

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DAS
UNIVERSIDADES FEDERAIS BRASILEIRAS POR MEIO DA ANÁLISE
ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)**

**ANALYSIS OF EFFICIENCY IN SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION
OF BRAZILIAN FEDERAL UNIVERSITIES THROUGH DATA ENVELOPMENT
ANALYSIS (DEA)**

Mauricio Santos Condessa

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro – RJ
mscondessa@gmail.com

Ricardo Thielmann

Universidade Federal Fluminense - UFF – RJ
rthielmann@id.uff.br

Marcelle Feitoza Bassi Costa

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ e Universidade Federal Fluminense - UFF RJ
marcelle.bassi@pep.ufrj.br

Submissão: 19-07-2023

Aprovação: 23-05-2024

RESUMO

A Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) é essencial para o desenvolvimento dos países, sendo as universidades um agente estratégico nesse processo. Nas últimas décadas, o Brasil adotou diversas políticas públicas para promover o desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação, resultando em avanços importantes, embora ainda haja muito a ser alcançado. Atualmente, as ferramentas utilizadas para avaliar a eficiência das políticas públicas têm ganhado importância, e a Análise Envoltória de Dados (DEA) se destaca para avaliar a eficiência técnica de instituições de ensino superior. Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa é analisar e classificar a eficiência da produção em CT&I de 45 Universidades Federais, situadas em 19 Unidades da Federação brasileiras, entre 2015 e 2017, utilizando a DEA. As variáveis de entrada adotadas foram recursos humanos e financeiros, enquanto que as variáveis de saída foram publicações de artigos e obtenções de patentes. Os resultados mostraram que 16 universidades (35,56%) foram tecnicamente eficientes, permitindo a identificação das metas a serem alcançadas pelas unidades ineficientes. Uma das principais contribuições desta pesquisa foi a mensuração do grau de aprimoramento exigido para cada instituição ineficiente, auxiliando-as nas decisões gerenciais e no planejamento das políticas públicas de CT&I no Brasil.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados. Avaliação de Eficiência em Ciência, Tecnologia e Inovação. Avaliação de Políticas Públicas.

ABSTRACT

Science, Technology, and Innovation (STI) is essential for the development of countries, with universities being a strategic agent in this process. In recent decades, Brazil has adopted several public policies to promote scientific, technological, and innovation development, resulting in important advances, although there is still much to be achieved. Currently, the tools used to evaluate the efficiency of public policies have gained importance, with Data Envelopment Analysis (DEA) stands out to assess the technical efficiency of higher education institutions. Thus, the objective of this research is to analyze the STI efficiency of 45 Federal Universities, located in 19 Brazilian Federation Units, between 2015 and 2017, using DEA. The input variables adopted were human and financial resources, while the output variables were article publications and patent acquisitions. The results showed that 16 universities (35.56%) were technically efficient, allowing the identification of goals to be achieved by the inefficient units. One of the main contributions of this research was the quantification of the level of improvement needed by each inefficient institution, assisting them in managerial decisions and in the planning of STI public policies in Brazil.

Keywords: Data Envelopment Analysis (DEA). Evaluation of Public Policies. Evaluation of Efficiency in Science, Technology and Innovation.

1 INTRODUÇÃO

A Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) é fundamental para o desenvolvimento dos países. Estudos e exemplos práticos mostram que investimentos coordenados nessa área geram avanços econômicos e sociais, além de democratizar oportunidades e melhorar a qualidade de vida (SANTIAGO, 2018). Assim, a construção de um sistema estratégico de CT&I é essencial para que as nações alcancem avanços socioeconômicos, especialmente em mundo globalizado e competitivo marcado pelo desenvolvimento da ciência (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000) e pela constatação da importância do conhecimento para a economia moderna (LUNDVALL, 2016).

Neste contexto, é crucial estabelecer políticas que criem um ambiente favorável à gestão do conhecimento que sejam claras e estáveis e que promovam os investimentos financeiros e de pessoal para impulsionar o progresso da ciência, tecnologia e inovação (DE MATTOS; GUIMARÃES, 2013). Assim, institucionalizar políticas públicas direcionadas ao desenvolvimento da CT&I é uma ferramenta estratégica para alcançar resultados mais efetivos (MAZZETTI; GAZZOLA; MARINI, 2020; THIELMANN, 2014). Nas últimas décadas, o Brasil estabeleceu políticas públicas com o objetivo de fomentar o desenvolvimento da CT&I, resultando em avanços significativos nos principais indicadores de acompanhamento (MCTI, 2021).

