de parcerias entre universidades e setor produtivo. Ambas incentivam:

- contratos de transferência de tecnologia, permitindo a exploração de criações acadêmicas por empresas;
- compartilhamento de infraestrutura universitária com startups e empresas interessadas em inovação;
- prestação de serviços tecnológicos como forma de conectar a pesquisa universitária às demandas do mercado e do setor público.

Essa sinergia entre a regulamentação nacional e institucional permite que a UnB atue como um polo gerador de inovação, impactando tanto a comunidade acadêmica quanto a sociedade em geral.

A Lei de Inovação e a Política de Inovação da UnB representam instrumentos

complementares para a promoção da inovação acadêmica e tecnológica. Enquanto a legislação federal estabelece diretrizes gerais para as ICTs, a Resolução 06/2020 traduz essas normas em uma estrutura específica para a UnB, consolidando um ecossistema robusto de inovação. Essa contextualização é fundamental para compreender o papel da Universidade na produção de conhecimento aplicado e na interação com o setor produtivo, elementos essenciais para avaliação da eficiência inovativa dos programas de pós-graduação.

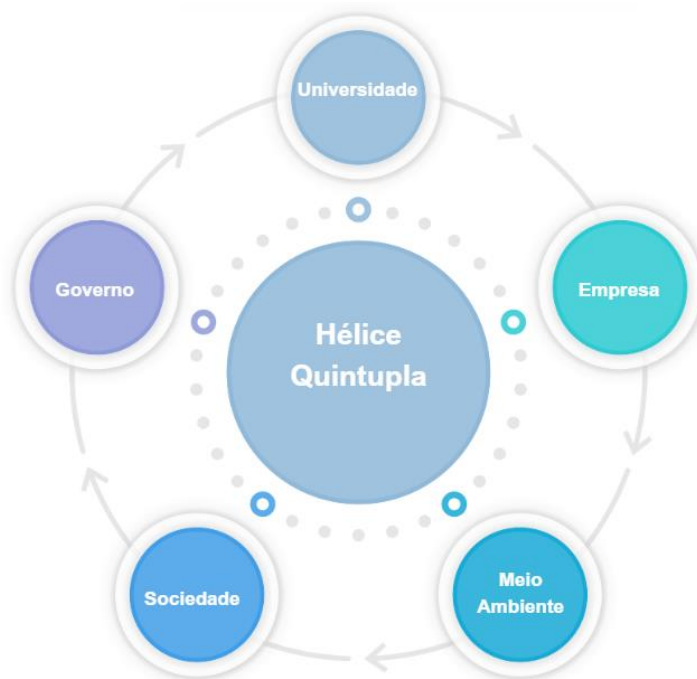
5.3 Hélice Quíntupla

A Hélice Quíntupla é uma evolução do modelo conceitual da hélice quádrupla, que por sua vez surgiu de maneira a aprimorar a hélice tríplice, contemplando a sociedade civil. Segundo Nordberg (2015), no modelo da hélice quádrupla, é crucial que as políticas e estratégias de conhecimento e inovação reconheçam o papel fundamental da sociedade na consecução de metas e objetivos.

A sociedade é moldada e informada pelos meios de comunicação, enquanto é influenciada pela cultura e pelos valores que permeiam a comunidade. A expansão da hélice quádrupla para a quíntupla foi impulsionada por crescentes demandas sociais por soluções sustentáveis e uma preocupação cada vez maior com questões ecológicas, incluindo o desafio do aquecimento global, entre outros fatores. Em complemento a essas ideias trazidas por Nordberg, esses elementos estão sendo correlacionados com as atividades econômicas, consolidando assim a importância dos componentes universidade-empresa-governo-sociedade-ambiente como fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico e tecnológico. (AMARAL e RENAULT, 2019).

A Figura 1 ilustra o modelo da hélice quíntupla, que emerge como uma ferramenta essencial para esta análise, pois oferece uma estrutura robusta para descrever e compreender as interações dinâmicas e interdependentes entre cinco atores-chave na jornada pela inovação e progresso científico.

FIGURA 1. Modelo conceitual da Hélice Quíntupla



Fonte: Elaboração própria.

Ao considerar os elementos universidade-empresa-governo-sociedade-ambiente, o modelo não apenas abarca a complexidade das relações entre esses atores, mas também destaca a natureza multifacetada e interconectada do processo de inovação. Essa abordagem holística é fundamental para mapear de forma abrangente os fluxos de conhecimento, recursos e influências que impulsionam o desenvolvimento tecnológico e socioeconômico. Portanto, ao adotar o modelo da hélice quintupla, este trabalho se beneficia de uma estrutura analítica que facilita a compreensão e a análise das dinâmicas complexas envolvidas na busca pela inovação e no avanço científico.

A seguir, exploraremos individualmente cada um dos cinco elementos que compõem a chamada hélice quintupla.

5.3.1 Universidade

Como uma primeira hélice, representa a função das instituições de ensino superior. As universidades são reconhecidas como centros de conhecimento e inovação, onde acontece a produção e a disseminação de conhecimento através de pesquisas científicas e atividades acadêmicas. Elas também desempenham papel fundamental na formação de profissionais qualificados e na transferência de tecnologia do meio acadêmico para a sociedade e para a indústria.

O Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) da UnB para o ciclo 2023-2028

estabelece o seguinte macro-objetivo estratégico: o fortalecimento e a promoção da inovação e do empreendedorismo. Esse objetivo está integrado no mapa estratégico da instituição, posicionando a inovação como um pilar essencial nas dimensões de ensino, pesquisa e extensão.

Especificamente, a UnB pretende ser pioneira ao incorporar práticas inovadoras no ensino de graduação, visando não apenas melhorar, mas transformar radicalmente a qualidade educacional que oferece. Tal iniciativa é projetada para responder dinamicamente às necessidades emergentes dos estudantes e aos desafios do mercado de trabalho contemporâneo.

Além disso, a UnB se compromete a ser uma universidade que lidera pelo exemplo em termos de inovação e inclusão. Esse compromisso transcende os horizontes de planejamento de médio e longo prazo e é considerado um componente vital da missão institucional. Essa orientação estratégica reflete a dedicação contínua da UnB em cultivar um ambiente que não só acolhe a diversidade mas também estimula a criatividade e o pensamento crítico, essenciais para o desenvolvimento sustentável e inclusivo.

O PDI da universidade também enfatiza a importância da integração entre a academia e os setores industrial e comunitário, visando fomentar um ecossistema empreendedor que beneficie tanto a sociedade quanto a economia local e nacional. A UnB busca, através deste plano, não apenas educar, mas também gerar impacto significativo através de inovações que possam ser comercializadas e implementadas em escala.

Este plano é um documento chave para entender a trajetória futura da UnB e pode ser consultado integralmente no PDI UnB 2023-2028, disponível publicamente para detalhamento das estratégias e objetivos específicos planejados pela universidade. (Universidade de Brasília, 2023).

5.3.2 Empresa

A segunda hélice se refere ao setor empresarial. As empresas são diretamente responsáveis pela aplicação prática do conhecimento gerado pelas universidades, transformando-o em processos, serviços e produtos inovadores.

As empresas possuem interesse em acessar o conhecimento acadêmico no intuito de alavancar a sua vantagem competitiva e desenvolvimento tecnológico. Em contrapartida, o meio empresarial também fornece recursos financeiros e infraestrutura

de forma a subsidiar e investir em pesquisa e desenvolvimento nas universidades. A indústria é um dos protagonistas da hélice tríplice e atua como um dos vértices dessa interação (ETZKOWITZ, 2017).

A UnB mantém uma relação dinâmica e colaborativa com o setor empresarial, destacada por suas iniciativas como o Parque Tecnológico de Brasília (PCTec), e o Núcleo de Inovação Tecnológica e Centro de Desenvolvimento Tecnológico (NIT/CDT). Essas parcerias são essenciais para fomentar a inovação, o empreendedorismo e a transferência de tecnologia, beneficiando tanto a academia quanto a indústria.

O PCTec é um ambiente estratégico que acolhe empresas inovadoras e de alta tecnologia. Atualmente, o parque abriga 16 empresas residentes e já graduou outras 10, que seguem contribuindo para o desenvolvimento econômico e tecnológico da região. As empresas instaladas no Parque Tecnológico colaboram com pesquisadores da UnB, acessam laboratórios avançados e participam de programas de desenvolvimento tecnológico e inovação. Essa interação propicia a criação de soluções tecnológicas avançadas e a aceleração de **startups**, promovendo o desenvolvimento econômico e tecnológico da região.

O NIT/CDT desempenha um papel crucial na incubação de empresas em estágios iniciais de maturidade, oferecendo suporte integral às **startups**, desde a fase de concepção até a fase de consolidação no mercado. Esse suporte inclui orientação técnica, mentoria empresarial, acesso a redes de investidores e parcerias estratégicas. O NIT/CDT facilita a transferência de tecnologia entre a universidade e o mercado, ajudando a transformar ideias inovadoras em produtos e serviços comercializáveis.

A relação estreita entre a UnB e as empresas através do PCTec e do NIT/CDT é benéfica para todas as partes envolvidas. As empresas se beneficiam do conhecimento acadêmico e da infraestrutura da UnB, enquanto a universidade ganha em termos de aplicação prática de suas pesquisas e inovação. Além disso, estudantes e pesquisadores da UnB têm a oportunidade de trabalhar em projetos reais, adquirindo experiência prática e contribuindo para o avanço tecnológico.

Essas iniciativas reforçam o compromisso da UnB com a inovação e o empreendedorismo, alinhando-se com os objetivos estratégicos definidos no Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) 2023-2028. A universidade se posiciona como um catalisador para o desenvolvimento econômico e tecnológico de Brasília, proporcionando um ambiente fértil para a geração de conhecimento e a criação de soluções inovadoras para os desafios contemporâneos.

5.3.3 Governo

A terceira hélice representa o papel do governo e das instituições públicas. A função governamental é essencial, a partir do momento em que desempenha papel importante na promoção de políticas públicas que incentivem a colaboração e sinergia entre universidades, empresas e demais atores, de forma a intermediar e nivelar essa interação.

O governo atua, na maior parte do tempo, de forma a criar marcos regulatórios, programas de financiamento e incentivos fiscais. Além disso, também pode desempenhar papel ativo na definição de agendas de pesquisa, estimulando a inovação e a transferência de tecnologia. De acordo com Etzkowitz (2017), o governo, no contexto da hélice tríplice, deve ter uma função moderadora e não controladora. Seu principal objetivo é garantir seu pleno funcionamento e é o melhor candidato para criar um “espaço de consenso” reunindo os protagonistas dos projetos de concepção e implementação da inovação.

A UnB é uma instituição pública federal de ensino superior, cuja natureza e funcionamento são definidos por uma combinação de legislações e normas brasileiras. Criada pela Lei nº 3.998, de 15 de dezembro de 1961, a UnB opera como uma autarquia especial, gozando de autonomia administrativa, didático-científica, financeira e patrimonial, conforme estabelecido no artigo 207 da Constituição Federal de 1988. Esta autonomia permite à UnB gerenciar suas próprias atividades acadêmicas e administrativas, mantendo um alto padrão de qualidade e inovação.

Vinculada ao Ministério da Educação (MEC), a UnB recebe financiamento público federal, essencial para a manutenção e desenvolvimento de suas atividades de ensino, pesquisa e extensão. Os recursos financeiros são previstos anualmente na Lei Orçamentária Anual (LOA), refletindo o compromisso do governo federal com a educação superior pública.

Em suma, a UnB, através de sua autonomia constitucional e apoio governamental, desempenha um papel fundamental na formação de profissionais qualificados, na geração de conhecimento e na promoção do desenvolvimento social, reafirmando seu compromisso com a excelência e a inclusão.

No que se refere a relação entre a UnB e o governo, pode ser dizer que é marcada por uma parceria estratégica e colaborativa. O governo exerce papel fundamental ao

prover recursos financeiros e apoio institucional, garantindo o funcionamento e desenvolvimento das atividades acadêmicas, de pesquisa e de extensão das universidades federais. Em contrapartida, as universidades contribuem com a formação de profissionais qualificados, a geração de conhecimento científico e tecnológico, e o desenvolvimento de políticas públicas que impactam positivamente a sociedade.

5.3.4 Sociedade

A sociedade representa a quarta hélice nessa transição do modelo tríplice para quíntuplo, conceito relativamente novo, abordado pelos autores Amaral e Renault (2019). A sociedade representa os cidadãos, organizações da sociedade civil, comunidades locais e outras partes interessadas. Sua participação nesse modelo de interação e cooperação é fundamental de forma a garantir que a pesquisa e a inovação sejam direcionadas para atender às necessidades da população e aos desafios sociais contemporâneos. A sociedade desempenha também um papel importante na difusão de inovações, bem como na promoção da cultura de inovação e empreendedorismo.

No que se refere a relação da UnB com a sociedade de maneira geral, segundo informação do Relatório de Gestão 2023, esta reforçou seu compromisso com a inclusão e excelência acadêmica através de diversas iniciativas estratégicas.

Historicamente, a UnB sempre desempenhou um importante papel social, e busca constantemente melhorar como instituição em prol da sociedade. A universidade investe continuamente em infraestrutura e promove eventos acadêmicos que incentivam o aprendizado e a troca de conhecimento. Melhorias em setores como o Hospital Universitário e o Instituto de Ciências Exatas asseguram a qualidade dos serviços prestados.

A UnB se destaca também em projetos culturais e de pesquisa, promovendo um ambiente dinâmico de aprendizado e engajamento. Além disso, parcerias internacionais ampliam as oportunidades de intercâmbio de conhecimento, enquanto políticas de inclusão e igualdade garantem um ambiente cada vez mais acessível a todos.

Adicionalmente, a UnB apoia financeiramente seus alunos, concedendo bolsas de estudo e promovendo a equidade acadêmica na ciência. A expansão dos horários da Biblioteca Central e a criação de novos espaços de estudo e pesquisa são exemplos do compromisso da universidade em melhorar continuamente suas condições de aprendizado. Dessa forma, a UnB demonstra seu compromisso com a diversidade, com

a excelência e com a inclusão, fortalecendo seu relacionamento com a sociedade e contribuindo para o desenvolvimento social e científico. (Universidade de Brasília, 2023).

5.3.5 Meio Ambiente

A quinta hélice refere-se ao ambiente natural e à sustentabilidade. Atualmente, a importância de desenvolver soluções inovadoras que levem em consideração os impactos ambientais e promovam o desenvolvimento sustentável é amplamente levada em conta pelos diversos setores da economia e sociedade.

A integração do fator ambiental como uma quinta hélice no modelo conceitual, implica em considerar a conservação de recursos naturais, a redução da pegada ecológica pela indústria, e a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas além da busca por alternativas sustentáveis.

As cinco hélices supracitadas interagem entre si em um dinâmico processo de colaboração, cooperação e co-criação, no comum intuito de proporcionar inovação e desenvolvimento socioeconômico sustentável.

A hélice quádrupla dá ênfase a colaboração e sinergia entre esses elementos no enfrentamento dos desafios da sociedade contemporânea. A UnB destaca-se por seu compromisso com a sustentabilidade ambiental, um dos macro-objetivos transversais descritos em seu Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) 2023-2028. A universidade valoriza a sustentabilidade institucional como um dos seus valores públicos fundamentais.

Segundo informações contidas no relatório de gestão 2023 da UnB, o Plano de Logística Sustentável (PLS), coordenado pela Secretaria de Meio Ambiente (SeMA), reflete esse compromisso, alinhando-se com a legislação, políticas e normativos ambientais. O PLS abrange diversas medidas e práticas sustentáveis, promovendo maior conscientização ambiental na comunidade acadêmica.

Apenas em 2023, a UnB demonstrou resultados expressivos por meio do PLS, consolidando sua posição de liderança em ensino, pesquisa e extensão com foco na questão ambiental. O plano é estruturado em nove eixos temáticos, desde "Material de Consumo" até "Educação Ambiental", destacando as iniciativas sustentáveis implementadas pela universidade. Dentre essas, o Decanato de Extensão promoveu 27 iniciativas voltadas para "sustentabilidade" e "meio ambiente", refletindo o compromisso da universidade com a promoção de práticas sustentáveis.

A UnB também se dedica a contribuir para os Objetivos de Desenvolvimento

Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas, colaborando para mitigar problemas como a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, e garantir paz e prosperidade para todos.

5.4 Indicadores de Inovação nas Universidades

Compreender os fatores impulsionadores do futuro da educação superior é essencial para auxiliar na identificação dos indicadores de inovação mais relevantes nas universidades. A educação superior está em constante evolução, enfrentando desafios e oportunidades que demandam um planejamento estratégico consistente e adaptação contínua. Ao analisar os principais fatores que influenciam essa transformação, como financiamento, propriedade e exploração da pesquisa, qualidade do ensino e desenvolvimento da inovação social, é possível obter uma visão clara de como as universidades podem inovar e contribuir para o progresso social. Este entendimento permite a identificação de métricas cruciais, como investimentos em P&D, patentes, publicações científicas, avaliações de ensino e iniciativas de inovação social, que são indicadores fundamentais para avaliar o desempenho e a sustentabilidade das instituições de ensino superior. (BLASS e HAYWARD, 2014)

Ao discutir fatores impulsionadores do futuro da educação superior, é fundamental incluir os supracitados, como o financiamento, propriedade e exploração da pesquisa, qualidade do ensino e desenvolvimento da inovação social. O financiamento adequado é essencial para que as universidades possam inovar, adaptar-se às necessidades em mudança e manter sua sustentabilidade. Este aspecto pode ser avaliado através de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). A gestão e exploração dos resultados de pesquisa determinam o papel das universidades na inovação, com o número de patentes e publicações científicas servindo como indicadores chave de desempenho em inovação. A qualidade do ensino, vital para o futuro da educação, exige práticas de ensino excelentes, refletidas nas avaliações de qualidade e na satisfação dos estudantes. Além disso, o desenvolvimento da inovação social é um componente de extrema importância para moldar o futuro da educação superior, com projetos e iniciativas de inovação social atuando como indicadores de progresso científico e social. Conforme observado por Blass e Hayward (2014), esses impulsionadores evidenciam a natureza multifacetada dos desafios e oportunidades enfrentados pelas instituições de educação

superior, destacando a importância do planejamento estratégico, inovação e um forte compromisso com o impacto social para orientar o futuro da educação.

Pode-se inferir do Frascati Manual 2015 que os indicadores de inovação nas universidades são métricas utilizadas para avaliar a capacidade e o desempenho dessas instituições em gerar novos conhecimentos e tecnologias transferíveis para a sociedade e a economia. Esses indicadores são essenciais para compreender como as universidades contribuem para a inovação e o desenvolvimento econômico. (OCDE, 2015).

A mensuração da inovação vem se tornando cada vez mais relevantes para empresas e organizações em um cenário de exponencial evolução tecnológica. Nesse contexto os indicadores de inovação nas universidades de classe mundial, desempenham função crucial, fornecendo informações sobre desempenho, produtividade e impacto das atividades inovadoras.

Conforme explicitado por Almeida e Maricato (2022), em sua produção científica sobre indicadores de inovação em universidades, contemplando dados em um horizonte de tempo dos últimos 20 anos, as métricas mais comuns apontadas pelo estudo são a “avaliação de P&D” e o número de publicações em coautoria (universidades-indústria). De acordo com os autores, esses indicadores são frequentemente associados à inovação no ambiente universitário. De maneira surpreendente, os indicadores de patentes não aparecem com a frequência esperada, no que diz respeito a propostas dos sistemas de indicadores.

Em outro relevante estudo relacionado a indicadores de inovação no contexto acadêmico, segundo Wu e Chen (2010), um grande número de universidades passa por importantes transformações para aumentar o nível de qualidade tanto na educação quanto na pesquisa, e essa fator possui uma correlação direta com a busca contínua pelo aumento do desempenho inovador. O trabalho dos autores lança mão de ferramenta de tomada de decisão desenvolvida em 1971 por Thomas L. Saaty, denominada ***The Analytic Hierarchy Process*** (AHP) que consiste em método de autovetores para análise de multicritérios. Neste caso, os critérios são indicadores de inovação das universidades de Taiwan, de forma a parametrizar e ranquear esses índices conforme sua relevância e importância, tudo isso em um contexto econômico, no qual o governo tem frequentemente diminuído o apoio financeiro a educação, devido a um grande aumento do quantitativo de universidades.

Dessa forma, as universidades buscam alternativas no desenvolvimento de relação

mais próxima com a indústria, no intuito de obter fundos administrativos suficientes. (WU e CHEN, 2010).

No contexto local, a UnB no intuito de impulsionar sua posição nos rankings mais prestigiados que levam em consideração o critério da inovação, como o da ***Times Higher Education*** (THE), deve orientar suas atividades de acordo com os princípios do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 9 (ODS 9) da ONU, que diz respeito a indústria, inovação e infraestrutura. Isso envolve promover a industrialização sustentável, desenvolvendo tecnologias verdes e processos industriais eficientes. Ao investir em pesquisa e desenvolvimento (P&D) de novas tecnologias, como inteligência artificial e biotecnologia, entre outras, a UnB pode liderar avanços significativos e aplicar esses conhecimentos em setores industriais chave.

Além disso, a UnB pode fomentar o crescimento econômico e a diversificação industrial através de parcerias com o setor privado, criação de ***startups*** e suporte a pequenas e médias empresas. Programas de extensão e capacitação podem garantir que os benefícios da industrialização sejam amplamente acessíveis, promovendo a inclusão social e econômica. Alinhar-se ao ODS 9 permite à UnB não apenas melhorar sua posição nesses rankings internacionais, mas também contribuir de maneira significativa para a construção de uma infraestrutura robusta e de práticas sustentáveis, beneficiando a sociedade como um todo.

De acordo com a Resolução nº 06/2020 do Decanato de Pós-Graduação da Universidade de Brasília (UnB), inovação é definida como:

“A introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo e social que resulte em novos produtos, serviços, processos ou metodologias que resultem em melhorias significativas e que agreguem valor, atendendo às demandas da sociedade e contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico sustentável.”

Essa concepção institucional de inovação está em consonância com o que estabelece a Lei nº 10.973/2004, ampliando o entendimento da inovação para além do aspecto puramente tecnológico, abrangendo também as dimensões social, ambiental e cultural. O conceito adotado pela UnB valoriza a inovação como vetor estratégico para a articulação entre a produção acadêmica e as transformações da realidade social, econômica e ambiental.

A Resolução também aponta que os indicadores de inovação vinculados aos

programas de pós-graduação devem refletir os esforços de geração e aplicação do conhecimento por meio de:

- registros de propriedade intelectual (patentes, registros de software, marcas, cultivares);
- formalização de parcerias com o setor produtivo (convênios, acordos de cooperação, contratos de prestação de serviços);
- criação de *startups* e *spin-offs* universitárias;
- ações de transferência de tecnologia e geração de produtos, processos ou serviços inovadores;
- participação em editais e projetos com foco em inovação e empreendedorismo acadêmico.