É importante destacar que as políticas públicas de CT&I evoluíram conforme a compreensão de como o processo de inovação tecnológica se desenvolve na sociedade. Inicialmente, com o modelo linear, as políticas se concentravam em estimular a pesquisa básica, uma vez que este modelo pressupunha que as etapas do processo de inovação avançam linearmente da pesquisa básica até a comercialização (STOKES, 1997; VIOTTI; MACEDO, 2003). Já as políticas públicas embasadas no modelo sistêmico, que considera a inovação como um processo amplo e complexo dentro dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), têm como objetivo estimular a interação entre os atores e promover a associação da oferta com a demanda, levando em conta as influências econômicas, organizacionais e institucionais (BARROS, 2017; DE NEGRI; CAVALCANTE; ALVES, 2013).

Com base nesse cenário, um aspecto importante a ser apontado é o papel central das universidades e instituições de pesquisa na consolidação dos Sistemas Nacionais de Inovação dos países. Essas instituições realizam múltiplas atividades importantes em diferentes eixos da CT&I, como formação de recursos humanos, treinamento de pesquisadores, produção e difusão de conhecimento, prestação de serviços e apoio ao setor produtivo, atuando como agentes de desenvolvimento econômico e social e contribuindo para a resolução de problemas e a criação de novas possibilidades (AUDY, 2017; GIMENEZ; BONACELLI; BAMBINI, 2018). No Brasil, em especial, as universidades federais são amplamente reconhecidas como expoentes nas atividades de ensino, pesquisa e extensão (LETTI; BITTENCOURT; VILA, 2020).

Considerando a importância das políticas públicas de CT&I no Brasil, é crucial medir e comparar as diferentes implementações existentes. Nesse sentido, avaliar a eficiência das universidades federais na execução dessas políticas é essencial para entender os resultados dessas instituições e seus impactos no SNI.

Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é analisar e classificar a eficiência da produção em CT&I de 45 Universidades Federais, situadas em 19 Unidades da Federação brasileiras, durante o período de 2015 a 2017. A escolha do período de análise baseou-se na Pesquisa de Inovação (Pintec), uma das principais fontes oficiais para avaliar os efeitos das políticas públicas de CT&I no SNI brasileiro, sendo que a edição mais recente contempla os anos em questão (IBGE, 2020). A ferramenta utilizada foi a Análise Envolvória de Dados (DEA), modelagem matemática comumente aplicada em medições de eficiência de políticas públicas (BRASIL, 2018).

A justificativa para esta pesquisa está fundamentada na importância CT&I para o desenvolvimento dos países, com ênfase no papel estratégico das universidades nesse processo. Apesar dos avanços resultantes das políticas públicas adotadas pelo Brasil nas últimas décadas, a necessidade de avaliar a eficiência dessas políticas, especialmente no ambiente universitário, tornou-se crucial. O contexto globalizado e competitivo, marcado pelo desenvolvimento científico, destaca a relevância de construir um sistema estratégico de CT&I.

A pesquisa, ao analisar e classificar a eficiência da produção em CT&I das Universidades Federais brasileiras, contribuirá significativamente para a compreensão das diferenças existentes na eficiência dessas instituições. Essa compreensão é essencial para a tomada de decisões internas das universidades e para o desenvolvimento de políticas públicas direcionadas à promoção da CT&I no contexto universitário nacional, reforçando seu impacto positivo no desenvolvimento socioeconômico do Brasil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A avaliação das políticas públicas de CT&I nas universidades federais brasileiras

Dentro do ciclo das políticas públicas, a avaliação é a fase em que a implementação e o desempenho de uma política são diagnosticados e examinados. Isso permite a avaliação dos processos, resultados e da situação que gerou o problema. Portanto, a fase de avaliação é essencial para o desenvolvimento e ajuste contínuo dos elementos da ação pública (FREY, 2000; SECCHI, 2014).

Neste contexto, as avaliações que abrangem as políticas públicas de CT&I ganham importância nos países, tendo em vista sua relevância para o desenvolvimento econômico e social. Existem diversas estatísticas e estudos (ALVES; OLIVEIRA, 2018; IBGE, 2020; MCTI, 2021; SANTIAGO, 2018) que se propõem a realizar diferentes tipos de avaliações para medir os variados aspectos que envolvem os Sistemas Nacionais de Inovação dos países. O objetivo dessas avaliações é monitorar a execução das ações voltadas ao desenvolvimento científico e tecnológico, legitimando e aperfeiçoando essas políticas, e consolidando as relações entre sociedade e Estado nesse campo do conhecimento (SOBRAL; SANTOS, 2018).

Ao longo do tempo, o desenvolvimento de estatísticas e indicadores sobre CT&I tem evoluído juntamente com a compreensão dos modelos de descrição do processo de inovação na sociedade. Inicialmente, sob a lógica linear, foi estabelecido um modelo de mensuração do tipo entrada-saída, tendo os investimentos em P&D e os recursos humanos como indicadores de entrada, e as patentes, publicações científicas e, posteriormente, os indicadores de transferência de tecnologia como indicadores de saída. Posteriormente, com o entendimento de que a inovação é um processo mais dinâmico e complexo, os indicadores de inovação nas empresas passaram a receber mais destaque. Recentemente, ainda seguindo a lógica da complexidade, foram desenvolvidos indicadores com o objetivo de avaliar o grau de inovação em toda a economia (RAMOS, 2008; SILVA, 2015).