Esse entendimento evidencia o compromisso da Universidade de Brasília com a construção de uma cultura institucional de inovação, integrando ensino, pesquisa e extensão em uma perspectiva de impacto social e sustentabilidade. Assim, ao incorporar esse conceito em seus marcos normativos e estratégicos, a UnB fortalece seu papel como agente de transformação, ao mesmo tempo em que oferece uma base sólida para análise da eficiência inovativa dos programas de pós-graduação, como proposto neste estudo.

5.5 Indicadores de Produção Científica e Tecnológica

De acordo com Leydesdorff e Wagner (2009), indicadores de produção científica e tecnológica podem ser conceituados como medidas quantitativas e qualitativas utilizadas para avaliar e comparar o desempenho de indivíduos, instituições, regiões ou países no campo da pesquisa científica e do desenvolvimento tecnológico. Esses indicadores são essenciais para compreender o impacto e a relevância das atividades de pesquisa e inovação, propiciando percepções sobre diferentes aspectos do processo de produção científica e tecnológica.

Antes de aplicar o modelo de análise envoltória de dados (DEA) foi essencial realizar uma etapa preliminar para identificar indicadores de desempenho em inovação que foram utilizados como saídas (ou **outputs**) para a mensuração da eficiência produtiva da inovação, bem como as entradas (ou **inputs**), que de maneira simplificada são os recursos utilizados pelos programas de pós-graduação para produzir esses resultados de inovação e produção científica. Esta etapa é fundamental para garantir que os indicadores escolhidos demonstrem adequadamente a complexidade e a diversidade das atividades

inovadoras de cada unidade tomadora de decisão a ser analisada.

A seleção dos indicadores deve ser cuidadosamente realizada, considerando a natureza específica de cada setor e os objetivos particulares da pesquisa. Os indicadores escolhidos devem também ser capazes de refletir os resultados tangíveis e intangíveis da inovação, abrangendo tanto aspectos quantitativos como qualitativos. Além disso, é importante que esses indicadores possam ser utilizados como **inputs** na análise DEA, proporcionando uma base sólida para avaliar a eficiência produtiva das unidades em análise.

A Tabela 1 apresenta dados sobre possíveis **outputs** de inovação na UnB, inicialmente fornecidos pelo Núcleo de Propriedade Intelectual (NUPITEC). Esses dados ilustram o desempenho da universidade em diferentes áreas de inovação, evidenciando sua contribuição para o desenvolvimento tecnológico e econômico. No entanto, para padronizar a análise e viabilizar a comparação com outras universidades — como a UFRJ —, foram utilizados, ao final, os dados disponibilizados pela CAPES.

Tabela 1. Proteções realizadas pela UnB por tipo de propriedade intelectual.

Proteções de titularidade da UnB	Quantidade
Patentes / pedidos de patentes nacionais	288
Patentes / pedidos de patentes exterior	84
Programas de computador	281
Marca	92
Desenho industrial	34
Cultivares	13
TOTAL DE PROTEÇÕES REALIZADAS	792

Fonte: Nupitec (2024).

No capítulo a seguir, será apresentada uma lista de indicadores, que foram utilizados como parâmetros para o modelo, diferenciando entradas (**inputs**) e saídas (**outputs**). Vale destacar que esta lista não é limitada, e que os indicadores selecionados podem variar conforme o desenvolvimento do modelo matemático e as características específicas de cada contexto de pesquisa.

5.5.1 Inputs

5.5.1.1 Orçamento de Pesquisa

O orçamento de pesquisa é um dos principais **inputs** no modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA) para avaliar a eficiência inovativa dos programas de pós-graduação, classificados pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Programas com essa nota são considerados de excelência internacional, e portanto, a eficiência no uso de seus recursos é fundamental para manter e aprimorar sua qualidade e impacto.

O orçamento de pesquisa é essencial para financiar projetos inovadores, fornecendo os recursos necessários para a realização de experimentos, aquisição de equipamentos avançados, e contratação de pessoal qualificado. Sem um orçamento adequado, a capacidade de inovação dos programas é limitada.

Além disso, os recursos financeiros permitem a concessão de bolsas de estudo e auxílio a pesquisadores, promovendo um ambiente propício para a produção científica de alta qualidade.

Programas de pós-graduação atraem talentos nacionais e internacionais, e o suporte financeiro é fundamental para manter essa vantagem competitiva. A manutenção e atualização da infraestrutura de pesquisa, incluindo laboratórios e bibliotecas, dependem diretamente do orçamento disponível. A disponibilidade de equipamentos modernos e infraestrutura adequada é vital para a realização de pesquisas de ponta.

O financiamento adequado facilita a formação de parcerias com outras instituições de ensino e pesquisa, além de empresas e governos. Essas colaborações podem potencializar a inovação e ampliar o alcance dos resultados obtidos. Além disso, recursos financeiros são necessários para a publicação e disseminação dos resultados de pesquisa. A participação em conferências internacionais, a publicação em revistas de alto impacto e a divulgação em eventos acadêmicos são componentes importantes para a visibilidade e impacto dos programas.

No Quadro 1 a seguir serão apresentados os aspectos estudados pelo recurso orçamento de pesquisa.

Quadro 1. *Input:* Orçamento de Pesquisa.

Orçamento de Pesquisa (PROAP e PROEX)	
Forma de Cálculo	O montante de recursos financeiros alocados especificamente para atividades de pesquisa dentro de cada programa de pós-graduação.
Relevância	Reflete o investimento feito em inovação e

	desenvolvimento científico na instituição.
Impacto	Influencia diretamente a capacidade de realizar pesquisas de qualidade, contratar pesquisadores competentes, adquirir equipamentos e materiais necessários.
Exemplos de Uso	Financiamento de projetos de pesquisa, bolsas de estudo para pesquisadores, aquisição de software e hardware especializado.

Ao considerar esses aspectos, fica claro que o orçamento de pesquisa é um elemento indispensável para a eficiência inovativa. Integrá-lo como um **input** no modelo DEA permite uma avaliação mais abrangente e detalhada da utilização dos recursos, proporcionando uma visão clara das unidades de excelência e dos pontos que carecem de melhorias. Isso é fundamental para manter o nível de excelência e o reconhecimento internacional desses programas de pós-graduação.

5.5.1.2 Quantitativo de Docentes

O quantitativo de docentes é um relevante **input** no modelo DEA em questão. O corpo docente de programas de pós-graduação é fator determinante para manter e elevar o nível de excelência em inovação e produção acadêmica. Essa variável influencia diretamente a capacidade de orientação de mestrandos e doutorandos, permitindo um acompanhamento mais individualizado e eficiente dos discentes, promovendo um ambiente acadêmico mais produtivo e inovador.

Mais professores significam mais projetos de pesquisa, artigos publicados, patentes registradas e outras formas de **outputs** acadêmico. Isso é essencial para programas que buscam manter e aumentar seu reconhecimento e impacto.

Além disso, programas com um corpo docente robusto têm maior capacidade de atrair financiamentos externos, seja por meio de projetos de pesquisa financiados por agências governamentais, colaborações com a indústria, ou parcerias internacionais. A presença de professores renomados também contribui para essa capacidade.

Um número maior de docentes facilita a construção de redes de colaboração, tanto

internas quanto externas, incluindo parcerias com outras universidades, centros de pesquisa e empresas. Isso amplia as oportunidades de inovação e transferência de conhecimento.

A disponibilidade de um maior número de docentes também permite a oferta de uma maior variedade de disciplinas e especializações, aumentando a qualidade do ensino e preparando melhor os alunos para contribuir com inovação em suas futuras carreiras acadêmicas e profissionais. No Quadro 2 serão apresentados os aspectos estudados pelo recurso quantitativo de docentes.

Quadro 2. *Input:* Quantitativo de Docentes.

Quantitativo de Docentes	
Forma de Cálculo	Número total de docentes permanentes vinculados a cada programa de pós-graduação.
Relevância	Indica a capacidade de orientação, produção científica e oferta de disciplinas, além de refletir o porte e a estrutura acadêmica do programa.
Impacto	Afeta diretamente a qualidade da formação dos discentes, a diversidade de linhas de pesquisa, a distribuição de orientações e o potencial de publicação e captação de recursos.
Exemplos de Uso	Planejamento de novas vagas de orientação, criação de grupos de pesquisa, submissão de projetos coletivos, participação em redes acadêmicas e comissões de avaliação.

No contexto do estudo em questão, a eficiência é medida pela capacidade do programa de maximizar os **outputs** inovativos a partir de **inputs** disponíveis. Como o quantitativo de docentes, os programas eficientes (em termos simples), são aqueles que conseguem transformar a quantidade de professores em resultados significativos, como publicações, patentes, programas de computador e outros indicadores de inovação.

5.5.1.3 Quantitativo de Discentes Matriculados

O quantitativo de discentes matriculados nos programas de pós-graduação foi um **inputs** relevantes para o modelo DEA construído. A quantidade de alunos matriculados é

fator essencial de produtividade desses programas, a fim de manter ou aumentar o padrão de excelência nacional e internacional.

Um maior número de discentes matriculados traz uma diversidade de ideias e abordagens inovadoras, enriquecendo o ambiente acadêmico. Essa diversidade fomenta a criatividade e a inovação, essenciais para a produção de conhecimento de ponta.

Além disso, a quantidade de discentes está diretamente ligada à produção científica do programa. Mais alunos resultam em mais teses, dissertações, artigos científicos e projetos de pesquisa, aumentando significativamente os **outputs** acadêmicos e inovativos do programa.

Discentes de pós-graduação frequentemente colaboram com docentes e colegas em diversos projetos de pesquisa. Um maior número de discentes facilita a formação de grupos de pesquisa robustos, promovendo a troca de conhecimento e o desenvolvimento de soluções inovadoras.

Programas de pós-graduação com um grande número de discentes matriculados tendem a ter maior visibilidade e reconhecimento. Alunos que produzem trabalhos de alta qualidade e se destacam em suas áreas de atuação contribuem para o prestígio e a competitividade do programa no cenário acadêmico e profissional.

No Quadro 3 serão apresentados os aspectos estudados pelo recurso quantitativo de docentes.

Quadro 3. *Input:* Quantitativo de Discentes Matriculados.

Quantitativo de Discentes Matriculados.	
Forma de Cálculo	Número total de alunos atualmente matriculados em cada programa de pós-graduação objeto do estudo.
Relevância	Indica o tamanho da base estudantil e o potencial para geração de novas ideias, pesquisas e produção científica.
Impacto	Influencia a dinâmica de ensino, a viabilidade de abertura de turmas, a pesquisa colaborativa, a diversidade de projetos e o desenvolvimento de novos talentos científicos.
Exemplos de Uso	Cálculo de taxas de conclusão, definição de oferta de disciplinas, participação em projetos de pesquisa, colaboração em publicações e organização de eventos

A análise do quantitativo de discentes matriculados permite uma compreensão aprofundada de como a quantidade de alunos impacta a capacidade de inovação e produção acadêmica. Integrar essa variável no modelo DEA proporciona uma visão clara das áreas de excelência e dos pontos que necessitam de melhorias, assegurando que os programas continuem a ser reconhecidos por sua excelência e contribuição para o avanço do conhecimento.

5.5.1.4 Quantitativo de Bolsas (DPB)

O quantitativo de bolsistas da CAPES vinculados à Diretoria de Programas e Bolsas no País (DPB) representou um **input** estratégico de alta relevância para o modelo DEA que foi desenvolvido. As bolsas de pós-graduação constituem um importante mecanismo de apoio à formação de mestres e doutores, permitindo que discentes se dediquem integralmente às atividades acadêmicas e científicas.

A concessão de bolsas impacta diretamente a produtividade dos programas de pós-graduação, ao assegurar condições adequadas para o desenvolvimento de pesquisas consistentes e de alta qualidade. O apoio financeiro contribui para reduzir desigualdades, ampliando a participação de talentos diversos e promovendo maior equidade na formação avançada de recursos humanos.

Além disso, bolsistas tendem a apresentar maior engajamento em projetos de pesquisa, extensão e internacionalização, o que potencializa os **outputs** dos programas, como teses e dissertações defendidas, artigos publicados, registros de propriedade intelectual e inovações.

A presença de um número expressivo de bolsistas também favorece a consolidação de grupos de pesquisa, promovendo ambientes colaborativos e interdisciplinares, nos quais emergem soluções inovadoras e socialmente relevantes. Isso reforça o papel dos programas de pós-graduação como motores do desenvolvimento científico, tecnológico e social do país.

No Quadro 4 serão apresentados os aspectos analisados a partir do recurso quantitativo de bolsas concedidas pela CAPES, no âmbito da Diretoria de Programas e Bolsas no País (DPB).

Quadro 4. *Input*: Quantitativo de Bolsas (DPB).

Quantitativo de Bolsas (DPB)

Forma de Cálculo	Número total de bolsas ativas concedidas pela CAPES, por meio da Diretoria de Programas e Bolsas no País (DPB), vinculadas a cada programa de pós-graduação.
Relevância	Reflete a capacidade do programa de atrair e manter discentes dedicados em tempo integral, além de indicar o apoio financeiro para a continuidade das atividades acadêmicas e de pesquisa.
Impacto	Contribui diretamente para a dedicação exclusiva aos estudos, fortalecimento dos grupos de pesquisa, ampliação da produção científica e melhoria dos indicadores de desempenho dos programas.
Exemplos de Uso	Gestão de cotas de bolsas, acompanhamento de indicadores de permanência estudantil, apoio à elaboração de relatórios para a CAPES e avaliação da necessidade de expansão de bolsas.

Portanto, o quantitativo de bolsistas da DPB/CAPES é um indicador essencial da capacidade operacional e do potencial inovativo dos programas, devendo ser considerado como um dos principais insumos do modelo de Análise Envoltória de Dados em questão.

5.5.2 Outputs

5.5.2.1 Patentes Registradas

De acordo com o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), "patente é um título de propriedade temporária sobre uma invenção ou modelo de utilidade, outorgado pelo Estado aos inventores ou outras pessoas físicas ou jurídicas detentoras de direitos sobre a criação" (INPI, 2024).

Ao considerar o processo de inovação, em seu sentido estrito, a patente é comumente vista como uma medida do produto ou resultado da inovação. Conforme destacado por Griliches (1990), a patente idealisticamente oferece uma leitura direta do potencial de expansão da fronteira da função de produção, e sob essa perspectiva, existe a suposição de uma sequência lógica entre a concepção inicial de uma ideia e sua introdução no mercado. Em outras palavras, a patente é tida como uma evidência de que a pesquisa e desenvolvimento (P&D) foi realizada com êxito.

As patentes podem ser incorporadas ao modelo DEA como um **output** significativo. Elas representam as patentes concedidas ou pedidos de patentes registrados pela universidade, o que reflete sua habilidade em desenvolver e proteger novas tecnologias e inovações. No Quadro 5 serão apresentados os aspectos estudados pelo recurso patentes registradas.

Quadro 5. Output: Patentes Registradas.

Patentes Registradas	
Forma de Cálculo	Quantidade de patentes concedidas à instituição por inovações desenvolvidas em seu âmbito.
Relevância	Indica a capacidade da instituição de gerar inovações tecnológicas e científicas.
Impacto	Contribui para o reconhecimento da instituição no meio acadêmico e industrial.
Exemplos de Uso	Inovações tecnológicas, desenvolvimento de novos produtos e processos, transferência de tecnologia.

Essa abordagem permite que as patentes sirvam como uma medida tanto da atividade de inovação quanto da proteção da propriedade intelectual, oferecendo uma visão abrangente do impacto e da eficácia das iniciativas de pesquisa e desenvolvimento.

5.5.2.2 Aplicativos

Conforme a Lei de Software (Lei n.º 9.609/98), um aplicativo é juridicamente considerado um programa de computador, o qual é definido como:

Programa de computador é a expressão de um conjunto organizado de instruções em linguagem natural ou codificada, contida em suporte físico de qualquer natureza, de emprego necessário em máquinas automáticas de tratamento da informação, dispositivos, instrumentos ou equipamentos periféricos, baseados em técnica digital ou análoga, para fazê-los funcionar de modo e para fins determinados.(BRASIL, 1998).

No contexto prático, os aplicativos representam um tipo específico de programa de computador, desenvolvido para oferecer funcionalidades voltadas diretamente ao usuário

final, geralmente em dispositivos móveis ou plataformas digitais. Assim como outros softwares, os aplicativos emergem como **outputs** valiosos em análises como a DEA, atuando como resultado direto da inovação tecnológica e da eficiência produtiva dentro das instituições de pesquisa.

Esses aplicativos não apenas simbolizam avanços significativos em termos de soluções tecnológicas, mas também traduzem a capacidade de pesquisa e desenvolvimento em ganhos econômicos, por meio de licenciamentos, vendas e distribuição comercial. Vale destacar como vantagem de seu registro que a tutela dos direitos relativos a programas de computador, incluindo os aplicativos, é assegurada pelo prazo de 50 anos, contados a partir de 1º de janeiro do ano subsequente ao da sua publicação ou, na ausência desta, da sua criação, conforme informações do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). No Quadro 6 serão apresentados os aspectos estudados pelo recurso aplicativos.

Quadro 6. *Output:* Aplicativos.

Aplicativos	
Forma de Cálculo	Número total de aplicativos desenvolvidos, licenciados ou mantidos pela instituição, considerando-se registros formais como programas de computador conforme a Lei de Software.
Relevância	Evidenciam a capacidade de geração de soluções tecnológicas inovadoras, voltadas diretamente ao usuário final, agregando valor à pesquisa e ao desenvolvimento institucional.
Impacto	Contribuem para a transferência de tecnologia, geração de receitas por meio de licenciamentos e parcerias, fortalecimento da imagem institucional e ampliação do impacto social das inovações.
Exemplos de Uso	Disponibilização em lojas de aplicativos, contratos de licenciamento, registros no INPI como programa de computador,

	parcerias com startups, expansão de serviços digitais para a comunidade.
--	--

A adoção desses aplicativos por outras instituições não apenas confirma sua utilidade prática, como também possibilita a ampliação do impacto dessas inovações, promovendo uma transferência efetiva de conhecimento técnico-científico.

Ademais, a incorporação de tais aplicativos em diversas áreas — desde a educação até setores como saúde e finanças — evidencia sua adaptabilidade e relevância transversal. Essa versatilidade dos aplicativos, enquanto programas de computador voltados ao usuário final, beneficia diretamente os setores que os adotam e fortalece a reputação das instituições detentoras dos registros, reforçando seu papel como centros de inovação e excelência tecnológica.

Outro aspecto relevante é a abrangência internacional dessa proteção, em conformidade com o Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (TRIPS), o que amplia ainda mais o potencial de mercado e de colaboração global. Portanto, ao incluir aplicativos como **outputs** na análise DEA em questão, será possível obter uma perspectiva mais rica e detalhada da contribuição real das atividades de pesquisa e desenvolvimento, avaliando-se a eficiência organizacional de maneira mais abrangente e significativa.

5.5.2.3 Produtos

Conforme a legislação de propriedade intelectual vigente no Brasil, produtos resultantes de pesquisa e desenvolvimento podem assumir diferentes formas — protótipos, bens tangíveis, artefatos, materiais ou sistemas — desde que atendam aos requisitos legais de novidade, aplicabilidade industrial e inventividade, quando for o caso de registro como patente ou desenho industrial. Assim, no contexto de instituições de ensino e pesquisa, os produtos são **outputs** concretos que materializam a capacidade inovativa e a geração de soluções práticas para demandas específicas da sociedade e do mercado.

Esses produtos, quando devidamente protegidos por instrumentos legais como patentes, registros ou mesmo segredos industriais, representam uma via direta de transferência de tecnologia, agregando valor econômico e fortalecendo o posicionamento estratégico das instituições no ecossistema de inovação. No Quadro 7 serão

apresentados os aspectos estudados pelo recurso produtos.

Quadro 7. Output: Produtos.

Produtos	
Forma de Cálculo	Número total de produtos desenvolvidos, registrados ou disponibilizados para aplicação prática, considerando-se protótipos, bens industrializáveis ou outros artefatos gerados a partir de projetos de P&D.
Relevância	Evidenciam a capacidade de transformar conhecimento científico em soluções aplicáveis, fortalecendo a relação universidade–empresa–sociedade.
Impacto	Geram benefícios econômicos por meio de licenciamento, produção em escala ou transferência de tecnologia; impulsionam a reputação institucional como centro de desenvolvimento de soluções inovadoras.
Exemplos de Uso	Registro de patentes de invenção ou modelo de utilidade, desenvolvimento de protótipos funcionais, contratos de licenciamento, transferência para produção comercial, parcerias com indústria e startups.

5.5.2.4 Artigos em periódicos

Os artigos científicos publicados em periódicos especializados constituem uma das formas mais tradicionais e reconhecidas de difusão de conhecimento acadêmico e científico. A publicação de artigos representa uma evidência relevante dos resultados obtidos em atividades de pesquisa e desenvolvimento experimental (P&D), servindo como indicador de produção científica, da capacidade técnica e do potencial de geração de inovação.

No contexto prático, os artigos em periódicos representam um **output** relevante em análises como a DEA, pois refletem diretamente a produtividade acadêmica, a qualidade da pesquisa e o potencial de disseminação do conhecimento gerado pelas instituições. Por meio da publicação de artigos, os resultados de pesquisas são validados pela comunidade científica, fomentando debates, novas investigações e aplicações práticas

que fortalecem o ecossistema de ciência, tecnologia e inovação.

Além de sua função primordial de compartilhar descobertas e avanços, os artigos publicados contribuem para o reconhecimento institucional, ampliam redes de colaboração entre pesquisadores, atraem recursos financeiros por meio de fomento a projetos e impactam diretamente a avaliação de programas de pós-graduação. Destaca-se, ainda, a importância de publicação em periódicos indexados e de alto fator de impacto, que confere maior visibilidade e credibilidade às pesquisas realizadas. No Quadro 8 serão apresentados os aspectos estudados pelo recurso Artigos em Periódicos.

Quadro 8. Output: Artigos em Periódicos.

Artigos em Periódicos	
Forma de Cálculo	Número total de artigos publicados em periódicos científicos indexados, considerando autorias vinculadas à instituição.
Relevância	Evidenciam a capacidade de geração e disseminação de conhecimento técnico-científico, fortalecendo a reputação acadêmica e contribuindo para o avanço da ciência.
Impacto	Promovem visibilidade nacional e internacional, estimulam parcerias acadêmicas, atraem financiamento para novos projetos e ampliam o alcance social e econômico dos resultados de P&D.
Exemplos de Uso	Publicação em periódicos nacionais e internacionais de relevância, indexação em bases de dados reconhecidas (Scopus, Web of Science), citações em outras pesquisas, divulgação em repositórios institucionais.

A produção e publicação de artigos em periódicos são, portanto, instrumentos estratégicos para medir a eficiência e a produtividade de pesquisadores e instituições de pesquisa. A adoção de métricas associadas, como o fator de impacto das revistas, índice dos autores h , conforme proposta de Hirsch (2005), e número de citações, permite avaliar não apenas a quantidade, mas também a qualidade e o alcance das publicações.

Ademais, a colaboração internacional em artigos multiplica o potencial de impacto, favorecendo o intercâmbio de conhecimento entre diferentes contextos científicos e fortalecendo redes globais de pesquisa. Assim, ao incluir os artigos em periódicos como **outputs** na análise DEA, amplia-se a compreensão sobre a contribuição da pesquisa institucional, possibilitando uma avaliação mais precisa da eficiência organizacional em transformar recursos em resultados de alto valor científico e social.

5.5.2.5 Publicação em Anais

No âmbito acadêmico, os anais de eventos científicos são reconhecidos como importantes veículos de divulgação de pesquisas em desenvolvimento, funcionando como espaços para disseminação inicial de resultados, troca de experiências e construção de redes de colaboração. As publicações em anais podem ser consideradas evidências relevantes de atividades de pesquisa, especialmente quando associadas à apresentação de trabalhos em congressos, simpósios e seminários científicos.

Na prática, as publicações em anais representam **outputs** valiosos em análises como a DEA, pois demonstram a capacidade de socialização do conhecimento científico, de atualização constante e de interação entre pesquisadores, grupos de pesquisa e instituições. Ao serem submetidos e aceitos em eventos científicos de relevância, esses trabalhos evidenciam o compromisso da instituição com a qualidade técnica e o alinhamento com as tendências e demandas da comunidade científica.

Além de servirem como registro formal de contribuições científicas, os anais permitem que ideias preliminares sejam debatidas, aperfeiçoadas e, muitas vezes, resultem em publicações posteriores de maior impacto, como artigos em periódicos. Assim, as publicações em anais também funcionam como porta de entrada para a validação e o amadurecimento de novas linhas de pesquisa, além de fortalecerem a visibilidade institucional e ampliarem oportunidades de parcerias acadêmicas e institucionais.

No Quadro 9 serão apresentados os aspectos estudados pelo recurso Publicação em Anais.

Quadro 9. Output: Publicação em Anais

Publicação em Anais	
Forma de Cálculo	Número total de trabalhos completos, resumos expandidos ou resumos simples publicados em anais de eventos

	científicos, considerando autorias vinculadas à instituição.
Relevância	Evidenciam a capacidade de socialização de resultados parciais ou finais de pesquisa, contribuindo para o fortalecimento da comunidade científica e para a consolidação de redes de colaboração.
Impacto	Facilitam o intercâmbio de conhecimentos, estimulam colaborações interinstitucionais e proporcionam visibilidade para novas linhas de pesquisa, podendo resultar em projetos conjuntos e publicações futuras.
Exemplos de Uso	Apresentação em congressos, simpósios e seminários nacionais ou internacionais, publicação em anais impressos ou eletrônicos, registro em plataformas de repositórios institucionais, divulgação em sites de eventos científicos.

A apresentação de trabalhos em eventos e sua consequente publicação em anais não apenas atestam a relevância prática das pesquisas em curso, como também favorecem o amadurecimento de ideias e o estabelecimento de colaborações estratégicas. Tais publicações cobrem uma ampla gama de áreas do conhecimento, sendo adaptáveis às mais diversas temáticas e campos científicos. Essa versatilidade reforça o papel da instituição como agente ativo na construção e difusão do conhecimento.

Ademais, a participação em eventos científicos e a publicação em anais são práticas alinhadas a políticas de internacionalização, pois muitas conferências contam com edições e parcerias em âmbito global. Assim, ao considerar a Publicação em Anais como output na análise DEA, amplia-se a compreensão da eficiência organizacional, valorizando a capacidade da instituição em gerar, difundir e consolidar novos saberes, de forma colaborativa e integrada com a comunidade científica nacional e internacional.

5.5.2.6 Teses e dissertações

As teses e dissertações constituem uma das formas mais significativas de produção acadêmica, representando a materialização dos resultados de pesquisas desenvolvidas em programas de pós-graduação stricto sensu (mestrados e doutorados). A formação de recursos humanos altamente qualificados e a produção de novos

conhecimentos são elementos centrais para o fortalecimento dos sistemas nacionais de ciência, tecnologia e inovação.

Na prática, teses e dissertações são **outputs** estratégicos em análises como a DEA, pois indicam capacidade de formação de mestres e doutores, geração de conhecimento inédito e consolidação de linhas de pesquisa dentro das instituições. Esses trabalhos acadêmicos contribuem para a renovação e expansão das fronteiras científicas, além de fornecerem base para publicações em periódicos, patentes, livros e outros produtos de pesquisa.

Além de evidenciarem o compromisso institucional com a qualificação de capital humano, teses e dissertações reforçam a importância da universidade como agente de transformação social, econômica e tecnológica. Os resultados apresentados nessas produções acadêmicas frequentemente geram soluções aplicáveis à sociedade, fomentam a inovação e fortalecem vínculos com setores produtivos e com a comunidade em geral. No Quadro 10 serão apresentados os aspectos estudados pelo recurso Teses e Dissertações.

Quadro 10. Output: Teses e Dissertações

Teses e dissertações	
Forma de Cálculo	Número total de teses de doutorado e dissertações de mestrado defendidas, homologadas e vinculadas aos programas de pós-graduação da instituição.
Relevância	Demonstram a capacidade de formação de recursos humanos qualificados, produção de conhecimento original e fortalecimento das linhas de pesquisa institucionais.
Impacto	Contribuem para o avanço científico e tecnológico, fomentam publicações derivadas, potencializam parcerias acadêmicas e impulsionam a reputação dos programas de pós-graduação.
Exemplos de Uso	Defesa e homologação em bancas examinadoras, registro nos repositórios institucionais de teses e dissertações, utilização como base para publicações, desenvolvimento de soluções práticas ou

	geração de ativos de propriedade intelectual.
--	---

A produção de teses e dissertações, portanto, vai além de sua função acadêmica, uma vez que seus resultados se traduzem em impactos concretos para a sociedade, a economia e o ambiente de inovação. Ademais, o fortalecimento de programas de pós-graduação contribui para a inserção internacional da instituição, à medida que aumenta sua atratividade para estudantes estrangeiros e amplia colaborações em redes globais de pesquisa.

Assim, ao incluir Teses e Dissertações como **output** na análise DEA, foi possível obter uma visão mais abrangente da eficiência institucional, considerando não apenas a geração de conhecimento, mas também a formação de profissionais altamente capacitados e a contribuição efetiva para o desenvolvimento científico e tecnológico do país.

5.5.2.7 Livros

A publicação de livros acadêmicos e científicos é uma forma consolidada de difusão de conhecimento, sendo reconhecida como um instrumento relevante para a comunicação de resultados de pesquisa, reflexões teóricas e inovações metodológicas. Livros organizados ou de autoria individual ou coletiva evidenciam a maturidade intelectual de grupos de pesquisa e representam uma importante contribuição para a formação de capital intelectual e cultural.

No âmbito das análises de eficiência, como a Análise Envoltória de Dados (DEA), os livros constituem um **output** de grande relevância, pois refletem a capacidade de síntese, aprofundamento e disseminação de saberes em áreas específicas. A publicação de livros amplia o alcance das pesquisas, tornando o conhecimento acessível a públicos diversos e fomentando a educação, a extensão e o diálogo entre academia e sociedade.

Além de sua função de registrar e divulgar resultados de estudos e experiências acadêmicas, os livros publicados fortalecem a reputação institucional, valorizam a produção autoral dos docentes e pesquisadores e podem contribuir para indicadores de avaliação de programas de pós-graduação. Publicações por editoras reconhecidas e a circulação em redes de distribuição nacional e internacional ampliam a visibilidade e o impacto do trabalho realizado. No Quadro 11 serão apresentados os aspectos

considerados para o recurso Livros.

Quadro 11. Output: Livros

Livros	
Forma de Cálculo	Número total de livros publicados por docentes e pesquisadores vinculados à instituição, considerando obras autorais ou organizadas e editoras de relevância acadêmica.
Relevância	Demonstram a capacidade de consolidar e difundir conhecimento aprofundado, fortalecendo a produção científica, didática e cultural da instituição.
Impacto	Contribuem para o reconhecimento institucional, promovem a formação acadêmica e profissional de estudantes e pesquisadores, e ampliam o alcance social do conhecimento.
Exemplos de Uso	Publicação de livros autorais, capítulos em coletâneas organizadas, obras publicadas por editoras acadêmicas nacionais e internacionais, inclusão em bibliotecas e bases de dados.

A produção de livros, portanto, constitui-se em um indicador estratégico para avaliar a eficiência e a produtividade das instituições de ensino e pesquisa. A mensuração desse **output**, associada a indicadores de circulação, citações e alcance, possibilita dimensionar não apenas a quantidade, mas também a qualidade e o impacto social da produção editorial.

Dessa forma, a inclusão de Livros como **output** na análise DEA amplia a compreensão sobre a contribuição institucional para a geração e a transferência de conhecimento, reforçando seu papel na promoção de uma sociedade mais informada, crítica e inovadora.

5.6 Análise Envoltória de Dados (DEA)

A análise envoltória de dados (DEA), sigla em inglês para **Data Envelopment Analysis** é uma metodologia amplamente utilizada para mensurar e avaliar a eficiência relativa de unidades de produção, como empresas, bancos, hospitais, ou instituições

educacionais de maneira geral.

Segundo Cooper (2007), a DEA é uma técnica matemática de programação linear não paramétrica que leva em consideração múltiplas entradas e saídas para calcular a eficiência de cada unidade em relação às demais. No contexto do estudo em questão, a eficiência pode ser conceituada como a utilização ideal de insumos e métodos necessários no processo produtivo para maximizar a produção de bens ou serviços, ou seja, é a capacidade de fazer as coisas de maneira correta, minimizando a relação entre insumos e produtos e, assim, otimizando a utilização dos recursos disponíveis (PEÑA, 2008).

A origem da DEA remonta ao trabalho pioneiro de Charnes, Cooper e Rhodes que em 1978 desenvolveram o modelo CCR (Charnes, Cooper, Rhodes), nomeado em homenagem aos seus criadores. Este modelo foi baseado nos conceitos de eficiência técnica introduzidos por Farrell (1957), que propôs uma abordagem inovadora para medir a eficiência produtiva das unidades de decisão.

Segundo Farrell (1957), a eficiência de uma unidade de decisão (como uma empresa ou uma organização) pode ser avaliada em relação a uma fronteira composta pelas unidades mais eficientes do conjunto. A eficiência técnica de uma unidade é então medida pela sua distância em relação a essa fronteira.

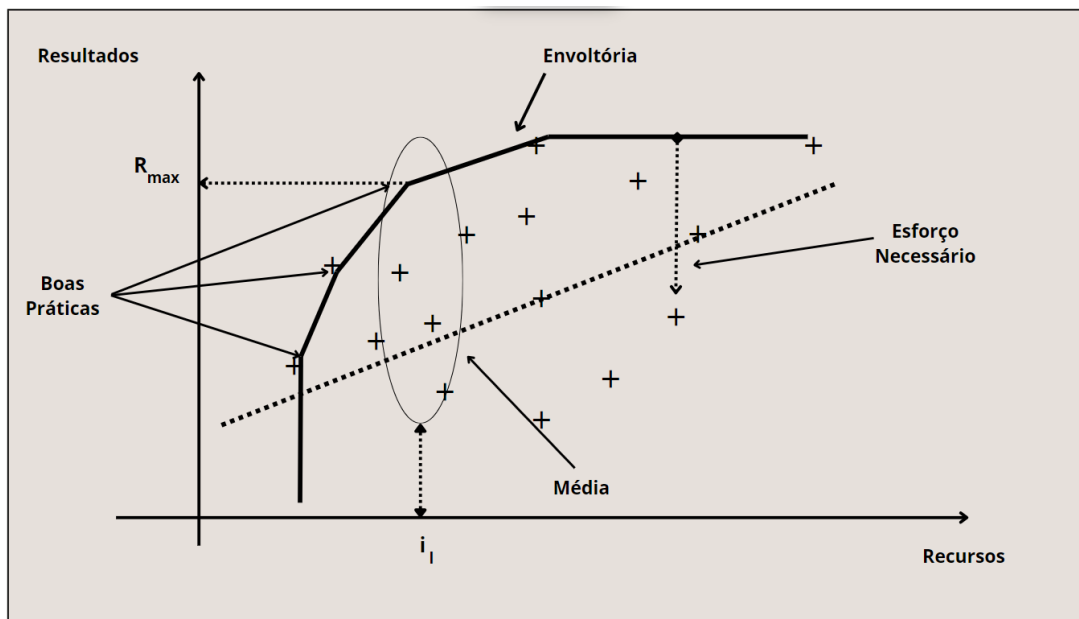
De acordo com Faria, Jannuzzi e Silva (2008), em seu estudo sobre a eficiência dos gastos municipais nas áreas de saúde e educação no estado do Rio de Janeiro, a DEA se mostrou eficaz como técnica alternativa aos modelos econométricos, bem como potencial ferramenta para avaliação da eficiência de programas sociais.

A partir da análise envoltória de dados DEA, é possível identificar quais unidades estão mais próximas do termo conhecido como fronteira de eficiência e quais podem melhorar o seu desempenho.

A DEA é aplicada em diversos setores, como a indústria de produção, saúde, educação, setor público, entre outros, e tem sido uma ferramenta valiosa para auxiliar na tomada de decisões e no aprimoramento da gestão, tanto dos recursos como estratégica de maneira geral.

A Figura 2 demonstra a fronteira de eficiência apontada pelo limite superior do gráfico de determinada DMU (**Decision Making Unit**), termo em inglês que significa unidade de tomada de decisão. A Análise Envoltória de Dados (DEA) avalia a eficiência relativa das unidades de tomada de decisão (DMUs) ao examinar como elas transformam **inputs** em **outputs**.

FIGURA 2. Demonstração da fronteira de eficiência.



Fonte: Adaptado de Faria, Jannuzzi e Silva, 2008.

As DMUs são consideradas mais eficientes quando conseguem gerar mais **outputs** com os mesmos **inputs** ou se puderem alcançar a mesma produção de **outputs** usando menos **inputs**, em comparação com outras unidades avaliadas.

5.6.1 Modelo CCR (Charnes, Cooper, Rhodes)

O modelo CCR (Charnes, Cooper e Rhodes), introduzido em 1978, é um dos pilares fundamentais na análise DEA. Este modelo foi inicialmente desenvolvido para medir a eficiência de unidades produtivas que operam em condições de retorno constante de escala. Ele oferece uma técnica não paramétrica, o que significa que não depende de uma forma funcional pré-definida para a relação entre insumos e produtos. O modelo utiliza programação linear para construir uma fronteira eficiente baseada em observações reais de unidades de decisão (DMUs), como empresas, hospitais ou escolas.

A característica distintiva do modelo CCR é sua capacidade de fornecer uma medida de eficiência relativa, permitindo que cada DMU seja comparada com a melhor prática no conjunto de dados. O nome CCR deriva das iniciais de seus criadores, Charnes, Cooper e Rhodes, que buscavam uma metodologia objetiva para avaliar a eficiência sem recorrer a julgamentos subjetivos ou a comparações arbitrárias.

O modelo CCR calcula a eficiência como uma razão ponderada de saídas sobre entradas. Cada DMU é avaliada contra uma combinação linear das DMUs mais eficientes, formando a fronteira de eficiência. A eficiência é expressa como um escore, onde um valor de 1 (ou 100%) indica eficiência total, e valores inferiores a 1 indicam a proporção da eficiência da DMU em relação às unidades que compõem a fronteira de eficiência.

Uma das principais contribuições de Charnes, Cooper e Rhodes foi demonstrar que o modelo poderia ser aplicado a uma variedade de contextos, nos quais a eficiência e a produtividade são de interesse, proporcionando direcionamentos, ou perspectivas valiosas para a gestão e o planejamento estratégico.

5.6.2 DEA no Contexto de Inovação e Pesquisa

No contexto de inovação e pesquisa, a Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma ferramenta útil para avaliar a eficiência de instituições que desempenham papéis fundamentais no desenvolvimento científico e tecnológico. Essas instituições englobam universidades, centros de pesquisa, laboratórios e programas de inovação.

A DEA, nesse contexto, permite identificar unidades (DMUs) que utilizam melhor seus recursos para produzir resultados no que se refere a produção científica e tecnológica, proporcionando uma compreensão significativa dos parâmetros que direcionam a melhoria do desempenho inovativo dessas unidades.

Dessa forma, a DEA pode ser aplicada para avaliar a eficiência de instituições de ensino superior, programas de pesquisa, laboratórios e outras entidades que promovem a inovação.

5.6.2.1 Medição da Eficiência Inovativa

Segundo Ramanathan (2005), a eficiência inovativa refere-se à capacidade de uma instituição (como uma universidade, um departamento ou um grupo de pesquisa) de transformar **inputs** em **outputs** inovadores de forma eficaz.

A análise DEA pode ser usada com essa finalidade para avaliar essa eficiência ao comparar unidades similares e identificar aquelas que estão na fronteira de eficiência em termos inovativos. A DEA pode auxiliar na identificação das unidades mais eficientes, aquelas que produzem mais resultados inovadores com os mesmos recursos ou menos. As unidades que não estão na fronteira de eficiência podem ser analisadas para entender como podem aprimorar seus processos de inovação, inspirando-se nas unidades mais

eficientes.

Nesse sentido, o objetivo central do estudo foi selecionar os indicadores de inovação e produção científica e tecnológica dos programas de pós-graduação propostos como saídas (**outputs**) para o modelo DEA a ser estruturado. Este modelo foi orientado para a maximização desses **outputs**, visando identificar a fronteira de eficiência relativa, no que diz respeito ao desempenho inovador em seus programas de pós-graduação, inicialmente da UnB, e em seguida da UFRJ.

A utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) para analisar a eficiência relativa de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, bem como outras formas de fomento à inovação em instituições federais e ensino superior oferece diversas vantagens significativas, dentre as quais podemos citar: avaliação multidimensional, comparação relativa, otimização de recursos entre outras vantagens.

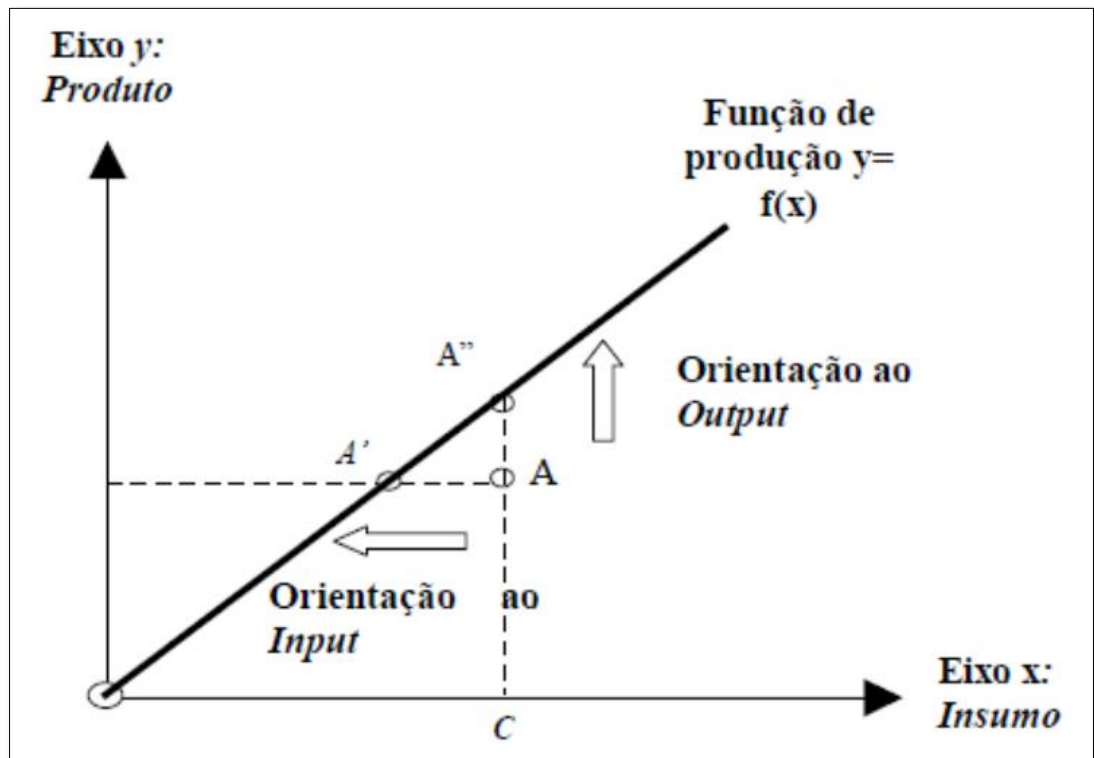
5.6.3 DEA Orientado a *Input* e *Output*

Na Análise Envoltória de Dados (DEA), existem duas orientações principais que podem ser aplicadas para medir a eficiência de unidades de decisão (DMUs): orientação a **input** e orientação a **output**. Ambas as orientações são fundamentais para entender como as DMUs utilizam seus recursos ou como produzem seus **outputs**, dependendo do foco do estudo.

A Figura 2 ilustra graficamente os modelos DEA orientados a **input** e **output**. No modelo orientado a **input**, o objetivo é minimizar a quantidade de recursos utilizados (**inputs**) enquanto um mesmo nível de produção (**outputs**) é mantido. Já no modelo orientado a **output**, o foco é maximizar o produto gerado (**outputs**) utilizando a mesma quantidade de recursos (**inputs**).

A Figura 3 demonstra como cada abordagem avalia a eficiência das unidades tomadoras de decisão (DMUs) ao posicioná-las em relação à fronteira de eficiência, destacando as DMUs mais eficientes e identificando oportunidades de melhoria para aquelas que não estão nessa fronteira.

FIGURA 3. Orientação aos *inputs* e aos *outputs*



Fonte: Mariano, 2008.

Na Figura 3, a DMU A precisa atingir a fronteira de eficiência para se tornar eficiente. Para isso, ela pode ampliar seus **outputs** mantendo os **inputs** constantes (deslocando-se para A''), ou reduzir os **inputs** mantendo os **outputs** constantes (deslocando-se para A').

• 5.6.3.1 DEA Orientado a *Input*

No DEA orientado a **input**, o foco está em minimizar o uso de insumos (como capital, trabalho, materiais) enquanto se mantêm os níveis de saída constantes. Esse modelo é especialmente útil para organizações que têm controle limitado sobre seus **outputs**, mas desejam otimizar o uso de recursos. O objetivo é identificar a quantidade pela qual os insumos podem ser proporcionalmente reduzidos sem prejudicar a produção. Assim, essa abordagem é indicada quando a redução de custos é uma prioridade.

Em termos matemáticos, a DEA orientada a **input** envolve minimizar a soma ponderada dos **inputs** de uma unidade tomadora de decisão (DMU) sujeita a certas restrições que garantem que a soma ponderada dos **outputs** de todas as DMUs não

diminua. A função objetivo pode ser representada como:

$$\begin{aligned} &\text{Minimize } \theta \\ &\text{sujeito a } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0}, \\ &\quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, \\ &\quad \lambda_j \geq 0, \end{aligned}$$

onde x_{ij} são os **inputs**, y_{rj} são os **outputs**, x_{i0} e y_{r0} são os **inputs** e **outputs** da DMU sob avaliação, e λ_j são variáveis de decisão que representam pesos atribuídos às outras DMUs.