No entanto, apesar dos avanços teóricos para a mensuração de CT&I, as estatísticas oficiais mundiais ainda operam sob uma lógica estacionária, com a medição ainda centrada nos recursos destinados para as atividades científicas e tecnológicas, sendo raras as medições dos produtos e dos impactos das atividades (GODIN, 2004).

Adicionalmente, é importante mencionar a existência de um esforço global para uniformizar metodologias a fim de possibilitar comparações nas medições de CT&I. Neste contexto, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) desenvolveu uma série de manuais metodológicos que abordam a medição de CT&I, conhecidos como Família Frascati. O Manual Frascati é um dos documentos mais importantes dessa série, sendo considerado o padrão global para medir os recursos humanos e financeiros

dedicados à P&D em cada setor que participa das atividades de ciência e tecnologia, incluindo as instituições de ensino superior (OECD, 2015).

Portanto, é natural que a avaliação das políticas públicas de CT&I no contexto das universidades federais brasileiras inclua a análise de grande parte dos indicadores relevantes monitorados no país, como recursos humanos e financeiros, as produções técnicas e científicas. O estudo desenvolvido por Alves e Oliveira (2018), por exemplo, utilizou esses indicadores para avaliar a eficiência das instituições de ensino superior no estado do Rio de Janeiro. Além disso, é fundamental que o modelo de medição utilizado esteja em conformidade com as recomendações do Manual Frascati para auxiliar na comparabilidade internacional.

2.2 A Análise Envoltória de Dados (DEA) como ferramenta para avaliação de políticas públicas

Existem diversas formas de avaliar uma política pública, sendo que uma delas é a análise de eficiência. Essa abordagem permite comparar diferentes implementações de políticas públicas e identificar as diferenças de eficiência entre elas, relacionando os resultados alcançados com os recursos utilizados. Com base nessas distinções, é possível buscar melhorias nos resultados das implementações, seja reduzindo os recursos utilizados ou aumentando os resultados obtidos (BRASIL, 2018).

A Análise Envoltória de Dados, do inglês *Data Envelopment Analysis* (DEA), se destaca como uma das mais relevantes ferramentas utilizadas para medir a eficiência técnica de organizações produtivas. Ela tem sido empregada na análise de eficiência de diversas políticas públicas, incluindo as voltadas para as instituições de ensino superior brasileiras (LETTI; BITTENCOURT; VILA, 2020).

A DEA foi criada em 1978 a partir dos estudos conduzidos por Abraham Charnes, Edward Rhodes e William Cooper, com base nos estudos iniciais de Michael Farrel em 1957. O modelo é capaz de avaliar as unidades produtivas homogêneas que tomam decisões, também conhecidas como *Decision-Making Units* (DMU), identificando quais são eficientes e quais servem como padrões de eficiência (*benchmarks*) para as demais. Para as unidades ineficientes, a DEA indica quais mudanças devem ocorrer nos insumos (minimização) ou produtos (maximização) para que possam se tornar eficientes, alcançando a fronteira de eficiência (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978).

Os principais modelos DEA são o CCR, desenvolvido pelos autores Charnes, Cooper e Rhodes (1978), e o BCC, cuja sigla também faz referência aos seus criadores Banker, Charnes e Cooper (1984). O modelo CCR é adequado apenas a produções com retornos constantes de escala, sendo também conhecido como CRS (*Constant Returns to Scale*). Por outro lado, o modelo BCC é uma evolução do modelo CCR e é aplicável a produções com retornos variáveis de escala, sendo conhecido igualmente como VRS (*Variable Returns to Scale*).

Com relação à decisão entre usar um dos dois modelos, Ray (2004) argumenta que o modelo CCR é improvável de ser apropriado em muitos casos realistas, não devendo ser aplicado em uma ampla variedade de situações. Mesmo assim, existem métodos disponíveis para auxiliar na escolha entre os modelos, como a avaliação da correlação entre algumas variáveis de entrada e de saída. Caso a relação entre *inputs* e *outputs* não seja constante para todas as situações analisadas, o modelo BCC deve ser selecionado (PLANELLIS, 2018).

No que se refere à orientação do modelo, é comum optar pela orientação aos insumos se as unidades têm controle sobre eles. Caso contrário, é necessário realizar uma análise com orientação para produtos (PLANELLIS, 2018). Portanto, para avaliar a eficiência em CT&I em universidades federais, é natural usar o modelo com orientação para saídas, já que essas instituições têm maior controle sobre essas variáveis do que sobre as de entrada.