• 5.6.3.2 DEA Orientado a **Output**

Contrariamente, o DEA orientado a **output** foca em maximizar os produtos ou serviços para uma quantidade dada de insumos. Esta abordagem é ideal para situações onde as organizações buscam aumentar a produtividade ou expandir a capacidade sem investimento adicional em novos recursos. O modelo procura determinar em que medida os produtos podem ser aumentados mantendo constantes os níveis de insumos.

A fórmula matemática para a DEA orientada a **output** busca maximizar a razão dos **outputs**, sujeita a restrições que os **inputs** de todas as DMUs não excedam os atuais. A função objetivo pode ser formulada como:

$$\begin{aligned} &\text{Maximize } \phi \\ &\text{sujeito a } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \\ &\quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{r0}, \\ &\quad \lambda_j \geq 0. \end{aligned}$$

onde x_{ij} são os **inputs**, y_{rj} são os **outputs**, x_{i0} e y_{r0} são os **inputs** e **outputs** da DMU sob avaliação, e λ_j são variáveis de decisão que representam pesos atribuídos às outras DMUs.

A principal diferença entre as duas orientações é o foco na otimização: a DEA orientada a **input** busca a redução dos recursos utilizados, enquanto a DEA orientada a

output foca na maximização dos produtos gerados. A escolha entre **input** ou **output** depende do contexto operacional e dos objetivos estratégicos de cada análise.

- **5.6.3.3 Escolha entre *Input* e *Output***

A escolha entre orientação a **input** ou a **output** geralmente depende da natureza da organização ou do setor específico em análise, bem como dos objetivos de gestão da organização. Em alguns casos, pode ser útil realizar ambas as análises para obter uma compreensão completa das potencialidades e limitações de uma DMU em termos de eficiência de uso de recursos e capacidade de produção.

Em suma, enquanto o modelo orientado a **input** é utilizado para identificar potenciais economias nos recursos utilizados, já o modelo orientado a **output** é utilizado para explorar possíveis aumentos na quantidade de produtos gerados. Ambos os modelos são complementares e escolhidos com base nos objetivos específicos da análise de eficiência em questão.

O modelo DEA utilizado neste estudo é orientado para o **output**, focando especificamente em indicadores de inovação, produção científica, e tecnológica. Esta abordagem é escolhida devido ao interesse em maximizar os resultados em termos de inovação e produção acadêmica, sem a intenção de minimizar os **inputs** disponíveis, tais como orçamento para pesquisa, quantitativo de docentes, discentes matriculados, entre outros possíveis recursos.

Ao adotar uma orientação voltada para o produto, o modelo busca avaliar a eficiência relativa das unidades de análise (como os programas de pós-graduação) em transformar seus recursos disponíveis em resultados tangíveis de inovação e produção científica.

Desta forma, as instituições são incentivadas a melhorar seus **outputs**, independentemente da quantidade de **inputs** utilizados. Isso é particularmente relevante no contexto de políticas de incentivo à pesquisa e desenvolvimento, onde o objetivo é potencializar os resultados e impactos científicos e tecnológicos.

Dessa forma, o modelo DEA orientado para o produto (**output**) permitirá identificar as melhores práticas e direcionar esforços para que todas as unidades de análise possam alcançar níveis mais elevados no que diz respeito à inovação e produção científica, contribuindo para o avanço do conhecimento e a competitividade no cenário acadêmico e tecnológico.

6 METODOLOGIA

6.1 Pesquisa Bibliográfica

A presente pesquisa foi conduzida a partir de pesquisa bibliográfica, e buscou concentrar as análises nas temáticas relacionadas a política e indicadores de inovação, hélice quintupla, e como suas dimensões se relacionam entre si para realizar a aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) como ferramenta matemática de programação linear, essencial para avaliar a eficiência da conversão de recursos aplicados para inovação nos programas de pós-graduação.

A pesquisa se desenvolveu no intuito de explorar e aprofundar o conhecimento disponível em artigos científicos, livros, teses, dissertações e relatórios potencialmente relevantes para a obtenção de informações e embasar o assunto abordado.

Em um momento posterior, a proposta desenvolveu um modelo DEA para mensurar índices de inovação de cada programa de pós-graduação. Para tanto, foi realizada uma comparação desses índices entre os próprios programas de pós graduação, a fim de estabelecer um ranqueamento interno.

Nesse intuito, a pesquisa bibliográfica foi conduzida envolvendo revisão e análise da literatura existente, mais atualizada e moderna no panorama internacional, no que se refere ao tema de inovação de maneira geral, de modo a escolher os parâmetros a serem aplicados na análise envoltória de dados (DEA) para mensurar e diagnosticar o índice de inovação nos programas de pós-graduação. A ideia foi explorar e aprofundar no conhecimento disponível em artigos científicos, livros, teses, dissertações e relatórios potencialmente relevantes para a obtenção de informações que delinearam os parâmetros que foram aplicados na análise envoltória de dados.

O processo para a pesquisa bibliográfica envolveu as etapas seguintes:

1. identificação de palavras-chave;
2. seleção das fontes;
3. análise de dados;
4. organização, consolidação e síntese dos parâmetros escolhidos.

Como unidade básica de observação para o estudo, utilizou-se inicialmente a Universidade de Brasília (UnB), e posteriormente foi realizado um estudo comparativo com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A ideia foi analisar dados e informações dessas duas universidades, de modo a embasar o diagnóstico em termos da maturidade de inovação dessas duas instituições.

6.2 Metodologia DEA

A análise envoltória de dados (DEA) possibilitou neste trabalho, a avaliação de eficiência relativa das unidades no que diz respeito ao desempenho inovador. A ideia consistiu em interpretar esse resultado da metodologia como um fator indicativo dessa capacidade, buscando na fronteira de eficiência, referências de unidades inovadoras.

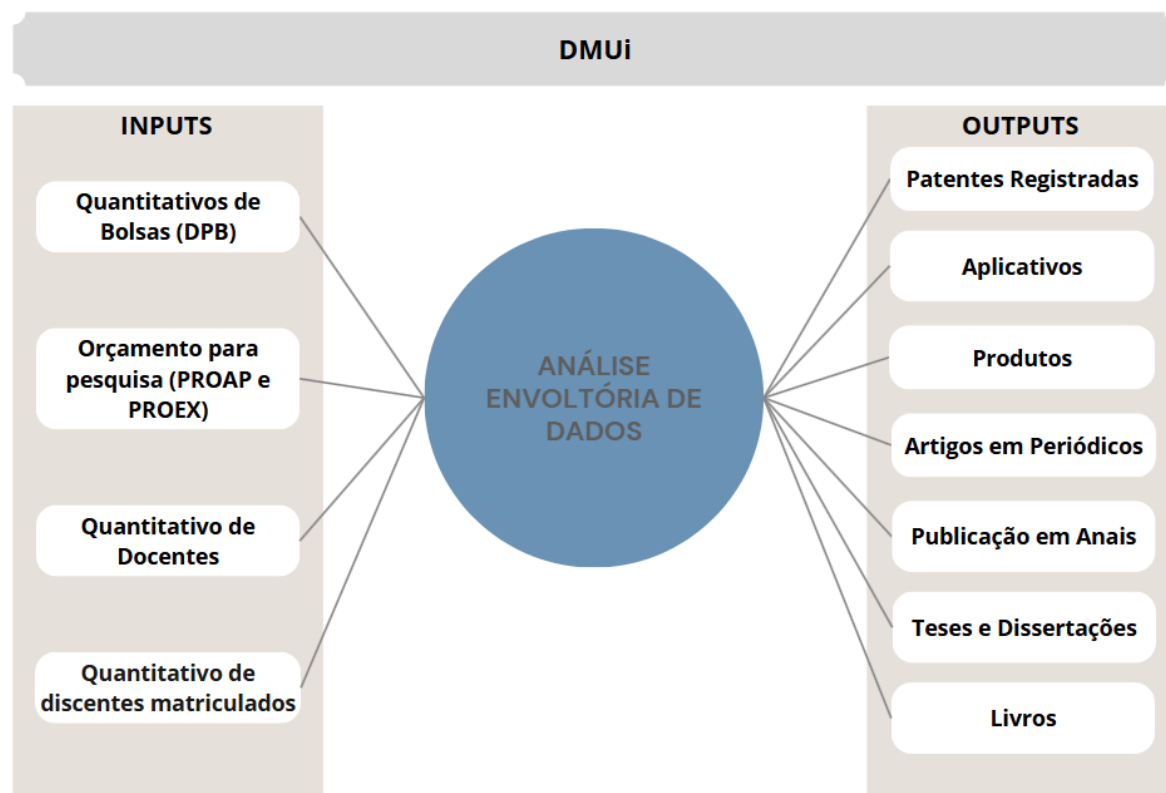
A metodologia foi viabilizada a partir da seleção do conjunto de indicadores de desempenho em produção científica e tecnológica relevantes para o estudo. O objetivo consistiu em a partir do modelo matemático DEA proposto, identificar as unidades mais eficientes que operam no limite dessa fronteira de eficiência buscada, bem como as classificadas como “ineficientes” em termos do desempenho inovador, que são as áreas que por sua vez demandam uma maior atenção na implementação de melhorias em potencial.

Para realizar essa análise e construção do modelo DEA, foi utilizado o software estatístico R em seu módulo **R Studio**, que possui interface de usuário mais amigável para elaboração de modelo e análise de resultados. O método DEA foi conduzido em algumas etapas, conforme descritas a seguir.

6.2.1 Definição do Modelo DEA

Nessa etapa foi selecionado o modelo mais adequado para analisar, considerando características dos dados e objetivos da pesquisa. A Figura 4 ilustra a estrutura do modelo DEA que foi utilizado para avaliar a eficiência dos programas de pós-graduação.

FIGURA 4. Estrutura gráfica para o Modelo DEA.



Fonte: Elaboração própria.

Nesta figura, são apresentados os **inputs** e **outputs** selecionados para a análise. Os **inputs** incluem fatores como orçamento para pesquisa, número de docentes, número de discentes matriculados; enquanto os **outputs** contemplam a produção científica de maneira geral, como patentes registradas, transferência de tecnologia, programas de computador, entre outros. Esta visualização gráfica ajuda a compreender como os dados do modelo foram estruturados de maneira a facilitar a compreensão e sua execução.

6.2.2 Coleta de Dados

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir do portal de Dados Abertos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), disponível em: (<https://dadosabertos.capes.gov.br/dataset/>).

Foi utilizada, prioritariamente, a base de dados referente à última avaliação quadrienal da CAPES (2017–2020), a fim de garantir a atualidade, a padronização e a comparabilidade das informações entre os programas de pós-graduação da Universidade de Brasília (UnB) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

O critério de utilização de dados abertos da CAPES visou assegurar a

confiabilidade e a transparência das informações utilizadas na análise, além de evitar duplicidade de fontes e reduzir vieses. Todas as variáveis selecionadas para a construção do modelo foram obtidas exclusivamente a partir dessa base pública, sem a necessidade de complementação com dados institucionais internos.

As variáveis extraídas e consideradas neste estudo foram organizadas no Quadro 12 abaixo.

Quadro 12. Grupo de variáveis utilizadas no modelo DEA.

DMUs	Programas de pós-graduação da UnB e da UFRJ, considerados como unidades de decisão para a análise envoltória de dados (DEA).
DOCENTES	Número total de professores permanentes vinculados a cada programa.
DISCENTES	Quantidade total de estudantes regularmente matriculados na pós-graduação.
BOLSAS	Número de bolsas concedidas aos programas, incluindo recursos oriundos do PROAP (Programa de Apoio à Pós-Graduação) e do PROEX (Programa de Excelência Acadêmica).
RECURSOS	Valor total de financiamento recebido pelos programas, com base nos orçamentos do PROAP e PROEX.
TESES_E DISSERT	Total de teses e dissertações defendidas durante o período considerado.
PATENTES	Quantidade de patentes registradas a partir de pesquisas vinculadas aos programas.
PRODUTOS	Desenvolvimento de outros produtos acadêmicos, tecnológicos ou inovadores.
APLICATIVOS	Número de softwares e aplicativos criados no âmbito das pesquisas dos programas.
ARTIGOS_EM_PERIODICOS	Quantidade de artigos científicos publicados em periódicos indexados.
PUBLI_ANAIS	Número de publicações em anais de eventos científicos.

Esse conjunto de dados foi selecionado por permitir uma análise ampla e estruturada do desempenho inovador e da eficiência relativa dos programas de pós-graduação da UnB e da UFRJ, com base em indicadores quantitativos, comparáveis e atualizados. A adoção dessa abordagem garante maior robustez aos resultados obtidos com a aplicação do modelo DEA.

6.2.3 Pré-Processamento de Dados

Nesta etapa, foram tratadas bases de dados provenientes da CAPES, referentes ao último quadriênio de avaliação, sendo organizada uma planilha Excel distinta para cada conjunto de variáveis — **inputs**, **outputs** e outra para consolidação das *DMUs* — representadas pelos Programas de Pós-Graduação (PPGs) da UnB e da UFRJ.

Cada base foi trabalhada individualmente, utilizando funções como SOMASE e CONT.SE para consolidar os dados por programa. Para as variáveis financeiras, procedeu-se à soma dos valores correspondentes a cada PPG, estruturando os dados em um quadro consolidado contendo todos os **inputs** e **outputs** do total de 93 *DMUs* da UnB e total de *DMUs* 123 da UFRJ.

Em sequência, os dados foram submetidos a um pré-processamento, que incluiu a normalização ou padronização dos indicadores, o tratamento de valores ausentes ou inconsistentes, além de outras adequações necessárias para assegurar a integridade e a confiabilidade das informações.

Para ilustrar a aplicação do modelo DEA, o Quadro 13 apresenta uma amostra dos dados após a etapa de pré-processamento, anterior à execução do modelo proposto. Esses dados foram refinados para assegurar consistência e comparabilidade entre os programas de pós-graduação da Universidade de Brasília (UnB) e da UFRJ, fornecendo uma base sólida para a análise. Assim, são apresentados de forma estruturada os dados das diversas *DMUs*, incluindo os **inputs** e **outputs** relevantes ao estudo.

Quadro 13. Exemplo de estrutura dos dados para execução do modelo. (*DMU*_{1/93} até *DMU*_{17/93})

DMUn	DOCENTES	DISCENTES	Teses_e_Dissert	Patentes	Bolsas	Recursos	Produtos	Aplicativos
ADMINISTRAÇÃO	50	215	72	0	25	R\$ 78.050,00	11	1
AGRONEGÓCIOS	18	58	15	0	10	R\$ 19.246,00	0	0
AGRONOMIA	28	133	25	0	39	R\$ 60.634,00	0	0
ANTROPOLOGIA	24	156	14	0	38	R\$ 88.058,00	0	0
ARQUITETURA E URBANISMO	47	255	47	1	21	R\$ 87.972,00	2	0
ARTES CÊNICAS	19	90	14	0	15	R\$ 20.104,00	0	0
ARTES VISUAIS	25	112	18	1	27	R\$ 50.552,00	0	0
BIOÉTICA	24	86	14	0	30	R\$ 47.920,00	0	0
BIOLOGIA ANIMAL	19	56	9	6	29	R\$ 41.388,00	1	1
BIOLOGIA MICROBIANA	24	43	4	1	23	R\$ 27.730,00	0	0
BOTÂNICA	20	49	9	0	14	R\$ 14.776,00	0	0
CIÊNCIA POLÍTICA	17	140	11	1	37	R\$ -	0	0
CIÊNCIAS AMBIENTAIS	18	66	9	0	17	R\$ 33.318,00	0	0
CIÊNCIAS ANIMAIS	14	61	8	0	28	R\$ 37.780,00	2	0
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA)	35	98	19	2	58	R\$ 196.818,00	0	0
CIÊNCIAS CONTÁBEIS	23	105	11	0	13	R\$ 36.954,00	0	1
CIÊNCIAS DA INFORMAÇÃO	24	113	20	0	25	R\$ 41.866,00	0	12

Fonte: Elaboração Própria.

Neste quadro, cada linha representa uma DMU específica, enquanto as colunas listam os diferentes **inputs** utilizados e **outputs** gerados por cada DMU. A análise desses dados permitiu avaliar a eficiência de cada DMU em relação às demais.

6.2.4 Implementação do Modelo

O modelo foi aplicado com base nos dados previamente tratados e estruturados no **R Studio**, utilizando o pacote '**benchmarking**', especializado na execução da Análise Envoltória de Dados (DEA). Foram realizados diversos testes, incluindo análises comparativas com dados de uma segunda universidade federal — a **Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)** — reconhecida como uma das instituições mais inovadoras do país.

O uso do R Studio, aliado ao pacote mencionado, permitiu o cálculo das medidas de eficiência relativa das unidades estratégicas (DMUs) da Universidade de Brasília, com base em uma metodologia consolidada e amplamente difundida na literatura especializada.

6.2.5 Análise e Interpretação de Resultados

Os resultados obtidos foram analisados e interpretados com base nas medidas de eficiência em capacidade de inovação geradas pela Análise Envoltória de Dados (DEA). Essa etapa permitiu identificar e agrupar as unidades por níveis de eficiência, considerando sua maturidade em relação à temática.

Também foi possível identificar os fatores que contribuíram para o desempenho de cada uma dessas unidades. Essa análise proporcionou um aprofundamento na compreensão do indicador de eficiência produtiva e da fronteira de eficiência estabelecida

pelo modelo, além de fornecer subsídios para as tomadas de decisão da alta gestão institucional.

6.2.6 Validação de Resultados

Nesta etapa, foram validados os resultados obtidos por meio da aplicação de análises de sensibilidade e robustez, com o objetivo de assegurar a validade e a confiabilidade dos dados obtidos. A metodologia adotada envolveu três macro etapas complementares:

- pesquisa bibliográfica sistemática;
- definição dos indicadores de produção científica e tecnológica;
- aplicação do modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA).

A combinação dessas abordagens possibilitou uma compreensão abrangente e aprofundada da eficiência inovativa dos programas analisados, contribuindo para a geração de conhecimento e o fortalecimento da cultura de inovação institucional.

A seguir, apresentam-se os resultados, no qual foram detalhadas as análises da pesquisa com base nos dados tratados e nos modelos aplicados.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Resultados da DEA para Avaliação da Eficiência Técnica dos Programas de Pós-Graduação da UnB

Os resultados apresentam a análise de eficiência dos 93 programas de pós-graduação da Universidade de Brasília (UnB) por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA). O objetivo foi identificar programas eficientes e oportunidades de melhoria, considerando *inputs* como docentes, discentes, recursos financeiros e bolsas de estudo, e *outputs* como produção acadêmica e científica, incluindo teses, patentes, produtos, publicações, livros entre outros.

A Análise Envoltória de Dados (DEA) foi aplicada considerando retornos variáveis de escala (VRS), método que possibilita uma avaliação mais precisa ao reconhecer que os programas de pós-graduação da UnB apresentam diferentes níveis de recursos, tamanhos e contextos operacionais. Essa abordagem é especialmente adequada diante da heterogeneidade entre os programas, permitindo comparações mais justas e realistas de sua eficiência relativa.

Os resultados da análise DEA revelaram que os programas de pós-graduação da

UnB foram categorizados, conforme os escores obtidos, em três níveis de eficiência: alta eficiência (escore igual a 1), eficiência moderada (escore maior que 0,5 e menor que 1) e baixa eficiência (escore igual ou inferior a 0,5), conforme classificação proposta neste trabalho.

Ao todo, 42 programas foram classificados como de alta eficiência, ou seja, conseguiram maximizar seus **outputs** (como número de teses, dissertações, artigos, patentes etc.) em relação aos **inputs** disponíveis (como número de docentes, discentes, bolsas e recursos financeiros). Esses programas de alta eficiência demonstram excelência na gestão de recursos e produtividade acadêmica.

Observa-se uma grande diversidade de áreas do conhecimento entre os programas mais eficientes, o que indica que a alta performance não está concentrada em um único campo, mas sim distribuída entre diferentes áreas do conhecimento.

Entre os destaques, é possível agrupar os programas de pós graduação da UnB em grandes áreas com forte presença entre os mais eficientes, conforme os tópicos relacionados abaixo:

- Ciências da Saúde e Biológicas: programas como Ciências da Saúde, Ciências da Reabilitação, Saúde Coletiva, Zoologia, Botânica, Ciências Animais, Patologia Molecular e Fitopatologia revelam alto desempenho, refletindo uma sólida estrutura de pesquisa nessas áreas.

- Engenharias e Tecnologias: os programas Engenharia Elétrica, Engenharia Biomédica, Engenharia de Sistemas Eletrônicos e de Automação, Sistemas Mecatrônicos, Geotecnia, Ciência e Tecnologia em Saúde e Nanociência e Nanobiotecnologia figuram entre os mais eficientes, evidenciando uma boa relação entre recursos e produção técnico-científica.

- Ciências Sociais Aplicadas: Administração, Gestão Pública, Direito, Ciência Política, Economia e Políticas Públicas para Infância e Juventude demonstram que programas voltados à gestão, políticas públicas e ciências humanas também atingem alto nível de eficiência.

- Educação e Formação de Professores: programas como Educação, Ensino de Física – PROFIS, Ensino de Geografia em Rede e PROFBIO mostram forte inserção social e capacidade de geração de conhecimento com recursos relativamente reduzidos.

- Interdisciplinaridade e Sustentabilidade: a presença de programas como Ciências Ambientais, Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, Sustentabilidade junto a Povos e Territórios Tradicionais, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos e o PROFNIT –

Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação evidencia a relevância de temáticas contemporâneas e transversais que articulam inovação, meio ambiente e sociedade.

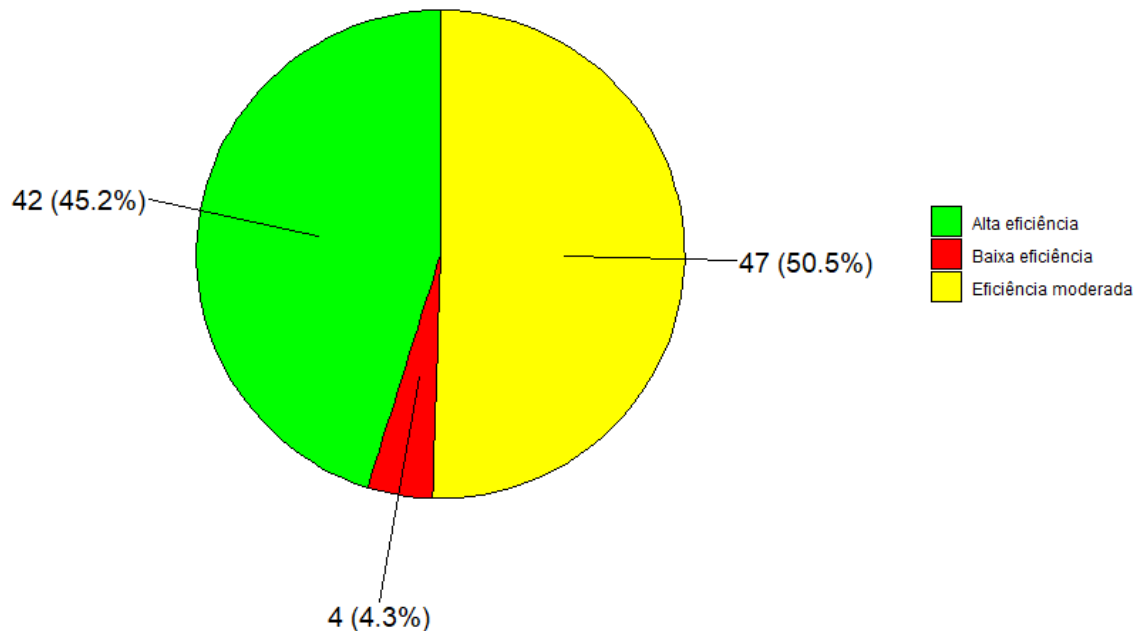
Essa variedade apresentada no estudo demonstra que a eficiência acadêmica pode ser alcançada tanto por programas tradicionais quanto por programas interdisciplinares ou profissionalizantes, reforçando a importância de estratégias de gestão adequadas ao perfil de cada área.