Em relação à representação da programação linear, tanto o modelo na forma dos multiplicadores, quanto na forma de envelope fornecem o mesmo resultado para as eficiências técnicas das unidades. No entanto, o modelo na forma de envelope é relevante no contexto da medição de eficiência de universidades federais, pois permite não apenas obter as eficiências técnicas, mas também as metas que devem ser alcançadas para cada unidade para atingir a eficiência (FERREIRA; GOMES, 2020; MARIANO, 2012). Esse resultado é importante para orientar as ações de melhoria gerencial voltadas para a obtenção de melhores resultados em cada unidade de analisada.

Uma das questões relevantes na modelagem DEA é a possibilidade de adicionar implementações para corrigir ou complementar os resultados obtidos pelos modelos básicos. Um exemplo é a modelagem que determina as folgas que podem ocorrer nos modelos radiais, como o CCR e o BCC. É importante corrigir as folgas nesses modelos, uma vez que pode haver situações em que a projeção radial de unidades ineficientes resulte em pontos ineficientes, ou em que a unidade esteja na fronteira de eficiência, mas com folgas, sendo caracterizada como fracamente eficiente. Para indicar as folgas, uma opção é a construção de um modelo envoltório de segundo estágio que maximiza a soma das folgas (RAY, 2004; FERREIRA; GOMES, 2020).

Outros tipos de implementações objetivam melhorar a discriminação do modelo, pois uma dificuldade na modelagem DEA é a ocorrência de muitos empates de unidades classificadas como eficientes (MARIANO, 2012). Uma alternativa para este caso é utilizar o índice agregado obtido a partir do modelo DEA com a fronteira invertida, isto é, com as entradas e saídas invertidas. Conforme Leta et al. (2005), ao calcular a eficiência técnica com as perspectivas padrão (otimista) e da fronteira invertida (pessimista), é possível determinar o índice de eficiência agregado que permite resolver empates entre unidades e, consequentemente, classificar os resultados.

O modelo DEA-BCC com orientação ao *output* na forma do envelope e o modelo DEA de segundo estágio com orientação ao *output* para a determinação das folgas são apresentados no quadro 1:

Quadro 1: Modelo DEA-BCC com orientação ao *output* na forma do envelope e modelo DEA de segundo estágio com orientação ao *output*.

Modelo DEA-BCC com orientação ao <i>output</i> na forma do envelope	Modelo DEA segundo estágio com orientação ao <i>output</i>
$\text{MAX } \eta$ Sujeito a: $\sum_{k=1}^h x_{jk} \cdot \lambda_k \leq x_{j0} \text{ , para } j = 1, 2, \dots, n$ $\sum_{k=1}^h y_{ik} \cdot \lambda_k - \eta \cdot y_{i0} \geq 0 \text{ , para } i = 1, 2, \dots, m$ $\sum_{k=1}^h \lambda_k = 1$	$\text{MAX } \sum_{i=1}^m S_i + \sum_{j=1}^n S_j$ Sujeito a: $\sum_{k=1}^h x_{jk} \cdot \lambda_k + S_j = x_{j0} \text{ , para } j = 1, 2, \dots, n$ $\sum_{k=1}^h y_{ik} \cdot \lambda_k - S_i = \eta \cdot y_{i0} \text{ , para } i = 1, 2, \dots, m$ $\sum_{k=1}^h \lambda_k = 1$
Considerando: x_{jk}: Quantidade do <i>input</i> j da DMU k; y_{ik}: Quantidade do <i>output</i> i da DMU k; x_{j0}: Quantidade do <i>input</i> j da DMU em análise; y_{i0}: Quantidade do <i>output</i> i da DMU em análise;	

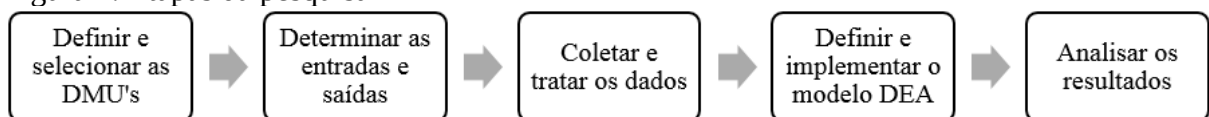
Modelo DEA-BCC com orientação ao <i>output</i> na forma do envelope	Modelo DEA segundo estágio com orientação ao <i>output</i>
η : Inverso da eficiência da DMU em análise; S_j : Folga do <i>input</i> j ; S_i : Folga do <i>output</i> i ; λ_k : Contribuição da DMU k para a meta da DMU em análise; m : Quantidade de <i>outputs</i> analisados; n : Quantidade de <i>inputs</i> analisados; h : Quantidade de DMUs analisadas.	

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Ferreira e Gomes (2020, pg. 106) e Mariano (2012, pg. 139)

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A presente pesquisa seguirá cinco etapas, com base nas três etapas propostas por Golany e Roll (1989) para realizar uma análise de eficiência utilizando a modelagem DEA. A primeira etapa consiste em definir e selecionar as DMU's (*Decision Making Units*) que serão usadas na análise. Essas DMU's devem ser homogêneas, ou seja, executar as mesmas atividades com os mesmos propósitos e sob as mesmas condições. Na segunda etapa, é necessário determinar quais elementos relacionados às entradas ou saídas são relevantes e adequados para calcular a eficiência desejada, coletando e tratando os dados necessários para a execução da modelagem. Por fim, o modelo DEA escolhido deve ser aplicado e os resultados analisados. O diagrama a seguir resume as etapas da pesquisa.

Figura 1: Etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Golany e Roll (1989)

A seleção das unidades para a análise considerou apenas as universidades federais, entre todos os tipos de instituições de ensino superior no país. Essa escolha é comum na literatura, devido à relevância dessas instituições e à uniformidade de sua legislação (LETTI; BITTENCOURT; VILA, 2020), o que vai ao encontro da homogeneidade necessária na construção de uma análise utilizando DEA. Quanto ao período, a pesquisa foi realizada com base em dados de 2015, 2016 e 2017, com o objetivo de auxiliar futuros estudos que visem analisar a influência dessas instituições no Sistema Nacional de Inovação brasileiro, especialmente os resultados de inovação medidos pela Pesquisa de Inovação (Pintec) do IBGE.

3.1 Variáveis e fontes de dados

Depois de escolher quais tipos de unidades serão avaliadas, é necessário determinar os fatores relevantes e apropriados que estão relacionados às entradas e saídas que serão utilizadas como variáveis na modelagem DEA. Para garantir uma correta avaliação da política pública, é importante selecionar indicadores que incorporem características relevantes, tais como visibilidade, atualidade e confiabilidade. (MPOG, 2012). A seleção das variáveis e fontes de dados baseou-se na literatura que trata da medição da CT&I na sociedade, com foco nas instituições de ensino superior.

Assim, optou-se por construir uma modelagem DEA utilizando como variáveis de *input* os investimentos em CT&I e os recursos humanos utilizados pelas universidades na execução das atividades de CT&I. Como *output*, foram escolhidas a produção técnica (patentes) e a

produção científica (artigos publicados em periódicos). Além disso, buscou-se especificar as variáveis e os dados coletados de modo que eles se aproximassem das recomendações de medição da P&D em instituições de ensino superior propostas pelo Manual Frascati (recursos financeiros e humanos), que sugere considerar apenas as atividades realizadas por alunos de doutorado e mestrado (que recebem remuneração), além da supervisão desses alunos e a capacitação do corpo docente (leitura própria) (OECD, 2015).

No quadro 2 são descritas as variáveis, suas representações, a especificidade dos dados e as respectivas fontes de obtenção.

Quadro 2: Variáveis a serem utilizadas

Variável	Representação	Dado	Fonte
Investimento em CT&I	Entrada	Investimento CNPq	Dados Abertos do CNPq (CNPQ, 2021)
		Investimento Capes	Portal de Transparência da Capes (CAPES, 2021a)
		Investimento Finep	Site da Finep (FINEP, 2021)
		Investimento FAP	Solicitação via Lei de Acesso à Informação (LAI)
		Investimento Universidade	Indicadores de CT&I do MCTI (MCTI, 2021)
Recursos Humanos	Entrada	Docentes de Pós-Graduação	Geocapes (CAPES, 2021b)
		Alunos de doutorado	Geocapes (CAPES, 2021b)
		Alunos de mestrado bolsistas	Geocapes e Dados Abertos do CNPq (CAPES, 2021b; CNPQ, 2021)
Produção Técnica	Saída	Patentes	Portal Brasileiro de Dados Abertos (BRASIL, 2021)
Produção Científica	Saída	Artigos publicados em periódicos	Portal Brasileiro de Dados Abertos (BRASIL, 2021)
CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico Capes: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Finep: Financiadora de Estudos e Projetos FAP: Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa			

Fonte: Elaborado pelos autores

3.2 Definição das universidades pesquisadas e incorporação dos dados no modelo

Durante a realização da pesquisa, foi constatado que faltavam dados de investimentos próprios em P&D de algumas universidades federais do país entre os anos de 2015 a 2017, limitando o número de instituições que poderiam ser avaliadas. Ademais, não foi possível obter informações sobre os recursos repassados por algumas Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (FAP's), o que levou à decisão de excluir as universidades das respectivas UF dessas fundações para garantir uma base de comparação consistente. Como resultado, das 63 universidades federais existentes até 2017, apenas 45 puderam ser analisadas, o que representa 71,43% do total.