Em contrapartida, 51 programas apresentaram escores de eficiência inferiores a 1, sendo que 47 deles estão na faixa de eficiência moderada (entre 0,5 e 0,99) e apenas 4 programas ficaram abaixo de 0,5, sendo considerados de baixa eficiência. Isso revela que a grande maioria dos programas da UnB tem espaço para melhorias, mas está relativamente próxima da fronteira de eficiência.

O Gráfico 1 a seguir apresenta a distribuição dos programas de pós-graduação da universidade entre essas três categorias, evidenciando o somatório de programas em cada uma delas. Essa visualização possibilita compreender de forma mais intuitiva a proporção de programas com desempenho destacado, intermediário e inferior no que tange à eficiência mensurada.

Gráfico 1. Distribuição dos programas de pós-graduação da UnB conforme as categorias de eficiência obtidas na análise DEA.

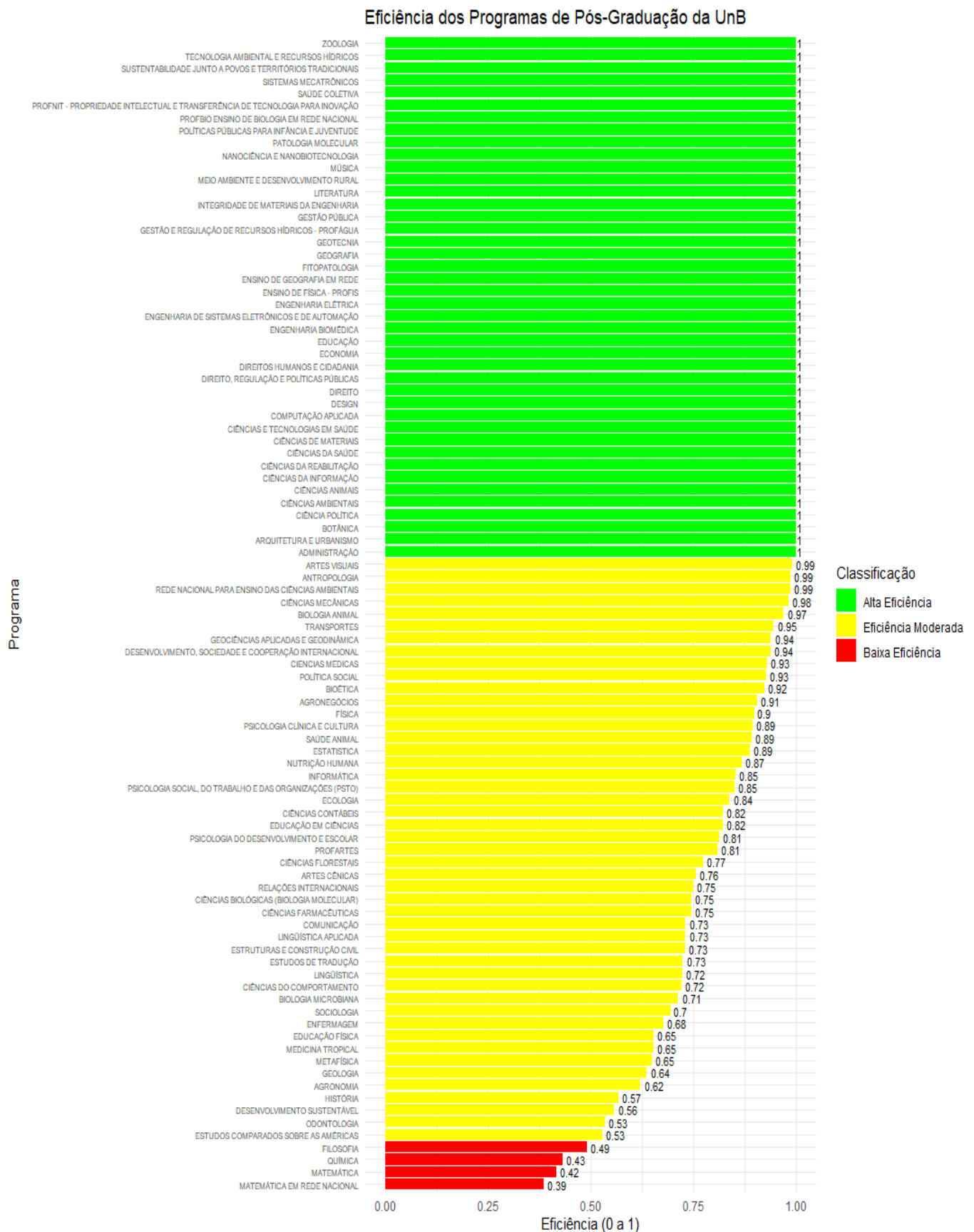
Distribuição das DMUs por Categoria de Eficiência



Fonte: Elaboração própria no ambiente R Studio

O gráfico apresentado evidencia a distribuição geral dos programas da UnB entre as categorias de eficiência adotadas nesta análise. Para aprofundar a compreensão dos resultados, a Figura 5 apresenta o ranking completo dos 93 programas de pós-graduação avaliados, organizados de acordo com seus escores de eficiência obtidos na análise DEA. Esse ranking permite identificar não apenas os programas mais eficientes, mas também observar o posicionamento relativo de cada programa no contexto institucional, servindo como subsídio para reflexões estratégicas sobre a alocação de recursos, planejamento acadêmico e oportunidades de melhoria. Esse ranking evidencia a posição relativa de cada programa em termos de eficiência, considerando os *inputs* e *outputs* definidos na análise.

FIGURA 5. Ranking de eficiência dos programas de pós-graduação da UnB.



Fonte: Elaboração Própria no Ambiente R Studio, pacote 'ggplot2'.

A comparação entre os programas classificados como eficientes e ineficientes, admitindo o modelo DEA, revelou padrões interessantes. Os programas eficientes tendem a apresentar uma relação mais equilibrada entre o número de docentes e discentes, além de uma gestão mais eficaz dos recursos financeiros. Por exemplo, programas como Ciências da Saúde e Engenharia Elétrica demonstraram alta produtividade em termos de publicações científicas e registros de patentes, mesmo com um número moderado de docentes e discentes.

Já os programas ineficientes, como alguns da área de Humanidades e Ciências Sociais, apresentaram uma menor produção de teses e dissertações em relação ao número de discentes, além de uma baixa taxa de conversão de recursos financeiros em produtos acadêmicos e tecnológicos. Esses programas podem se beneficiar de uma revisão de suas estratégias de alocação de recursos, bem como de iniciativas para aumentar a produtividade acadêmica.

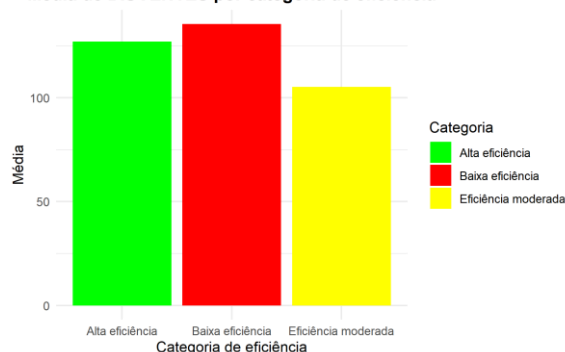
O Gráfico 2 demonstra a média dos principais insumos — bolsas, discentes, docentes e recursos financeiros — por categoria de eficiência dos programas de pós-graduação da Universidade de Brasília (UnB). Para esta análise, foram consideradas três categorias: programas de alta eficiência (escore igual a 1), programas de eficiência moderada (escore entre 0,5 e 0,99) e programas de baixa eficiência (escore inferior a 0,5).

O Gráfico 2a apresenta a média de discentes por categoria. Assim como no caso das bolsas, os programas de baixa eficiência apresentam a maior média de estudantes, seguidos pelos de alta eficiência, enquanto os de eficiência moderada possuem a menor média de discentes. Isso sugere que, apesar de terem turmas maiores, os programas de baixa eficiência enfrentam dificuldades em transformar esse potencial em resultados acadêmicos mais robustos, podendo existir gargalos relacionados à orientação, gestão de turmas ou aproveitamento dos alunos.

No Gráfico 2b, é apresentada a média de docentes por categoria. Observa-se que os programas de baixa eficiência também possuem, em média, mais docentes que os demais grupos. Programas de alta eficiência operam com corpo docente menor, mas demonstram maior capacidade de transformar este insumo em resultados relevantes, indicando gestão mais integrada das atividades de pesquisa, ensino e orientação.

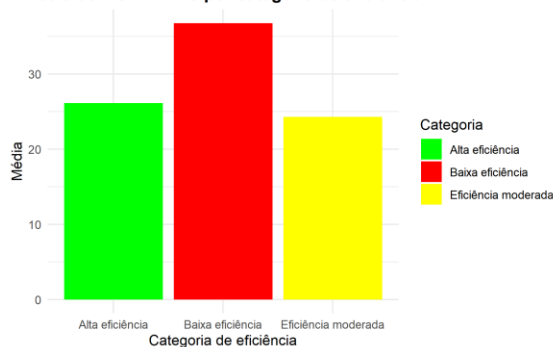
Gráficos 2. Principais insumos: (a) média de discentes; (b) docentes; (c) recursos ; e (d) bolsas por categoria de eficiência.

Média de DISCENTES por categoria de eficiência



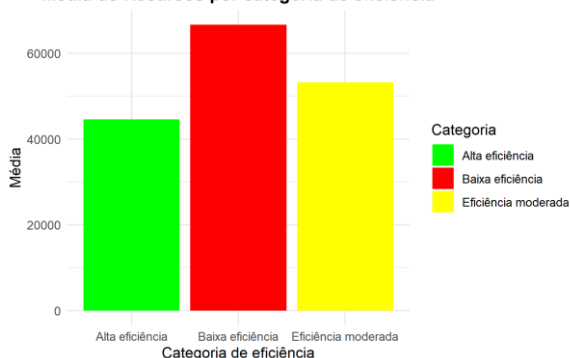
(a)

Média de DOCENTES por categoria de eficiência



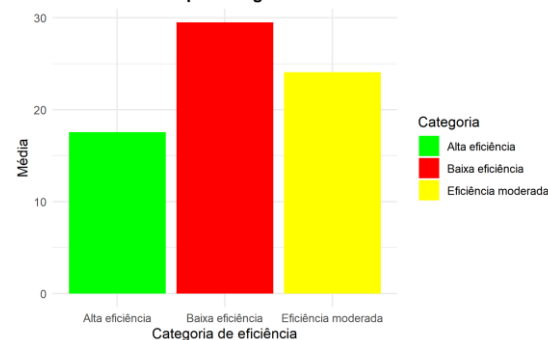
(b)

Média de Recursos por categoria de eficiência



(c)

Média de Bolsas por categoria de eficiência



(d)

Fonte: Elaboração Própria no Ambiente R Studio.

Com relação a média de recursos financeiros disponíveis por categoria de eficiência (Gráfico 2c), novamente, verifica-se que os programas de baixa eficiência contam com os maiores volumes médios de recursos, enquanto os programas de alta eficiência operam com menor aporte financeiro, mas apresentam melhor desempenho relativo. Isso reforça a evidência de que a eficiência não depende apenas da quantidade de recursos, mas sobretudo da forma como eles são gerenciados.

Verifica-se que os programas classificados como de baixa eficiência concentram, em média, maior número de bolsas do que os programas de eficiência moderada e os de alta eficiência (Gráfico 2d). Este resultado indica que, mesmo contando com maior apoio financeiro aos discentes, tais programas não conseguem converter este recurso em desempenho proporcional, sugerindo uma utilização pouco eficaz do benefício.

Em síntese, os quatro gráficos apontam para um padrão claro: os programas de baixa eficiência da UnB tendem a dispor de mais insumos — bolsas, estudantes, docentes e recursos financeiros —, mas não convertem essa estrutura em desempenho

proporcional. Por outro lado, os programas de alta eficiência demonstram maior capacidade de produzir resultados com menos recursos, destacando a relevância de práticas de gestão mais eficazes, planejamento acadêmico integrado e políticas institucionais voltadas ao melhor aproveitamento do potencial já disponível.

Um ponto que chama a atenção é a disparidade na produção de patentes e produtos tecnológicos entre os programas. Enquanto programas como Nanociência e Nanobiotecnologia e Engenharia Biomédica apresentaram um número significativo de patentes e produtos, outros programas, especialmente nas áreas de Ciências Humanas, não registraram nenhuma patente. Isso sugere que há uma necessidade de reavaliar e incentivar a inovação e a transferência de tecnologia em programas que tradicionalmente não têm foco nesses **outputs**.

Assim, é possível elencar algumas percepções e recomendações a partir dos resultados preliminares observados, que foram pontuados a seguir.

- Otimização de Recursos: programas ineficientes poderiam revisar a alocação de seus recursos, buscando um equilíbrio entre o número de docentes, discentes e a produção acadêmica. A implementação de políticas de gestão mais eficientes poderia ajudar a melhorar esses escores de eficiência.

- Incentivo à Inovação: programas com baixa produção de patentes e produtos tecnológicos poderiam investir em iniciativas que promovam a inovação e a transferência de tecnologia. Parcerias com setores industriais e programas de incentivo à pesquisa aplicada poderiam ser estratégias eficazes.

- Captação de Investimentos e Parcerias: para ampliar o impacto da produção acadêmica, é fundamental fortalecer a articulação com setores públicos e privados, viabilizando financiamentos, convênios e colaborações estratégicas. Estímulos à participação em editais, eventos científicos de grande porte e publicações em redes internacionais podem impulsionar a visibilidade e a atração de novos recursos.

- Avaliação Contínua: a UnB pode implementar um sistema de avaliação contínua dos programas de pós-graduação, utilizando a DEA como ferramenta de monitoramento. Isso permitiria identificar rapidamente programas que estão se tornando ineficientes e tomar medidas corretivas.

- Análise Comparativa: programas com baixo desempenho podem adotar de práticas de comparação com programas mais eficientes de áreas semelhantes. Isso pode fornecer subsídios valiosos para identificar formas de aprimorar a eficiência.

Os Gráficos 3 a seguir demonstram a distribuição das médias dos **outputs** — ou

seja, os resultados gerados — pelos programas de pós-graduação da UnB, conforme sua classificação de eficiência: alta eficiência (escore 1), eficiência moderada (escore entre 0,5 e 0,99) e baixa eficiência (escore abaixo de 0,5). A análise mostra como cada categoria se comporta em relação à produção de patentes, teses e dissertações, aplicativos, artigos em periódicos e livros.

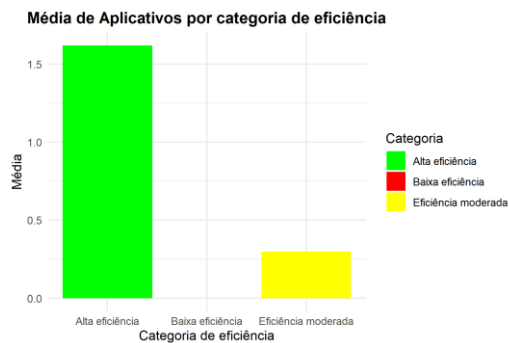
Observa-se que o desenvolvimento de aplicativos (Gráfico 3a) é significativamente maior nos programas de alta eficiência, com média em torno de 1,7 aplicativo por programa. Nos de eficiência moderada, a média cai para cerca de 0,6, enquanto os de baixa eficiência não apresentam registros relevantes. Assim, a produção de soluções tecnológicas aplicadas é mais frequente entre os programas mais eficientes.

O Gráfico 3b demonstra que os programas de alta eficiência lideram também na média de teses e dissertações defendidas, com cerca de 24 por programa. Programas de eficiência moderada apresentam média próxima de 18, enquanto os de baixa eficiência ficam em torno de 14. Esses dados indicam que a formação de mestres e doutores está mais concentrada nos programas que operam na fronteira de eficiência.

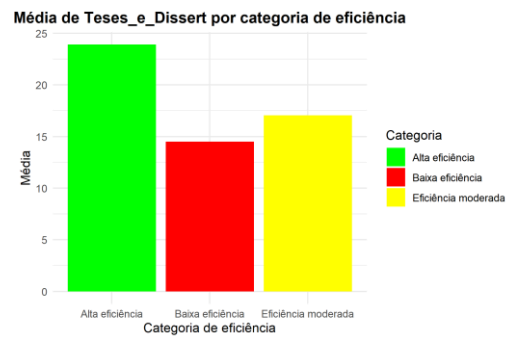
No Gráfico 3c, onde são apresentados os produtos, observa-se que os programas de alta eficiência mantêm a liderança, com média de 1 produto por programa. Os programas com eficiência moderada apresentam uma média inferior, em torno de 0,5, enquanto os de baixa eficiência não registram valores relevantes nesse indicador. Assim como as patentes e os aplicativos, a produção de produtos tecnológicos destaca o potencial de geração de resultados práticos e aplicáveis pelos programas mais eficientes.

Os programas de alta eficiência também superam os demais com relação à publicações em anais. O Gráfico 3d demonstra uma média superior a 70 publicações por programa de alta eficiência. Os de eficiência moderada seguem com média em torno de 45, enquanto os de baixa eficiência apresentam a menor média, inferior a 20. Isso reforça que a produção científica diversificada, incluindo a divulgação em eventos acadêmicos, é mais robusta nos programas mais eficientes.

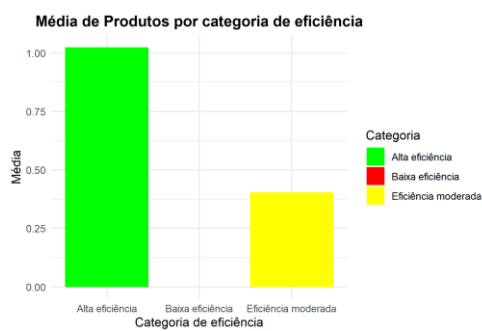
Gráficos 3. Média dos valores dos *outputs* por categoria de eficiência: (a) aplicativos; (b) teses e dissertações; (c) produtos; (d) publicações em anais; (e) patentes; (f) livros e (g) periódicos.



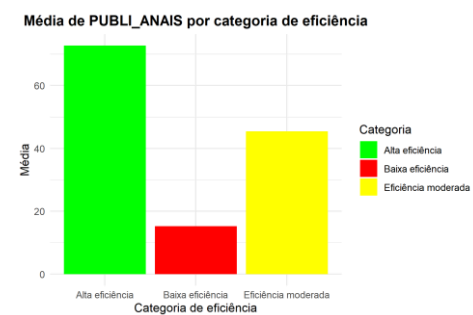
(a)



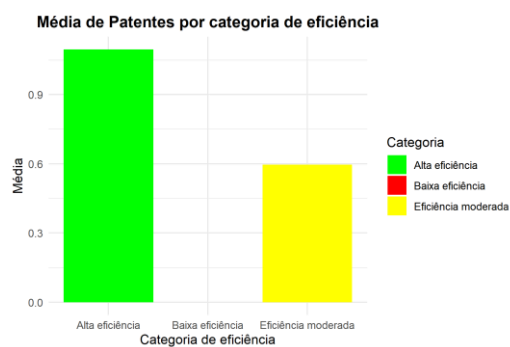
(b)



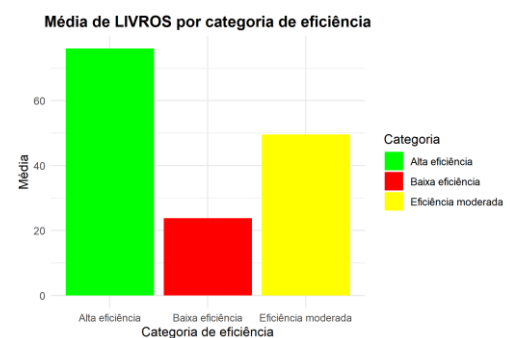
(c)



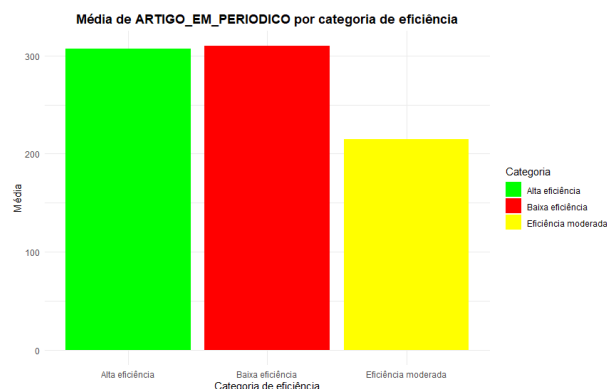
(d)



(e)



(f)



(g)

Fonte: Elaboração Própria no Ambiente R Studio.

O gráfico de patentes evidencia que os programas classificados como de alta eficiência apresentam a maior média, ultrapassando 0,9 patente por programa (Gráfico 3e). Os programas com eficiência moderada possuem uma média inferior, próxima de 0,6, enquanto os de baixa eficiência não registram produção expressiva nesse indicador. Essa diferença sugere que a geração de patentes é um aspecto distintivo dos programas mais eficientes, revelando maior capacidade de conversão de conhecimento em inovação tecnológica protegida.

O indicador de livros mostra novamente a vantagem dos programas de alta eficiência, que apresentam média superior a 75 livros publicados por programa (Gráfico 3f). Os de eficiência moderada têm média em torno de 50, enquanto os de baixa eficiência não passam de 25 livros. Esse resultado evidencia o maior potencial de disseminação do conhecimento dos programas mais eficientes, inclusive por meio de publicações em formatos diversificados.

Com relação aos artigos publicados em periódicos, o Gráfico 3g mostra que os programas de alta eficiência se destacam, com média superior a 175 artigos, seguidos de perto pelos de eficiência moderada, com média em torno de 160. Já os de baixa eficiência registram a menor média, em torno de 110 artigos. Isso demonstra que, embora a publicação em periódicos seja relevante mesmo em programas de menor eficiência, aqueles mais eficientes conseguem potencializar essa produção.