Para a incorporação de dados, foi decidido inserir os dados no modelo por meio de uma análise consolidada, ou seja, considerando o somatório de todo o período. Essa abordagem é adequada para a classificação das eficiências das universidades, visto que ela corrige possíveis

discrepâncias decorrentes de, por exemplo, um investimento significativo em um ano específico ou a publicação de um conjunto de patentes ou artigos científicos em um determinado ano.

A tabela 1 contém todas as universidades pesquisadas, juntamente com os valores obtidos entre os anos 2015 a 2017 para as variáveis selecionadas:

Tabela 1: Resultados consolidados das variáveis entre os anos de 2015 e 2017

Universidade	Recursos Financeiros	Recursos Humanos	Produção Técnica	Produção Científica
UFAL	R\$ 506.256.903,42	5677	89	2415
UFBA	R\$ 1.342.075.493,10	17441	108	6877
UFRB	R\$ 128.847.564,54	1329	6	795
UFC	R\$ 1.483.949.987,16	15533	143	6974
UnB	R\$ 2.107.003.874,38	20649	88	10616
UFES	R\$ 914.066.613,37	8546	39	5286
UFG	R\$ 1.084.978.974,41	12418	73	7083
UFMA	R\$ 375.312.711,78	3831	55	2087
UFMT	R\$ 555.240.301,41	5777	25	3858
UFGD	R\$ 219.828.765,23	2732	15	1718
UFMS	R\$ 499.337.801,02	5454	39	3126
UNIFAL-MG	R\$ 206.433.894,10	1509	13	1233
UNIFEI	R\$ 187.413.264,27	2332	31	742
UFJF	R\$ 781.210.375,35	6217	39	3687
UFLA	R\$ 701.881.003,86	6079	35	3539
UFOP	R\$ 345.476.844,27	3412	36	1903
UFSJ	R\$ 303.019.099,65	2181	51	1592
UFU	R\$ 904.621.102,41	8366	71	4476
UFV	R\$ 986.855.207,90	9420	60	5235
UFTM	R\$ 199.583.599,34	1490	6	1005
UFVJM	R\$ 188.326.402,74	1660	13	1278
UFOPA	R\$ 119.491.383,14	1032	5	630
UFPA	R\$ 1.126.104.332,09	13883	68	6304
UFRA	R\$ 84.474.341,89	1099	1	860
UFPB	R\$ 1.036.223.345,24	13230	131	5843
UFCG	R\$ 376.586.931,25	5516	86	2514
UTFPR	R\$ 488.062.741,85	4825	68	3404
UFPR	R\$ 1.598.884.888,02	16871	137	10263
UFPE	R\$ 1.259.534.506,84	20254	157	8059
UFRPE	R\$ 496.624.763,02	5729	80	3287
UNIRIO	R\$ 399.141.927,10	3464	2	1865
UFRJ	R\$ 3.971.882.645,27	33869	114	17228
UFF	R\$ 1.447.039.413,24	15943	25	8482
UFRRJ	R\$ 674.088.306,17	4737	11	2794
UFCSPA	R\$ 203.060.578,89	1274	5	1171
UFPeI	R\$ 586.329.382,05	7286	88	5522
UFSM	R\$ 961.366.555,14	10995	60	7836
UNIPAMPA	R\$ 140.812.199,91	1007	5	972
FURG	R\$ 479.155.786,44	4394	22	2575
UFRGS	R\$ 2.444.638.754,68	28680	110	15360
UNIR	R\$ 155.345.695,59	1568	3	888
UFSC	R\$ 1.907.098.716,22	21163	68	10753

Universidade	Recursos Financeiros	Recursos Humanos	Produção Técnica	Produção Científica
UFSCar	R\$ 1.113.096.840,00	11321	60	6926
UNIFESP	R\$ 1.845.340.414,65	12562	36	8029
UFABC	R\$ 584.508.532,92	3515	31	2478

Fonte: Elaborado pelos autores

3.3 Modelo DEA e implementações adicionais

Com relação à decisão entre usar o modelo CCR ou BCC, optou-se pelo modelo DEA-BCC a partir da análise da relação entre as variáveis das universidades. O coeficiente de correlação linear de Pearson (R_{xy}) entre as variáveis recursos financeiros e produção científica resultou em 0,964, enquanto que entre recursos humanos e produção científica foi de 0,977. Por outro lado, a correlação entre recursos financeiros e produção técnica foi de 0,617, e a correlação entre recursos humanos e produção técnica foi de 0,733. A análise desses resultados evidencia que as correlações entre as variáveis envolvendo a produção científica são fortes positivas, enquanto que as correlações relacionadas com a produção técnica são moderadas positivas (DANCEY; REIDY, 2006), não sendo, portanto, constante em todas as situações.

No que diz respeito à orientação, optou-se pelo modelo com orientação ao *output*, pois, conforme abordado no referencial teórico, as universidades federais têm maior controle sobre as variáveis de saída. Quanto à representação da programação linear, decidiu-se desenvolver o modelo na forma de envelope para fornecer as metas a serem alcançadas por cada universidade.

Para o tratamento das folgas, foi utilizado o método de segundo estágio, no qual é construído um modelo envoltório de programação linear que maximiza a soma das folgas das unidades em análise. Por fim, para classificar as unidades em caso de empates, foi utilizado o índice agregado obtido a partir da implementação do modelo DEA com a fronteira invertida.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados foram tabulados e os modelos foram programados utilizando o *software* Microsoft Excel. Para a programação linear exigida pela DEA, foi empregada a ferramenta de otimização Solver, integrada ao Excel. Os próximos subitens apresentam os resultados alcançados.

4.1 Eficiência técnica das universidades em CT&I entre os anos de 2015 e 2017

Os resultados das eficiências técnicas das universidades estão apresentados na tabela 2. De acordo com a DEA, quando uma unidade apresenta a eficiência técnica de "1", ela atinge a fronteira de eficiência, sendo considerada tecnicamente eficiente em relação às outras unidades avaliadas. As universidades com resultados entre "0" e "1" são consideradas ineficientes, e quanto mais próximas de "1", mais próximas da fronteira de eficiência se encontram, o que significa que precisam de um menor esforço para se tornarem tecnicamente eficientes.

Tabela 2: Eficiências técnicas das universidades em CT&I entre os anos de 2015 e 2017

Universidade	Eficiência Técnica	Universidade	Eficiência Técnica	Universidade	Eficiência Técnica
UFAL	1,000	UFRGS	1,000	UFGD	0,819
UFC	1,000	UFRPE	0,965	UFBA	0,779
UNIFEI	1,000	UTFPR	0,961	UFJF	0,776
UFSJ	1,000	UNIFESP	0,944	UFV	0,771

Universidade	Eficiência Técnica	Universidade	Eficiência Técnica	Universidade	Eficiência Técnica
UFOPA	1,000	UNIFAL-MG	0,935	UFLA	0,761
UFRA	1,000	UFVJM	0,892	UFRRJ	0,760
UFPB	1,000	UNB	0,890	UFTM	0,758
UFCG	1,000	UFABC	0,887	UFU	0,754
UFPR	1,000	UFSC	0,884	FURG	0,751
UFPE	1,000	UFSCar	0,874	UFPA	0,749
UFRJ	1,000	UFMT	0,871	UFMS	0,745
UFCSPA	1,000	UFG	0,862	UFRB	0,741
UFPeI	1,000	UFF	0,853	UFOP	0,727
UFSM	1,000	UFMA	0,840	UNIR	0,680
UNIPAMPA	1,000	UFES	0,838	UNIRIO	0,677

Fonte: Elaborado pelos autores

Os resultados apontam que 16 universidades, ou seja, 35,56% do total avaliado, alcançaram a fronteira de eficiência, sendo, portanto, tecnicamente eficientes. Para cada universidade ineficiente, é relevante definir suas metas, ou seja, seus valores projetados na fronteira de eficiência. Esses resultados são úteis, pois permitem entender o quanto as universidades precisam aumentar seus resultados para serem tão eficientes quanto as que estão na fronteira de eficiência. A tabela 3 apresenta os resultados das metas das variáveis de saída, juntamente com os percentuais de aumento necessários para as unidades ineficientes. As universidades estão classificadas de acordo com a eficiência técnica alcançada.

Tabela 3: Metas e percentuais de aumento necessários para as variáveis de saída

Universidade	Eficiência Técnica	Meta (Produção Técnica)	% Aumento ¹	Meta (Produção Científica)	% Aumento ¹
UFRPE	0,965	83	3,63%	3406	3,63%
UTFPR	0,961	71	4,04%	3541	4,04%
UNIFESP	0,944	64	78,97%	8503	5,90%
UNIFAL-MG	0,935	14	6,94%	1319	6,94%
UFVJM	0,892	15	12,09%	1433	12,09%
UNB	0,890	99	12,37%	11929	12,37%
UFABC	0,887	36	15,93%	2793	12,71%
UFSC	0,884	89	30,51%	12162	13,10%
UFSCar	0,874	69	14,44%	7926	14,44%
UFMT	0,871	67	168,67%	4430	14,82%
UFG	0,862	85	16,01%	8217	16,01%
UFF	0,853	74	195,96%	9941	17,20%
UFMA	0,840	65	19,03%	2484	19,03%
UFES	0,838	78	101,25%	6308	19,34%
UFGD	0,819	24	61,35%	2099	22,16%
UFBA	0,779	139	28,31%	8824	28,31%
UFJF	0,776	73	87,80%	4748	28,79%
UFV	0,771	78	29,75%	6793	29,75%
UFLA	0,761	71	103,82%	4648	31,35%
UFRRJ	0,760	53	380,08%	3677	31,61%
UFTM	0,758	9	56,46%	1325	31,85%
UFU	0,754	94	32,56%	5934	32,56%