Em síntese, os Gráficos 3 revelam que os programas de pós-graduação da UnB classificados como de alta eficiência tendem a gerar mais resultados em praticamente todos os tipos de **outputs** avaliados, demonstrando maior capacidade de transformar insumos em produção científica, tecnológica e de inovação. Já os programas com baixa eficiência indicam uma atuação mais restrita, sobretudo em indicadores relacionados à inovação, apontando para a necessidade de estratégias de fortalecimento, estímulo à proteção intelectual e incentivo à geração de soluções aplicáveis.

7.2 Resultados da DEA para Avaliação da Eficiência Técnica dos Programas de Pós-Graduação da UFRJ

A aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) nos programas de pós-graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) evidenciou um cenário robusto de desempenho técnico, com destaque para a significativa parcela de programas que atingiram eficiência máxima. Foram identificados 62 programas com escore de eficiência igual a 1, o que corresponde a aproximadamente 49,6% do total avaliado. Esses

programas operam na fronteira eficiente, indicando que, para os **inputs** utilizados — como número de docentes permanentes, discente matriculados, recursos orçamentários para pesquisa e concessão de bolsas —, obtiveram os **outputs** máximos esperados, traduzidos em teses defendidas, dissertações, publicações em periódicos, livros, patentes registradas entre outros produtos intelectuais e acadêmicos.

A análise detalhada mostra uma distribuição equilibrada de programas eficientes em diversas áreas do conhecimento. Por exemplo, no campo das Ciências Exatas e Tecnológicas, destacam-se programas como Engenharia Química, Engenharia Civil, Engenharia de Produção, Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, Engenharia de Transportes, Engenharia Ambiental, Engenharia Urbana, Engenharia da Nanotecnologia, além de Química e Ciência e Tecnologia de Polímeros. Esses programas demonstram capacidade de transformar investimentos em insumos altamente qualificados em resultados concretos de pesquisa aplicada e inovação tecnológica, como patentes e processos.

No conjunto das Ciências Biológicas e da Saúde, merecem destaque programas como Biotecnologia Vegetal e Bioprocessos, Bioquímica, Neurociência Translacional, Clínica Médica, Enfermagem, Nutrição Clínica, Psiquiatria e Saúde Mental, Saúde Materno-Infantil e Saúde Perinatal, os quais indicam alta eficiência na produção de pesquisa de impacto em saúde pública, cuidado clínico e desenvolvimento de soluções biotecnológicas.

As Ciências Humanas e Sociais também figuram com forte representatividade entre os programas mais eficientes, a exemplo de Direito, Serviço Social, Comunicação, Educação, Políticas Públicas em Direitos Humanos, Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento. Isso demonstra que áreas tradicionalmente menos intensivas em capital tecnológico podem alcançar resultados expressivos em impacto acadêmico e social quando há uma boa gestão de recursos humanos e estrutura institucional.

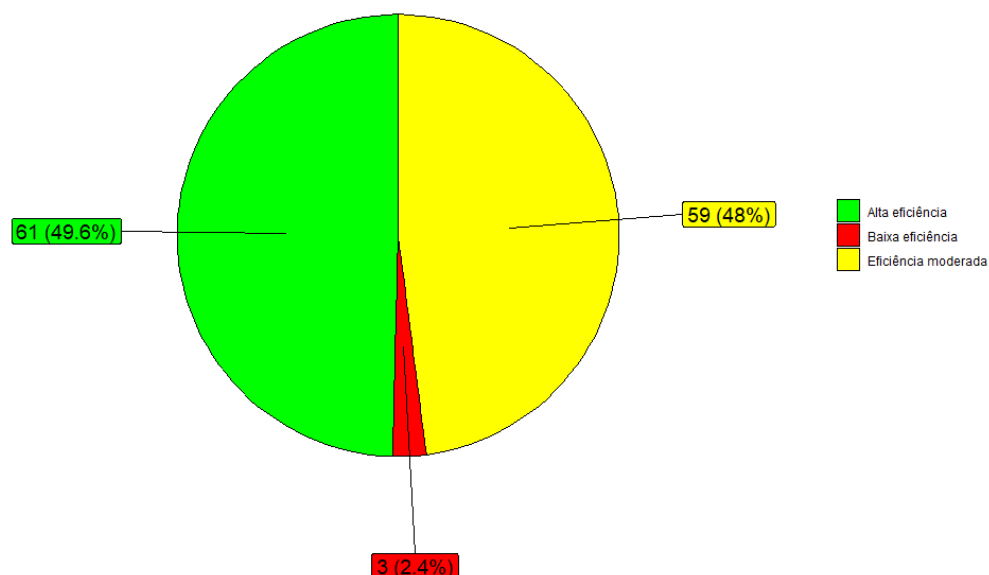
Entre os programas de eficiência moderada (escore entre 0,5 e 0,99), que somam 88 cursos, observa-se uma faixa de desempenho heterogênea. Muitos deles estão relativamente próximos da fronteira eficiente, como Design (0,99), Antropologia Social (0,98) e Ciências Biológicas (Genética) com 0,95, o que sugere que ajustes pontuais — como otimização da razão entre orientadores e orientandos, ampliação de redes colaborativas ou incremento de parcerias para produção científica — podem elevá-los rapidamente ao nível máximo de eficiência, aproveitando melhor seus recursos e ampliando seus resultados.

Por outro lado, a presença de três programas com escores abaixo de 0,5 — Saúde Coletiva (0,48), Filosofia (0,44) e Matemática (0,43) — evidencia a necessidade de estratégias específicas para compreender e mitigar fatores limitantes. Questões como estrutura curricular, processos de orientação, condições de financiamento ou atratividade para novos discentes podem estar influenciando a subutilização dos recursos disponíveis.

O Gráfico 4 apresenta a distribuição dos programas de pós-graduação da UFRJ de acordo com as categorias de eficiência definidas a partir da aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA). Essa representação permite visualizar como os programas se posicionam em relação aos níveis de desempenho avaliados, destacando aqueles que atingiram a fronteira de eficiência e aqueles que apresentam potencial para melhorias em seus processos e resultados.

Gráfico 4. Distribuição dos programas de pós-graduação da UFRJ conforme as categorias de eficiência obtidas na análise DEA.

Distribuição das DMUs por Categoria de Eficiência



Fonte: Elaboração Própria

A Figura 6 a seguir apresenta o ranking de eficiência dos programas de pós-graduação da UFRJ, construído com base nos resultados da análise DEA. Esse ranking demonstra a classificação relativa dos programas em relação à eficiência observada, considerando os insumos e produtos estabelecidos no modelo.

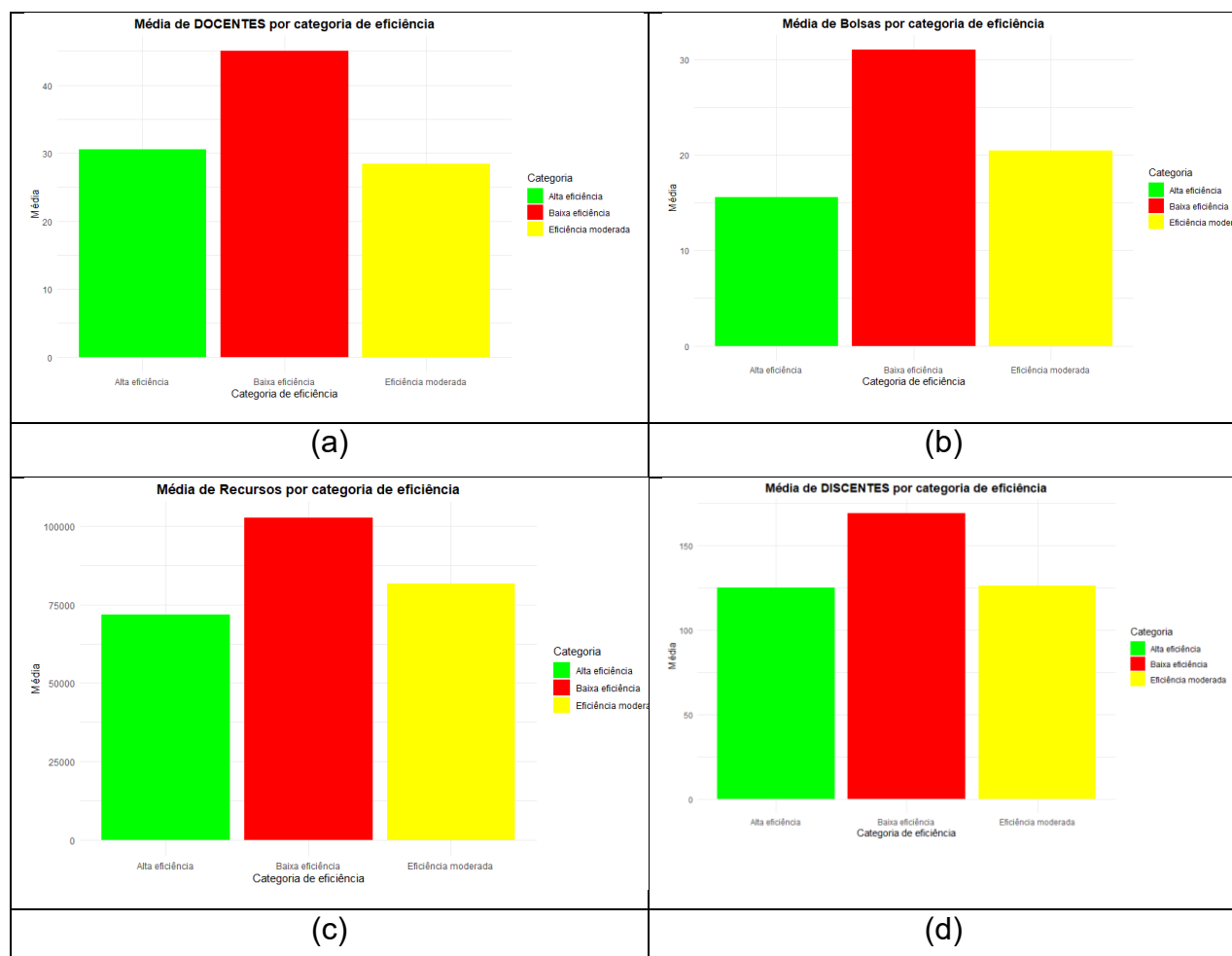
FIGURA 6. Ranking de eficiência dos programas de pós-graduação da UFRJ.



Fonte: Elaboração Própria no ambiente R Studio.

Os Gráficos 5 a demonstram a média dos principais insumos (*inputs*) — docentes, bolsas, recursos financeiros e discentes — por categoria de eficiência dos programas de pós-graduação da UFRJ. Para fins de análise, consideram-se três grupos: programas de alta eficiência (escore igual a 1), programas de eficiência moderada (escore entre 0,5 e 0,99) e programas de baixa eficiência (escore inferior a 0,5).

Gráficos 5. : Média dos valores dos inputs por categoria de eficiência: (a) docentes; (b) bolsas; (c).recursos e (d) discentes.



No Gráfico 5a, observa-se a média de docentes por categoria de eficiência. Nota-se que os programas classificados como de baixa eficiência apresentam, em média, um número de docentes superior ao dos programas de alta eficiência e também aos de eficiência moderada. Este resultado sugere que, embora contem com maior disponibilidade de corpo docente, esses programas não conseguem converter esse insumo em resultados proporcionais, o que indica uma possível subutilização de recursos humanos ou ineficiências na gestão de orientações, produção acadêmica ou organização interna.

O Gráfico 5b mostra a média de bolsas concedidas por categoria. Destaca-se que

os programas de baixa eficiência concentram uma média de bolsas superior à dos programas eficientes e moderadamente eficientes. Isso reforça a percepção de que há uma distorção na relação entre apoio financeiro concedido e a capacidade de transformação desse apoio em *outputs* acadêmicos relevantes. Por outro lado, programas de alta eficiência alcançam resultados expressivos mesmo operando, em média, com menor volume de bolsas, evidenciando melhor aproveitamento dos recursos concedidos aos discentes.

No Gráfico 5c, observa-se a média de recursos financeiros totais. O padrão se repete: os programas de baixa eficiência apresentam maiores médias de recursos disponíveis quando comparados aos demais grupos. Já os programas de alta eficiência demonstram que, mesmo com menor aporte de recursos, conseguem maximizar a produtividade acadêmica, o que sugere práticas de gestão mais eficazes e possivelmente maior integração entre docentes, discentes e projetos de pesquisa.

Por fim, o gráfico 5d ilustra a média de discentes por categoria de eficiência. De forma semelhante aos demais insumos, constata-se que os programas de baixa eficiência concentram mais estudantes em média, mas ainda assim não atingem o nível de eficiência esperado. Isso pode indicar desafios relacionados à supervisão de orientações, distribuição de carga entre docentes e qualidade das defesas de teses e dissertações. Já os programas de alta eficiência operam com contingentes de discentes comparativamente menores, mas com melhores resultados proporcionais.

De forma geral, os quatro gráficos evidenciam um padrão recorrente: os programas de baixa eficiência contam, em média, com mais insumos — seja em termos de docentes, bolsas, recursos financeiros ou discentes —, mas não convertem essa estrutura em desempenho acadêmico proporcional. Por outro lado, os programas de alta eficiência se destacam pela capacidade de gerar mais resultados com menos recursos, o que ressalta a importância de práticas de gestão mais eficazes, estratégias de orientação mais integradas e políticas institucionais voltadas à melhoria do aproveitamento dos insumos já disponíveis.

Os Gráficos 6 a seguir demonstram a distribuição das médias dos *outputs* pelos programas de pós-graduação, conforme sua classificação de eficiência: alta eficiência (escore 1), eficiência moderada (escore entre 0,5 e 0,99) e baixa eficiência (escore abaixo de 0,5). A análise evidencia como cada categoria se comporta em relação à produção de patentes, teses e dissertações, produtos, aplicativos, artigos e publicações em anais.

Gráficos 6. Média dos valores dos *outputs* por categoria de eficiência: (a) patentes; (b) teses e dissertações; (c) produtos; (d) aplicativos; (e) artigos em periódicos; (f) publicações em anais e (g) livros.



Fonte: Elaboração Própria.

O Gráfico 6a mostra que os programas de alta eficiência apresentam a maior média de patentes, superando 2 patentes por programa, enquanto os de eficiência moderada

registram uma média significativamente inferior, próxima de 1. Já os de baixa eficiência não apresentam registros médios relevantes. Isso sugere que a geração de patentes é uma característica marcante dos programas mais eficientes, refletindo maior capacidade de transformação do conhecimento em inovação tecnológica protegida.

Observa-se que os programas de alta eficiência têm também a maior média de teses e dissertações defendidas (Gráfico 6b), superando 20 por programa. Programas de eficiência moderada ficam próximos, mas um pouco abaixo, enquanto os de baixa eficiência apresentam médias mais baixas. Isso evidencia que a capacidade de formação de mestres e doutores é um diferencial dos programas mais bem avaliados.

O Gráfico 6c revela que a produção de produtos tecnológicos ou inovadores também é maior nos programas de alta eficiência, ultrapassando 2 produtos em média por programa. Os de eficiência moderada têm média inferior a 1, e os de baixa eficiência praticamente não apresentam resultados expressivos nesse indicador. Assim como as patentes, os produtos reforçam a força dos programas mais eficientes em gerar resultados aplicáveis.

Verifica-se padrão semelhante com relação ao desenvolvimento de aplicativos. Os programas de alta eficiência concentram a maior média de desenvolvimento de aplicativos (próxima de 2), seguidos pelos de eficiência moderada, que se situam em torno de 1. Programas de baixa eficiência têm desempenho bastante reduzido nesse aspecto, reforçando a correlação entre eficiência elevada e geração de soluções tecnológicas (Gráfico 6d)..

O Gráfico 6e destaca que, em relação aos artigos científicos em periódicos, os programas de alta eficiência e baixa eficiência apresentam médias semelhantes, ambas superiores a 300 artigos, enquanto os de eficiência moderada ficam abaixo. Essa configuração indica que, embora a publicação acadêmica seja alta inclusive em alguns programas de baixa eficiência, isoladamente ela não garante uma boa posição na fronteira de eficiência, pois depende também da relação com os insumos utilizados.

O Gráfico 6f mostra que, quanto às publicações em anais de eventos, os programas de alta eficiência lideram novamente, com média superior a 150. Os de eficiência moderada vêm em seguida, enquanto os de baixa eficiência apresentam a menor média. Essa diferença reforça que a produção científica diversificada é um dos fatores que distingue os programas mais eficientes.

Por fim, considerando o indicador de livros publicados, o Gráfico 6g revela que os programas de alta eficiência também se destacam, com média próxima de 120 livros por

programa. Já os de baixa eficiência apresentam uma média inferior, em torno de 90 livros, enquanto os de eficiência moderada ficam ainda abaixo, com média próxima de 75 livros. Esses números indicam que, embora a publicação de livros seja significativa mesmo em programas menos eficientes, os mais eficientes conseguem potencializar esse resultado, consolidando sua contribuição para a produção e a disseminação do conhecimento em formatos diversificados.

Em síntese, os gráficos evidenciam que os programas classificados como de alta eficiência tendem a registrar maior geração de resultados em praticamente todos os tipos de outputs analisados, sinalizando maior capacidade de transformar insumos em produção acadêmica e tecnológica relevante. Por outro lado, os programas de baixa eficiência revelam limitações claras, principalmente nos indicadores de inovação, sugerindo oportunidades de fortalecimento por meio de estratégias de estímulo à produção de patentes, produtos e soluções aplicadas.

Assim, os resultados da DEA aplicada à UFRJ reafirmam o potencial dessa metodologia como ferramenta de apoio à gestão e ao planejamento estratégico, ao evidenciar de forma objetiva quais áreas demandam maior suporte institucional e quais podem servir como referência de boas práticas internas. De modo geral, os achados ressaltam a heterogeneidade de desempenho entre os programas, revelando tanto núcleos de excelência que podem funcionar como modelo para outras iniciativas, quanto áreas críticas que exigem atenção prioritária. Ao possibilitar a comparação entre programas com níveis distintos de eficiência, a DEA se consolida como instrumento relevante para fortalecer uma gestão baseada em evidências e incentivar a cultura de melhoria contínua na pós-graduação da universidade.

7.3 Análise comparativa entre os resultados da UnB e UFRJ

A comparação entre os resultados da Análise Envoltória de Dados (DEA) aplicada aos programas de pós-graduação da Universidade de Brasília (UnB) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) permite evidenciar padrões, convergências e especificidades no desempenho relativo de ambas as instituições.

No caso da UnB, dos 93 programas avaliados, 42 apresentaram escore de eficiência igual a 1, correspondendo a 45,2% do total. Já na UFRJ, 61 programas foram classificados como plenamente eficientes entre 123 analisados, representando 49,6% do conjunto. A proporção semelhante sugere que ambas as instituições possuem núcleos consolidados de excelência na gestão de recursos e na produção acadêmica, ainda que operem em contextos institucionais, regionais e de porte distintos.

No nível dos *inputs*, observa-se a utilização de variáveis comparáveis, como quantidade de docentes, número de discentes, volume de bolsas de estudo e recursos financeiros aplicados em pesquisa, permitindo maior uniformidade de análise. Entretanto, nuances específicas de cada universidade impactam a eficiência: a UFRJ, por exemplo, concentra programas tradicionais e consolidados em áreas de pesquisa de fronteira — como Engenharia Química, Polímeros, Nanotecnologia, Bioquímica e Neurociências — com forte ênfase em inovação tecnológica; enquanto a UnB evidencia uma distribuição mais ampla de áreas de alta eficiência, incluindo programas interdisciplinares, educação, ciências humanas aplicadas, políticas públicas e gestão.

No que se refere à produtividade acadêmica, observa-se um conjunto de indicadores que refletem diferentes dimensões do desempenho, como a geração de dissertações, teses, artigos, livros, produtos, patentes e iniciativas inovadoras. Nesse cenário, a UFRJ apresenta uma maior concentração de programas eficientes em Engenharias, Ciências da Saúde e Tecnológicas, o que se relaciona à sua infraestrutura robusta de laboratórios, redes de pesquisa consolidadas e histórico consistente de captação de recursos. Já a UnB se destaca pela presença de programas interdisciplinares e por temas alinhados a agendas contemporâneas, como Sustentabilidade, Povos e Territórios Tradicionais, Meio Ambiente, Desenvolvimento Rural e Propriedade Intelectual — enfatizando uma vertente de inovação social e integração regional.

A análise dos programas de eficiência moderada também revela aspectos importantes: na UnB, 47 programas (50,5%) situam-se nesta faixa, com escores entre 0,5 e 0,99; enquanto na UFRJ são 59 (48%). Esse cenário indica que ambas as universidades dispõem de margem considerável para avanços, principalmente por meio do

fortalecimento de redes colaborativas, estímulo à publicação de alto impacto, aprimoramento de processos de orientação e maior racionalidade na aplicação dos recursos disponíveis.

No patamar de baixa eficiência, a UnB apresenta apenas quatro programas com escores abaixo de 0,5, enquanto a UFRJ conta com três. Apesar de pouco representativos em número absoluto, esses casos requerem atenção especial, pois sinalizam uma relação menos favorável entre recursos utilizados e resultados alcançados, exigindo intervenções direcionadas, revisão de processos e, em alguns casos mais graves, até uma reavaliação da viabilidade de continuidade do programa.

Em síntese, a comparação entre UnB e UFRJ reforça que, embora inseridas em realidades distintas, ambas apresentam núcleos de excelência consolidados, áreas com potencial para avanços incrementais e pequenos grupos de programas que demandam reestruturações mais profundas. Este diagnóstico conjunto oferece subsídios valiosos para o intercâmbio de experiências entre as instituições, estimulando o compartilhamento de boas práticas de gestão, estratégias de financiamento, atração de recursos e ações de internacionalização, contribuindo para o fortalecimento do sistema nacional de pós-graduação.

7.4 Análise Comparativa entre a Eficiência técnica obtida com a DEA e Avaliação CAPES

A comparação entre o conceito atribuído pela CAPES aos programas de pós-graduação e os resultados obtidos por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA) revela nuances importantes sobre a eficiência relativa das unidades acadêmicas da Universidade de Brasília (UnB) no contexto da inovação e desempenho técnico.

O conceito CAPES, baseado em critérios qualitativos e quantitativos amplos como produção científica, corpo docente, infraestrutura e impacto acadêmico, apresenta uma fotografia da reputação e maturidade institucional dos programas. Já o índice de eficiência obtido pela DEA, por outro lado, foca na performance relativa a partir da combinação de insumos e produtos (como patentes, produtos, aplicativos e outros ativos de propriedade intelectual), oferecendo uma visão mais operacional e focada na produtividade inovativa.

Ao observar o ranking CAPES, nota-se que unidades como PPG em Química, Física, e Biologia Molecular apresentam conceitos elevados (conceito 6 ou 7), demonstrando excelência acadêmica reconhecida nacionalmente. Contudo, na análise DEA, essas mesmas unidades, no entanto, não figuram entre os 42 programas

classificados com eficiência máxima. Isso sugere que, embora possuam reconhecimento acadêmico elevado, podem não estar otimizando seus recursos em termos de geração de ativos inovadores de forma tão eficaz quanto outras unidades.

Por outro lado, unidades como o PPG em Ciências Mecânicas e Engenharia Elétrica, que aparecem com conceitos intermediários na CAPES (conceito 4 ou 5), demonstraram elevada eficiência técnica na DEA. Isso indica um uso altamente racional de recursos disponíveis, convertendo-os em maior produção de ativos tecnológicos com menor desperdício. Tais unidades revelam uma relação custo-benefício favorável, o que pode refletir uma gestão mais voltada à inovação aplicada.

A análise também evidencia casos em que o alto conceito CAPES se alinha com a eficiência técnica, destacando especialmente os programas de pós-graduação em Economia, Direito e Ciência Política, que figuram tanto entre os detentores das notas mais altas (6 e 7) quanto no grupo de alta eficiência da DEA. Esse alinhamento indica que tais programas não apenas mantêm elevados padrões acadêmicos, mas também demonstram capacidade consistente de transformar recursos em resultados relevantes para a inovação.

A correlação entre os dois rankings permite afirmar que o conceito CAPES não é necessariamente um indicador direto da eficiência técnica em termos de produção de inovação, sendo possível observar discrepâncias significativas entre as duas análises. A DEA contribui, portanto, como uma ferramenta complementar que pode orientar ações estratégicas para alavancar a produtividade inovadora, especialmente em programas já consolidados, mas com eficiência técnica ainda abaixo do potencial.

Essa análise pode servir como subsídio para identificar boas práticas nas unidades mais eficientes e fomentar sua disseminação institucional. Também pode orientar ações de apoio às unidades com alto conceito acadêmico, mas com desempenho técnico inferior, incentivando a revisão de processos internos. Além disso, os resultados oferecem base para a priorização de investimentos estratégicos em áreas com desempenho relativo destacado, contribuindo para o fortalecimento da inovação orientada por evidências de eficiência.

7.5 Limitações do Modelo DEA proposto

Embora o modelo DEA tenha se mostrado útil para avaliar a eficiência relativa dos Programas de Pós-Graduação (PPGs) da UnB e da UFRJ, é importante destacar algumas

limitações metodológicas e estruturais que impactam a interpretação dos resultados.

7.5.1 Colinearidade e Multicolinearidade

A DEA pressupõe que as variáveis de entrada e saída representem dimensões distintas da eficiência. Quando existe colinearidade ou multicolinearidade entre essas variáveis, a fronteira eficiente estimada pode ser distorcida, resultando em escores que não refletem com precisão a realidade operacional das unidades. Por exemplo, se duas variáveis de saída estiverem altamente correlacionadas, o modelo pode superestimar a eficiência de certos PPGs. Estudos destacam que a presença de multicolinearidade reduz a confiabilidade dos resultados e pode exigir a seleção criteriosa de indicadores para evitar redundâncias (Cooper, Seiford & Tone, 2007).

7.5.2 Risco de fronteira enviesada

O DEA constrói uma fronteira de eficiência a partir dos dados observados, o que torna os resultados sensíveis à qualidade e à representatividade da amostra. **Outliers** ou unidades extremas podem “alavancar” a fronteira, gerando uma avaliação enviesada das demais unidades. Além disso, o recorte específico adotado neste estudo (anos analisados, unidades incluídas e variáveis selecionadas) pode influenciar a posição relativa dos PPGs na fronteira. Estudos recomendam a utilização de técnicas de análise de sensibilidade e **bootstrap** para avaliar a robustez da fronteira construída (Simar & Wilson, 2007).

7.5.3 Limitação da base de dados: tipos de PPG

A base utilizada não permitiu diferenciar PPGs que oferecem apenas mestrado, apenas doutorado ou ambos. Essa limitação compromete a capacidade de comparar programas com estruturas distintas, uma vez que PPGs de doutorado tendem a ter recursos, produção científica e corpo docente diferenciados em relação aos de mestrado. Consequentemente, a avaliação de eficiência pode não refletir adequadamente as diferenças inerentes à oferta acadêmica dos programas (Färe, Grosskopf & Lovell, 1994).

7.5.4 Aprofundamento na causalidade plausível

A DEA é uma metodologia não paramétrica, que identifica a eficiência relativa, mas

não permite inferir relações causais entre entradas e saídas. Ou seja, um PPG pode ser classificado como eficiente, mas o modelo não explica quais fatores específicos contribuíram para esse desempenho. Para compreender a causalidade plausível, seria necessário complementar a análise com métodos econométricos ou estudos de caso que identifiquem os determinantes estruturais e contextuais da eficiência (Cooper, Seiford & Tone, 2007).

7.5.5 Estratificação dos PPGs

O modelo aplicado não considerou a estratificação por área de conhecimento, porte ou características específicas dos programas. Essa abordagem uniforme pode levar a comparações inadequadas entre PPGs com perfis distintos, como programas altamente especializados versus programas generalistas. A estratificação permitiria uma análise mais precisa e justa da eficiência, respeitando a heterogeneidade das unidades analisadas (Tone, 2001).

8. CONCLUSÃO

A abordagem adotada mostrou-se pertinente e eficaz, permitindo a análise consistente de indicadores relacionados à geração de conhecimento inovador e à produção acadêmica nos programas de pós-graduação da Universidade de Brasília (UnB) e da Universidade federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Os resultados obtidos evidenciaram o potencial da metodologia utilizada para subsidiar a tomada de decisão estratégica nas instituições de ensino superior, ao fornecer informações robustas e comparáveis sobre a eficiência relativa e o desempenho inovador dos programas avaliados. Além disso, o estudo possibilitou a identificação de boas práticas, lacunas e oportunidades de melhoria, contribuindo para o aprimoramento da gestão da inovação no contexto universitário.

A utilização de dados abertos da CAPES e a aplicação de um modelo quantitativo estruturado permitiram identificar não apenas a viabilidade técnica do projeto, mas também agregaram valor científico e institucional à análise. A experiência de execução revelou que a abordagem adotada pode ser replicada e adaptada para outros contextos educacionais, reforçando seu caráter aplicável e inovador.

A análise realizada por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA) constitui um passo inicial importante na mensuração do desempenho inovador. No entanto, há amplas possibilidades de aprimoramento e expansão do estudo, tanto em termos metodológicos quanto no escopo da base de dados utilizada. A seguir, são elencadas as principais perspectivas para aprofundar e enriquecer futuras pesquisas.

- Ampliação das Variáveis de Entrada e Saída.

Uma primeira vertente de aprofundamento envolve o refinamento e ampliação das variáveis analisadas. É recomendável incluir indicadores mais diversificados e representativos da inovação universitária, como:

- captação de recursos externos por meio de convênios, editais e Fundações de Apoio;
- parcerias com empresas, órgãos públicos e organizações do terceiro setor;
- indicadores de qualidade acadêmica, como nota da CAPES, índice h dos docentes e fator de impacto dos periódicos onde os programas publicam;
- indicadores de internacionalização, como participação em projetos colaborativos internacionais, mobilidade acadêmica e publicações com coautoria estrangeira.

Essas variáveis podem fornecer uma visão mais rica e precisa da capacidade inovadora das universidades, permitindo uma avaliação mais robusta. Além disso, outros pontos podem ser considerados, como os elencados abaixo.

- Inclusão de Mais Universidades

Para ampliar o escopo comparativo e fortalecer a generalização dos resultados, recomenda-se a expansão do estudo para abranger outras universidades federais ou instituições de ensino superior que se destaquem em inovação. Essa ampliação permitirá não apenas identificar benchmarks nacionais, mas também entender padrões regionais e institucionais que influenciam a performance inovadora.

- Aprimoramento Metodológico do Modelo DEA

Do ponto de vista técnico, existem diversas alternativas para aprimorar a aplicação da análise envoltória de dados (DEA), tais como:

- testar diferentes orientações do modelo (orientado à entrada ou à saída) e diferentes retornos de escala (modelo CRS, por exemplo);
- aplicar técnicas de reamostragem por reposição (***bootstrapping***) para verificar a robustez dos resultados e construir intervalos de confiança;
- realizar análises de sensibilidade, como a exclusão de DMUs influentes, a fim de testar a estabilidade dos resultados;
- agrupar as DMUs por área do conhecimento (exatas, humanas, biológicas etc.) e

realizar análises por cluster, para verificar padrões setoriais de eficiência;

- utilizar DEA *Cross-Efficiency*, permitindo uma avaliação mais equilibrada e menos enviesada entre as DMUs.

Além disso, pode-se considerar a incorporação de técnicas complementares, como o Índice de Malmquist, para avaliar a evolução temporal da eficiência, e modelos de regressão Tobit, a fim de investigar fatores explicativos externos que influenciam os escores de eficiência.

- Consolidação de Base de Dados Nacional

Dada a fragmentação atual das informações sobre inovação universitária, o desenvolvimento de uma base de dados estruturada, padronizada e nacionalmente comparável representa um passo estratégico. A padronização dos indicadores e dos critérios de coleta permitirá comparações mais confiáveis entre instituições, além de fomentar políticas públicas baseadas em evidências.

- Apoio à Tomada de Decisão e Formulação de Políticas

Ao identificar áreas de excelência e pontos de melhoria, os resultados futuros desse estudo poderão fornecer subsídios valiosos para a formulação de estratégias institucionais e políticas públicas que promovam o fortalecimento da inovação nas universidades brasileiras. O estímulo a parcerias estratégicas, à cultura de inovação e ao uso eficiente dos recursos institucionais poderá gerar impactos positivos diretos na sociedade e no desenvolvimento nacional.

Dessa forma, conclui-se que o trabalho cumpriu seus objetivos com êxito e oferece uma contribuição relevante ao fortalecimento do ambiente de inovação, não só na Universidade de Brasília mas em outras instituições de ensino superior, promovendo a adoção de estratégias baseadas em evidências e o incentivo ao avanço científico e tecnológico nas diversas áreas de conhecimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Robson Lopes de; MARICATO, João de Melo. A produção científica sobre indicadores de inovação em universidades e suas contribuições teóricas: uma revisão sistemática na base SCOPUS. *Informação & Informação*, v. 27, n. 2, p. 169, 2022. Disponível em: <<https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/45537>>.

ALMEIDA, Robson Lopes de; MARICATO, João de Melo. Explorando Conceitos e Métricas de Inovação no Contexto das Universidades. 2021. Disponível em: <<https://brapci.inf.br/index.php/res/download/161688>>.

AMARAL, Marcelo; RENAULT, Thiago. A Hélice Quíntupla das Relações Universidade-Empresa-Governo-Sociedade-Ambiente. *Revista de Administração Sociedade e Inovação*. v. 5 n. 2, 2019.

Disponível em: < A Hélice Quíntupla das Relações Universidade-Empresa-Governo-Sociedade-Ambiente | Revista de Administração, Sociedade e Inovação (uff.br) >

ANDERSON, T. R., DAIM, T. U., & LAVOIE, F. F. Measuring the efficiency of university technology transfer. *Technovation*, 27(5), 306-318. 2007.

BARANSON, J. Technology Transfer through the International Firms. *American Economic Review Papers and Proceedings*, 435-440, 1970.

BLASS, E., HAYWARD, P. Innovation in higher education; will there be a role for “the academe/university” in 2025?. *Eur J Futures Res* 2, 41, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s40309-014-0041-x> >

BOZEMAN, Barry; BOARDMAN, Craig. Research collaboration and team science: A state-of-the-art review and agenda. Springer Science+Business Media, 2014.

BRASIL, Lei nº 3.998, de 15 de Dezembro de 1961. Autoriza o Poder Executivo a instituir a Fundação Universidade de Brasília, e dá outras providências. Brasília-DF, 1961. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l3998.htm>

BRASIL. Lei n.º 9.609, de 19 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre a proteção da

propriedade intelectual de programa de computador, sua comercialização no País, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 20 fev. 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9609.htm. Acesso em: 23 maio 2024.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9279.htm. Acesso em: 26 maio 2024.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 27 maio 2024.

BRASIL. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm. Acesso em: 26 março 2025.

CAMILLO, E. V.; FURTADO, A. T.; QUADROS, R.; DOMINGUES, S. A.; INÁCIO Jr, E.; RIGHETTI, S. Indicadores de Resultado Aplicados à Indústria: Um exercício a partir dos Dados do Índice Brasil de Inovação. *XII Seminario Latino - Iberoamericano de Gestión Tecnológica*, Altec, 26-28 setembro de 2007.

CLARK, Burton R. Creating entrepreneurial universities: organizational pathways of transformation. *Issues in Higher Education*, 1998.

CHARNES, A., COOPER, W.W., & RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444, 1978.

COELLI, T. J., RAO, D. S. P., O'DONNELL, C. J., & BATTESE, G. E. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. New York: Springer. 2005.

COOPER, W. W., SEIFORD, L. M., & ZHU, J. *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers. 2004.

COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; TONE, Kaoru. Data Envelopment Analysis - A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software. Springer Science & Business Media, 2006.

DAIM, Tugrul U.; RUEDA, Gabriela; MARTIN, Hernan. Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 79, n. 1, p. 152-162, 2012.

ETZKOWITZ, Henry; LEYDESDORFF, Loet. The dynamics of innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, v. 29, n. 2, p. 109-123, 2000.

ETZKOWITZ, Henry; ZHOU, Chunyan. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. *Revista Estudos Avançados – USP*, v. 31. N. 90, 2017. Disponível em: < Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo | Estudos Avançados (usp.br) >

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; LOVELL, C. A. K. *Production Frontiers*. Cambridge University Press, 1994.

FARIA, F. P.; JANNUZZI, P. de M.; SILVA, S. J. da. Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 42, n. 1, p. 155 a 180, 2008. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rap/article/view/6629>. Acesso em: 2 abr. 2024.

FARRELL, M.J. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, 120(3), 253-290. 1957.

GRILICHES, Z. Patent Statistics an Economic Indicator: Survey part I, **NBER Working Paper Series**, Working Paper no. 3301, National Bureau of Economic Research, Cambridge, March, 1990.

HIRSCH, J.E., "An index to quantify an individual's scientific research output", *Proceedings*

of the National Academy of Sciences, v. 102, n. 46, p. 16569–16572, 2005.

HORTA, Hugo. Measuring the performance of academic institutions: A critical review. *The International Journal of Higher Education Research*, v. 62, n. 5, p. 569-593, 2010.

HUNG-YI, Wu et al. Innovation capital indicator assessment of Taiwanese Universities: A hybrid fuzzy model application. *Expert Systems with Applications*, v. 37, n. 2, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. O que é uma Patente? Disponível em: <<https://www.gov.br/inpi/pt-br/acesso-a-informacao/perguntas-frequentes/patentes#patente>>. Acesso em: 23 maio 2024.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. Manual de Desenhos Industriais. Disponível em: <<http://manualdedi.inpi.gov.br/projects/manual-de-desenho-industrial/>>. Acesso em: 26 maio 2024.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. Manual de Marcas. Disponível em: <<https://manualdemarcas.inpi.gov.br>>. Acesso em: 26 maio 2024.

JOHNES, J. Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. *Economics of Education Review*, 25(3), 273-288. 2006.

LEYDESDORFF, L., & WAGNER, C. S. Is the United States losing ground in science? A global perspective on the world science system. *Scientometrics*, 78(1), 23-36. 2009.

LOPES, Ana Lúcia Miranda; LORENZETT, João Roberto; PEREIRA, Maurício Fernandes. Data envelopment analysis (DEA) como ferramenta para avaliação do desempenho da gestão estratégica. *Revista Universo Contábil*, Blumenau, v. 7, n. 3, p. 77-94, jul./set. 2011.

MARIANO, E. B. Sistematização e comparação de técnicas, modelos e perspectivas não-paramétricas de análise de eficiência produtiva (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo). 2008.

NORDBERG, K. Enabling Regional Growth in Peripheral Non-University Regions-The Impact of a Quadruple Helix Intermediate Organization. *Journal of the Knowledge Economy*, 6 (2), p. 334-356. DOI: 10.1007/s13132-015-0241-z, 2015.

OCDE, "Manual de Oslo: Diretrizes para Coleta, Relato e Uso de Dados sobre Inovação", 2018.

OCDE, "Frascati Manual: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development", 2015.

PEÑA, Carlos Rosano. Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA). *Revista de Administração Contemporânea*, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 83-106, mar. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rac/v12n1/a05v12n1.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2024.

PEÑA, Carlos Rosano. *Eficiência e produtividade no Setor Público*. Brasília: Face/UnB, 2016.

PEREIRA, Adriano Barbosa; *A Eficiência dos Programas de Pós-graduação em Administração, Ciências Contábeis e Turismo e seus determinantes*. Brasília-DF, 2023.

PERKMANN, Markus et al. Academic engagement and commercialisation: A review of the literature on university-industry relations. *Research Policy*, v. 42, n. 2, p. 423-442, 2013.

RAMANATHAN, R. *An Introduction to Data Envelopment Analysis: A Tool for Performance Measurement*. Sage Publications. 2005.

SALTER, Ammon; MARTIN, Ben R. The economic benefits of publicly funded basic research: A critical review. *Research Policy*, v. 30, n. 3, p. 509-532, 2001.

SANTOS, Bruna de Oliveira. *Proposta de Indicadores de Inovação no Plano de Desenvolvimento Institucional do IF Goiano*. Brasília-DF, 2019.

SCHUMPETER, Joseph A. *Capitalismo, Socialismo e Democracia*. São Paulo: Editora da

Unesp, 2017.

SIMAR, L.; WILSON, P. W. "Statistical inference in nonparametric frontier models: The state of the art." *Journal of Productivity Analysis*, v. 28, n. 1, p. 1–31, 2007.

TONE, K. "A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis." *European Journal of Operational Research*, v. 130, n. 3, p. 498–509, 2001.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) 2023-2028. Disponível em: https://planejamento.unb.br/images/Central_de_Conteúdos/PDI_UnB__2023_2028.pdf >. Acesso em: 24 maio 2024.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Resolução nº 06/2020, de 11 de fevereiro de 2020. Dispõe sobre a Política de Inovação da Universidade de Brasília. Disponível em: <https://www.pctec.unb.br/documentos/124-resolucao-06-2020>>. Acesso em: 25 março 2025.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Relatório de Gestão 2022. Brasília-DF, 2022. Disponível em: https://dpo.unb.br/images/dpl/2022/RG_UnB_2022_Atualizado_170423.pdf>.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Relatório de Gestão 2023. Brasília-DF, 2023. Disponível em: https://www.dpo.unb.br/images/dpl/2024/Relatorio_de_Gesto_UnB_2023.pdf>.

APÊNDICES

APÊNDICE A – MATRIX FOFA (SWOT)

Forças (*Strengths*)

- A relevância do tema: o trabalho aborda uma questão de grande importância, considerando a necessidade de compreender e mensurar os índices de inovação na UnB.
- Potencial impacto: os resultados do trabalho têm o potencial de contribuir para a promoção da inovação dentro da UnB, impulsionando o desenvolvimento socioeconômico da instituição e do país.
- Metodologia robusta: o trabalho empregará metodologias sólidas de coleta e análise de dados, garantindo a confiabilidade e a precisão das informações obtidas.
- Aplicabilidade: a ferramenta construída poderá ser aplicada a outros setores e serviços, não só em universidades como em outros serviços públicos e privados.

Fraquezas (*Weaknesses*)

- Limitações de recursos: o trabalho pode enfrentar desafios em relação a restrições de tempo, e acesso a informações, o que pode impactar a abrangência e a profundidade da pesquisa.
- Dependência da disponibilidade de dados: a disponibilidade e a qualidade dos dados sobre os índices de inovação na UnB e demais universidades podem variar, o que pode limitar a comparação e a análise em alguns casos.

Oportunidades (*Opportunities*)

- Lacuna de pesquisa: existe uma lacuna significativa em relação à coleta sistemática de informações sobre os índices de inovação nas universidades, oferecendo uma oportunidade de contribuir para o preenchimento dessa lacuna e fornecer base sólida de dados.
- Impacto social e econômico: o trabalho tem o potencial de influenciar positivamente o desenvolvimento socioeconômico do país, por meio da promoção da inovação e da criação de estratégias mais eficazes nesse contexto.

- Aplicabilidade: a ferramenta construída poderá ser aplicada a outros setores e serviços, não só em universidades como em outros serviços públicos e privados.

Ameaças (*Threats*).

- Obstáculos institucionais: burocracia, resistência à mudança e falta de apoio institucional podem representar desafios ao desenvolvimento e implementação do trabalho.
- Mudanças de contexto: alterações nas políticas governamentais, restrições financeiras ou mudanças no ambiente acadêmico podem afetar a relevância e a viabilidade do trabalho ao longo do tempo.

Matriz SWOT



Fonte: Elaboração própria.

Ao considerar a matriz SWOT para o trabalho sobre a mensuração dos índices de inovação na UnB, é essencial maximizar as forças e oportunidades, mitigar as fraquezas e ameaças, e tomar medidas estratégicas para enfrentar os desafios e garantir o sucesso da pesquisa.

APÊNDICE B – MODELO DE NEGÓCIO CANVAS

Segmentos de Clientes

UnB e Sociedade. São os principais clientes do trabalho, pois são o foco da pesquisa e se beneficiarão diretamente dos resultados e recomendações.

Proposta de Valor.

Mensuração de índices de inovação. O trabalho oferece uma proposta de valor única ao fornecer uma análise abrangente e detalhada dos índices de inovação na UnB permitindo a compreensão e identificação de áreas de melhoria.

Base para decisões estratégicas.

Os resultados e as recomendações do trabalho fornecem uma base sólida para a UnB tomar decisões estratégicas sobre o fomento da inovação e o desenvolvimento de políticas eficazes.

Canais.

Pesquisa direta. A coleta de dados e informações sobre os índices de inovação pode ser realizada por meio de pesquisas diretas realizadas na UnB, envolvendo pesquisadores, gestores e outros *stakeholders*.

Parcerias institucionais. O trabalho pode estabelecer parcerias com instituições acadêmicas, órgãos governamentais e outras organizações relacionadas para obter acesso a dados e informações relevantes.

Relacionamento com Clientes.

Colaborativo. O trabalho busca um relacionamento colaborativo com a UnB e outras universidades, envolvendo-as em todo o processo de pesquisa, compartilhando resultados preliminares e ouvindo suas necessidades e **feedbacks**.

Fontes de Receita.

Não se aplica.

Recursos-Chave.

Colaboradores do trabalho. Colaboradores com conhecimento e experiência em inovação, metodologias de pesquisa e acesso a banco de dados relevantes serão essenciais para a realização do trabalho.

Acesso a Dados e Informações. Acesso a dados e informações relevantes sobre a UnB e seus índices de inovação é crucial para a realização da pesquisa.

Atividades-Chave.

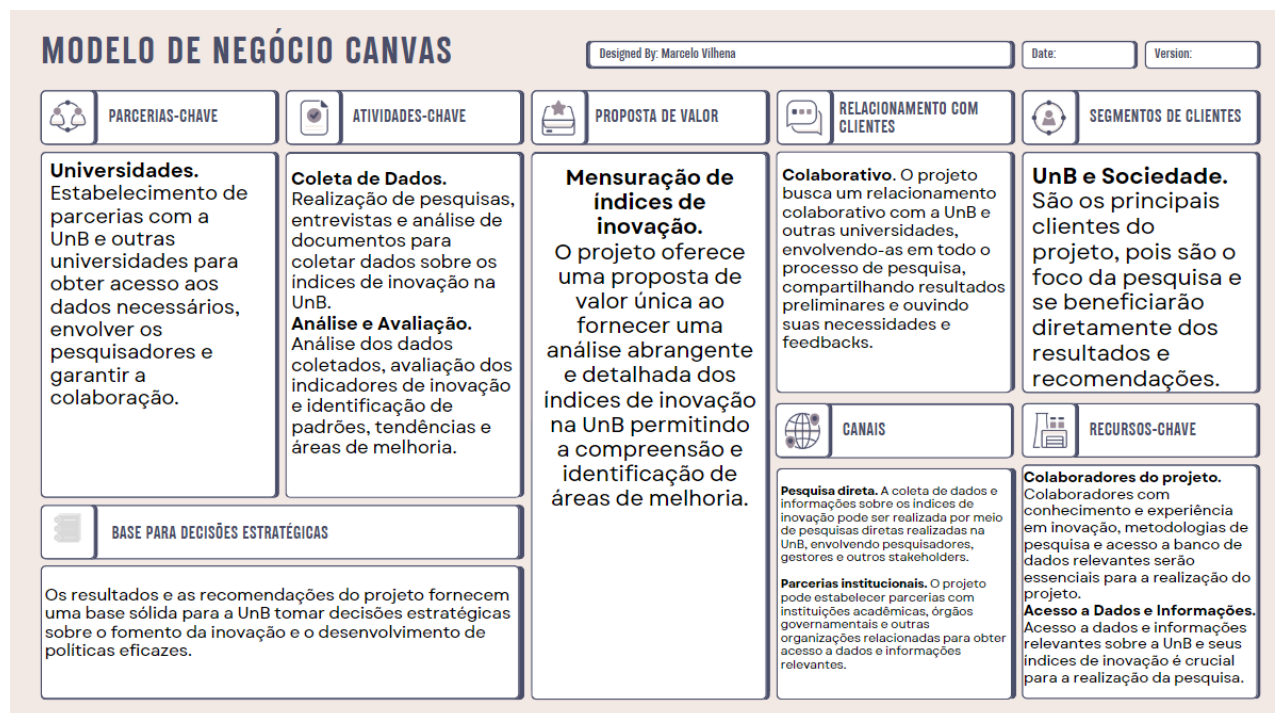
Coleta de Dados. Realização de pesquisas, entrevistas e análise de documentos para coletar dados sobre os índices de inovação na UnB.

Análise e Avaliação. Análise dos dados coletados, avaliação dos indicadores de inovação e identificação de padrões, tendências e áreas de melhoria.

Parcerias-Chave.

Universidades. Estabelecimento de parcerias com a UnB e outras universidades para obter acesso aos dados necessários, envolver os pesquisadores e garantir a colaboração.

Modelo de Negócio Canvas



Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE C – SCRIPT PARA O MODELO DEA (R STUDIO)

```
# Instalar pacotes necessários para a análise DEA
install.packages("Benchmarking")
install.packages("writexl")
install.packages("ggplot2")

# Carregar biblioteca necessária para a análise DEA
library(Benchmarking)
library(readxl)
library(writexl)

# Carregar a base de dados correta
Dadosv5 <- read_excel("Dadosv5.xlsx")

# Verificar a estrutura dos dados
str(Dadosv5)
colnames(Dadosv5)
View(Dadosv5)

# Definir inputs e outputs (certificando-se de que são numéricos)
inputs <- as.matrix(Dadosv5[, c("DOCENTES", "DISCENTES", "Recursos", "Bolsas")])
outputs <- as.matrix(Dadosv5[, c("Teses_e_Dissert", "Patentes", "Produtos", "Aplicativos",
"ARTIGO_EM_PERIODICO", "PUBLI_ANAIS", "LIVROS" )])

# Verificar se inputs e outputs são numéricos
print(inputs)
print(outputs)

# Nomes das Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs)
dmus <- Dadosv5$DMUn
print(dmus)

#Execute a análise DEA orientada a minimizar os inputs:
dea_result5 <- dea(X = inputs, Y = outputs, RTS = "vrs", ORIENTATION = "out")

# Exemplo de análise DEA com o modelo VRS (Variable Return to Scale)
dea_result5 <- dea(X = inputs, Y = outputs, RTS = "vrs")

# Acessando os escores de eficiência
eficiencia <- dea_result5$eff

# Criar um data.frame com DMUs e eficiências
resultados_v5 <- data.frame(
  DMU = dmus,          # Nome das Unidades (DMUs)
  Eficiencia = eficiencia # Resultados da DEA
)

# Visualizar o DataFrame
View(resultados_v5)

# Salvar os resultados em um arquivo de texto
output_file <- "resultados_v5.txt"
write.table(resultados_v5, file = output_file, sep = "\t", row.names = FALSE, col.names = TRUE)
```


Salvar os resultados em um arquivo Excel

```
write_xlsx(resultados_v5, "resultados_v5.xlsx")
```

Mensagem de conclusão

```
cat(paste("Resultados salvos em", output_file, "e resultados_v5.xlsx\n"))
```

```
cat("Pressione Enter para fechar o programa...")
```

```
invisible(readLines("stdin", n = 1))
```

Carregar pacotes necessários para plotar os gráficos

```
library('ggplot2')
```

Criar o gráfico

```
ggplot(resultados_v5, aes(x = reorder(DMU, Eficiencia), y = Eficiencia)) +  
  geom_col(fill = "steelblue") + # Barras preenchidas  
  geom_text(aes(label = round(Eficiencia, 2)), vjust = -0.5) + # Rótulos das barras  
  labs(title = "Eficiência dos Programas de Pós-Graduação da UnB",  
        x = "Programa",  
        y = "Eficiência (0 a 1)") +  
  theme_minimal() +  
  coord_flip() # Inverter para ficar horizontal
```

```
library(dplyr) # Certifique-se de carregar o dplyr para usar `mutate()`
```

Criar uma nova coluna no data.frame com as cores

```
resultados_v5 <- resultados_v5 %>%  
  mutate(cor = case_when(  
    Eficiencia == 1 ~ "green",  
    Eficiencia >= 0.5 & Eficiencia < 1 ~ "yellow",  
    TRUE ~ "red"  
  ))
```

Converter a coluna `cor` para fator

```
resultados_v5$cor <- factor(resultados_v5$cor, levels = c("green", "yellow", "red"))
```

Criar o gráfico

```
ggplot(resultados_v5, aes(x = reorder(DMU, Eficiencia), y = Eficiencia, fill = cor)) +  
  geom_col() + # Barras preenchidas com cores condicionais  
  geom_text(aes(label = round(Eficiencia, 2)), hjust = -0.2, size = 3) + # Ajuste dos rótulos  
  scale_fill_manual(values = c("green" = "green", "yellow" = "yellow", "red" = "red")) + # Definir cores  
  labs(title = "Eficiência dos Programas de Pós-Graduação da UnB",  
        x = "Programa",  
        y = "Eficiência (0 a 1)",  
        fill = "Legenda") + # Adicionar legenda para as cores  
  theme_minimal() +  
  theme(axis.text.y = element_text(size = 6)) + # Reduzir tamanho do texto no eixo Y para evitar  
sobreposição  
  coord_flip() # Inverter para horizontal
```

APÊNDICE D – Rankings de eficiência da UnB e da UFRJ

Ranking de eficiência dos programas de pós-graduação da UnB.

DMU	Eficiência	Categoria
ADMINISTRAÇÃO	1	Alta eficiência
ARQUITETURA E URBANISMO	1	Alta eficiência
BOTÂNICA	1	Alta eficiência
CIÊNCIA POLÍTICA	1	Alta eficiência
CIÊNCIAS AMBIENTAIS	1	Alta eficiência
CIÊNCIAS ANIMAIS	1	Alta eficiência
CIÊNCIAS DA INFORMAÇÃO	1	Alta eficiência
CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO	1	Alta eficiência
CIÊNCIAS DA SAÚDE	1	Alta eficiência
CIÊNCIAS DE MATERIAIS	1	Alta eficiência
CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS EM SAÚDE	1	Alta eficiência
COMPUTAÇÃO APLICADA	1	Alta eficiência
DESIGN	1	Alta eficiência
DIREITO	1	Alta eficiência
DIREITO, REGULAÇÃO E POLÍTICAS PÚBLICAS	1	Alta eficiência
DIREITOS HUMANOS E CIDADANIA	1	Alta eficiência
ECONOMIA	1	Alta eficiência
EDUCAÇÃO	1	Alta eficiência
ENGENHARIA BIOMÉDICA	1	Alta eficiência
ENGENHARIA DE SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO	1	Alta eficiência
ENGENHARIA ELÉTRICA	1	Alta eficiência
ENSINO DE FÍSICA - PROFIS	1	Alta eficiência
ENSINO DE GEOGRAFIA EM REDE	1	Alta eficiência
FITOPATOLOGIA	1	Alta eficiência
GEOGRAFIA	1	Alta eficiência
GEOTECNIA	1	Alta eficiência
GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS - PROFÁGUA	1	Alta eficiência
GESTÃO PÚBLICA	1	Alta eficiência
INTEGRIDADE DE MATERIAIS DA ENGENHARIA	1	Alta eficiência
LITERATURA	1	Alta eficiência
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL	1	Alta eficiência
MÚSICA	1	Alta eficiência
NANOCIÊNCIA E NANOBIOTECNOLOGIA	1	Alta eficiência
PATOLOGIA MOLECULAR	1	Alta eficiência
POLÍTICAS PÚBLICAS PARA INFÂNCIA E JUVENTUDE	1	Alta eficiência
PROFBIO ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL	1	Alta eficiência
PROFNIT - PROPRIEDADE INTELECTUAL E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA INOVAÇÃO	1	Alta eficiência
SAÚDE COLETIVA	1	Alta eficiência
SISTEMAS MECATRÔNICOS	1	Alta eficiência
SUSTENTABILIDADE JUNTO A POVOS E TERRITÓRIOS TRADICIONAIS	1	Alta eficiência
TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS	1	Alta eficiência
ZOOLOGIA	1	Alta eficiência
ARTES VISUAIS	0,991625	Eficiência moderada
ANTROPOLOGIA	0,987708	Eficiência moderada
REDE NACIONAL PARA ENSINO DAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS	0,986204	Eficiência moderada
CIÊNCIAS MECÂNICAS	0,982854	Eficiência moderada
BIOLOGIA ANIMAL	0,970525	Eficiência moderada
TRANSPORTES	0,946315	Eficiência moderada
GEOCIÊNCIAS APLICADAS E GEODINÂMICA	0,939775	Eficiência moderada
DESENVOLVIMENTO, SOCIEDADE E COOPERAÇÃO INTERNACIONAL	0,939433	Eficiência moderada
CIÊNCIAS MÉDICAS	0,929893	Eficiência moderada
POLÍTICA SOCIAL	0,927681	Eficiência moderada
BIOÉTICA	0,923658	Eficiência moderada
AGRONEGÓCIOS	0,905856	Eficiência moderada
FÍSICA	0,899406	Eficiência moderada
PSICOLOGIA CLÍNICA E CULTURA	0,894563	Eficiência moderada
SAÚDE ANIMAL	0,892913	Eficiência moderada
ESTATÍSTICA	0,888806	Eficiência moderada
NUTRIÇÃO HUMANA	0,868934	Eficiência moderada
INFORMÁTICA	0,853688	Eficiência moderada
PSICOLOGIA SOCIAL, DO TRABALHO E DAS ORGANIZAÇÕES (PSTO)	0,851451	Eficiência moderada
ECOLOGIA	0,838855	Eficiência moderada
CIÊNCIAS CONTÁBEIS	0,823368	Eficiência moderada
EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS	0,821765	Eficiência moderada
PSICOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO E ESCOLAR	0,813589	Eficiência moderada
PROFARTES	0,809524	Eficiência moderada
CIÊNCIAS FLORESTAIS	0,773555	Eficiência moderada
ARTES CÊNICAS	0,7571	Eficiência moderada
RELAÇÕES INTERNACIONAIS	0,749829	Eficiência moderada

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA MOLECULAR)	0,746037	Eficiência moderada
CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS	0,745421	Eficiência moderada
COMUNICAÇÃO	0,731676	Eficiência moderada
LINGÜÍSTICA APLICADA	0,731343	Eficiência moderada
ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL	0,729865	Eficiência moderada
ESTUDOS DE TRADUÇÃO	0,725012	Eficiência moderada
LINGÜÍSTICA	0,723873	Eficiência moderada
CIÊNCIAS DO COMPORTAMENTO	0,720897	Eficiência moderada
BIOLOGIA MICROBIANA	0,714013	Eficiência moderada
SOCIOLOGIA	0,695503	Eficiência moderada
ENFERMAGEM	0,677497	Eficiência moderada
EDUCAÇÃO FÍSICA	0,653346	Eficiência moderada
MEDICINA TROPICAL	0,653228	Eficiência moderada
METAFÍSICA	0,649643	Eficiência moderada
GEOLOGIA	0,637151	Eficiência moderada
AGRONOMIA	0,62199	Eficiência moderada
HISTÓRIA	0,567742	Eficiência moderada
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	0,558228	Eficiência moderada
ODONTOLOGIA	0,534954	Eficiência moderada
ESTUDOS COMPARADOS SOBRE AS AMÉRICAS	0,528234	Eficiência moderada
FILOSOFIA	0,491755	Baixa eficiência
QUÍMICA	0,432641	Baixa eficiência
MATEMÁTICA	0,41684	Baixa eficiência
MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL	0,386703	Baixa eficiência

Fonte: Elaboração própria.

Ranking de eficiência dos programas de pós-graduação da UFRJ.

DMU	Eficiência	Categoria
ADMINISTRAÇÃO	1	Alta eficiência
AMBIENTE, SOCIEDADE E DESENVOLVIMENTO	1	Alta eficiência
ARQUEOLOGIA	1	Alta eficiência
ARQUITETURA	1	Alta eficiência
ATENÇÃO PSICOSSOCIAL	1	Alta eficiência
BIOÉTICA, ÉTICA APLICADA E SAÚDE COLETIVA	1	Alta eficiência
BIOQUÍMICA	1	Alta eficiência
BIOTECNOLOGIA VEGETAL E BIOPROCESSOS	1	Alta eficiência
CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO - UFRJ - IBICT	1	Alta eficiência
CIÊNCIA DE ALIMENTOS	1	Alta eficiência
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE POLÍMEROS	1	Alta eficiência
CIÊNCIAS (MICROBIOLOGIA)	1	Alta eficiência
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOFÍSICA)	1	Alta eficiência
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)	1	Alta eficiência
CIÊNCIAS CONTÁBEIS	1	Alta eficiência
CLÍNICA MÉDICA	1	Alta eficiência
CLÍNICA ODONTOLÓGICA	1	Alta eficiência
COMUNICAÇÃO	1	Alta eficiência
DANÇA	1	Alta eficiência
DIREITO	1	Alta eficiência
ECOLOGIA	1	Alta eficiência
EDUCAÇÃO	1	Alta eficiência
EDUCAÇÃO, GESTÃO E DIFUSÃO EM BIOCÊNCIAS	1	Alta eficiência
ENFERMAGEM	1	Alta eficiência
ENGENHARIA AMBIENTAL	1	Alta eficiência
ENGENHARIA CIVIL	1	Alta eficiência
ENGENHARIA DA NANOTECNOLOGIA	1	Alta eficiência
ENGENHARIA DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS	1	Alta eficiência
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	1	Alta eficiência
ENGENHARIA DE TRANSPORTES	1	Alta eficiência
ENGENHARIA QUÍMICA	1	Alta eficiência
ENGENHARIA URBANA	1	Alta eficiência
ENSINO DE FÍSICA	1	Alta eficiência
ENSINO DE QUÍMICA	1	Alta eficiência
FORMAÇÃO EM CIÊNCIAS PARA PROFESSORES.	1	Alta eficiência
FORMAÇÃO PARA A PESQUISA BIOMÉDICA	1	Alta eficiência
HISTÓRIA COMPARADA	1	Alta eficiência
INTERDISCIPLINAR LINGÜÍSTICA APLICADA	1	Alta eficiência
LETRAS (CIÊNCIA DA LITERATURA)	1	Alta eficiência
LETRAS (LETRAS VERNÁCULAS)	1	Alta eficiência
LETRAS NEOLATINAS	1	Alta eficiência
LINGÜÍSTICA E LÍNGUAS INDÍGENAS	1	Alta eficiência
MEDICINA (CARDIOLOGIA)	1	Alta eficiência
MEDICINA (RADIOLOGIA)	1	Alta eficiência
MÍDIAS CRIATIVAS	1	Alta eficiência
MULTIDISCIPLINAR EM FÍSICA APLICADA	1	Alta eficiência

NEUROCIÊNCIA TRANSLACIONAL	1	Alta eficiência
NUTRIÇÃO CLÍNICA	1	Alta eficiência
ODONTOLOGIA	1	Alta eficiência
POLÍTICAS PÚBLICAS EM DIREITOS HUMANOS	1	Alta eficiência
POLÍTICAS PÚBLICAS, ESTRATÉGIAS E DESENVOLVIMENTO	1	Alta eficiência
PSICOSSOCIOLOGIA DE COMUNID.E ECOLOGIA SOCIAL	1	Alta eficiência
PSIQUIATRIA E SAÚDE MENTAL	1	Alta eficiência
QUÍMICA	1	Alta eficiência
QUÍMICA EM REDE NACIONAL	1	Alta eficiência
SAÚDE MATERNO-INFANTIL	1	Alta eficiência
SAÚDE PERINATAL	1	Alta eficiência
SERVIÇO SOCIAL	1	Alta eficiência
TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS	1	Alta eficiência
TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO SOCIAL	1	Alta eficiência
URBANISMO	1	Alta eficiência
DESIGN	0,992606955	Eficiência Moderada
ANTROPOLOGIA SOCIAL	0,989609909	Eficiência Moderada
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (GENÉTICA)	0,956409283	Eficiência Moderada
PROJETO DE ESTRUTURAS	0,955357143	Eficiência Moderada
NANOBIOSISTEMAS	0,953086494	Eficiência Moderada
PSICOLOGIA	0,943984743	Eficiência Moderada
ENGENHARIA MECÂNICA	0,935155537	Eficiência Moderada
SOCIOLOGIA E ANTROPOLOGIA	0,927682586	Eficiência Moderada
MEDICINA (ENDOCRINOLOGIA)	0,909111454	Eficiência Moderada
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (FARMACOLOGIA E QUÍMICA MEDICINAL)	0,895784109	Eficiência Moderada
BIODIVERSIDADE E BIOLOGIA EVOLUTIVA	0,895159198	Eficiência Moderada
TEORIA PSICANALÍTICA	0,886266923	Eficiência Moderada
INFORMÁTICA	0,876785714	Eficiência Moderada
GEOCIÊNCIAS: PATRIMÔNIO GEOPALEONTOLÓGICO	0,872625437	Eficiência Moderada
GEOGRAFIA	0,867597513	Eficiência Moderada
EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E SAÚDE	0,866662029	Eficiência Moderada
CIÊNCIAS AMBIENTAIS E CONSERVAÇÃO	0,862652453	Eficiência Moderada
NUTRIÇÃO	0,860194486	Eficiência Moderada
MÚSICA	0,858169213	Eficiência Moderada
ENSINO DE MATEMÁTICA	0,847185054	Eficiência Moderada
ARTES DA CENA	0,842987975	Eficiência Moderada
METEOROLOGIA	0,841946079	Eficiência Moderada
LETRAS (LETRAS CLÁSSICAS)	0,831609602	Eficiência Moderada
HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DAS TÉCNICAS E EPISTEMOLOGIA	0,823876011	Eficiência Moderada
MEDICINA (DOENÇAS INFECCIOSAS E PARASITÁRIAS)	0,823726464	Eficiência Moderada
CIÊNCIAS CIRÚRGICAS	0,820245676	Eficiência Moderada
CIÊNCIA E TECNOLOGIA FARMACÊUTICA	0,812712566	Eficiência Moderada
ENGENHARIA ELÉTRICA	0,811498749	Eficiência Moderada
QUÍMICA DE PRODUTOS NATURAIS	0,800661148	Eficiência Moderada
PLANEJAMENTO ENERGÉTICO	0,798408488	Eficiência Moderada
EDUCAÇÃO FÍSICA	0,791044696	Eficiência Moderada
ASTRONOMIA	0,785533454	Eficiência Moderada
PRODUTOS BIOATIVOS E BIOCIÊNCIAS	0,773819747	Eficiência Moderada
ENGENHARIA NUCLEAR	0,771401829	Eficiência Moderada
ENGENHARIA OCEÂNICA	0,769452544	Eficiência Moderada
ECONOMIA DA INDÚSTRIA E DA TECNOLOGIA	0,767569592	Eficiência Moderada
ARQUITETURA PAISAGÍSTICA	0,763979775	Eficiência Moderada
LINGÜÍSTICA	0,76068225	Eficiência Moderada
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BOTÂNICA)	0,748497959	Eficiência Moderada
ECONOMIA POLÍTICA INTERNACIONAL	0,727629203	Eficiência Moderada
HISTÓRIA SOCIAL	0,724412033	Eficiência Moderada
ENGENHARIA METALÚRGICA E DE MATERIAIS	0,71318812	Eficiência Moderada
IMUNOLOGIA E INFLAMAÇÃO	0,708477648	Eficiência Moderada
FÍSICA	0,705037253	Eficiência Moderada
ESTATÍSTICA	0,699363111	Eficiência Moderada
CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS	0,688129028	Eficiência Moderada
ENSINO DE HISTÓRIA	0,680890538	Eficiência Moderada
GEOLOGIA	0,65974291	Eficiência Moderada
ARTES VISUAIS	0,619539872	Eficiência Moderada
PROJETO E PATRIMÔNIO	0,616858238	Eficiência Moderada
QUÍMICA BIOLÓGICA	0,612498752	Eficiência Moderada
ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO	0,609718278	Eficiência Moderada
ENGENHARIA BIOMÉDICA	0,608640407	Eficiência Moderada
CIÊNCIAS MORFOLÓGICAS	0,583991918	Eficiência Moderada
ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE	0,579337928	Eficiência Moderada
PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL	0,575785698	Eficiência Moderada
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (FISIOLOGIA)	0,570704282	Eficiência Moderada
MEDICINA (ANATOMIA PATOLÓGICA)	0,570585924	Eficiência Moderada
LÓGICA E METAFÍSICA	0,526934282	Eficiência Moderada
SAÚDE COLETIVA	0,48728809	Baixa Eficiência
FILOSOFIA	0,438287277	Baixa Eficiência
MATEMÁTICA	0,431754808	Baixa Eficiência

Fonte: Elaboração própria.