Universidade	Eficiência Técnica	Meta (Produção Técnica)	% Aumento ¹	Meta (Produção Científica)	% Aumento ¹
FURG	0,751	48	118,52%	3429	33,17%
UFPA	0,749	91	33,50%	8416	33,50%
UFMS	0,745	63	60,79%	4196	34,23%
UFRB	0,741	8	35,02%	1073	35,02%
UFOP	0,727	50	37,59%	2618	37,59%
UNIR	0,680	10	243,96%	1307	47,15%
UNIRIO	0,677	35	1661,73%	2756	47,77%

⁽¹⁾ Aumento das metas em relação aos valores originais referentes à tabela 1

Fonte: Elaborado pelos autores

Ao analisar a tabela 3, constata-se que nenhuma unidade apresenta folga na variável de produção científica, pois os aumentos percentuais das metas coincidem com os valores originais multiplicados pelos inversos das eficiências (η). Assim, a unidade mais eficiente dentre as ineficientes (UFRPE) precisa aumentar a produção científica de 3287 para 3406 artigos (um aumento de 3,63%) para tornar-se tecnicamente eficiente. Já a universidade menos eficiente (UNIRIO) precisa aumentar a produção de 1865 para 2765 artigos (um aumento de 47,77%).

Em relação à produção técnica, 15 universidades apresentaram folga nos resultados e precisam de um aumento superior ao obtido a partir da multiplicação do inverso da eficiência pelo valor da produção técnica. Utilizando a UNIRIO como exemplo, nota-se que o percentual de aumento necessário para atingir a meta da produção técnica (1661,73%) é superior ao da produção científica (47,77%), indicando a presença de folga nessa variável. Por outro lado, a UFRPE não apresenta folga, uma vez que os percentuais de aumento em ambas as variáveis são iguais (3,63%) e correspondem aos valores originais multiplicados pelo inverso da eficiência dessa unidade.

Os resultados são relevantes para identificar as universidades com os melhores padrões de eficiência técnica em relação a todas as unidades analisadas. Ademais, o cálculo das metas possibilita a quantificação da necessidade de aumento dos resultados das universidades ineficientes para se tornarem tecnicamente eficientes, proporcionando aos gestores dessas organizações e outros atores envolvidos nas políticas públicas de CT&I a oportunidade de realizar ações para aprimorar seus resultados.

4.2 Desempate das eficiências técnicas

Conforme discutido na análise anterior, 16 universidades foram identificadas como tecnicamente eficientes, resultando como empatadas. Assim, optou-se por calcular o índice agregado a partir da técnica da fronteira invertida, a fim de desempatar e classificar as unidades de forma apropriada. A tabela 4 apresenta a classificação final das unidades.

Tabela 4: Classificação dos resultados com base no índice agregado

Nº	Universidade	Índice Agregado	Nº	Universidade	Índice Agregado
1	UFPEl	0,736	24	UFPE	0,500
2	UFMS	0,668	25	UFRA	0,500
3	UTFPR	0,667	26	UFOPA	0,500
4	UNIPAMPA	0,651	27	UFMS	0,495
5	UFPR	0,632	28	UFOP	0,483
6	UFRPE	0,629	29	UnB	0,480
7	UFVJM	0,620	30	UNIFESP	0,472

Nº	Universidade	Índice Agregado	Nº	Universidade	Índice Agregado
8	UFSJ	0,611	31	UFV	0,470
9	UNIFAL-MG	0,604	32	FURG	0,463
10	UFCSPA	0,593	33	UFLA	0,459
11	UFCG	0,588	34	UFABC	0,456
12	UFMT	0,575	35	UFSC	0,451
13	UFSCar	0,554	36	UFJF	0,441
14	UEPB	0,552	37	UFU	0,441
15	UFG	0,540	38	UFF	0,427
16	UFGD	0,537	39	UFRB	0,417
17	UFMA	0,537	40	UFTM	0,416
18	UFRGS	0,534	41	UFPA	0,393
19	UFAL	0,528	42	UFBA	0,390
20	UFES	0,526	43	UFRRJ	0,380
21	UFC	0,507	44	UNIR	0,340
22	UNIFEI	0,500	45	UNIRIO	0,338
23	UFRJ	0,500			

Fonte: Elaborado pelos autores

Os resultados do índice agregado revelam que as duas universidades mais bem colocadas (UFPEL e UFSM) e as duas piores colocadas (UNIR e UNIRIO) já ocupavam essas posições no cálculo inicial de eficiência. Além disso, é interessante notar que quatro das dez melhores colocadas (UTFPR, UFRPE, UFVJM e UNIFAL-MG) não estavam na fronteira de eficiência, o que sugere que o índice agregado não apenas desempatou, mas também reorganizou a classificação inicial.

Analisando em detalhes os resultados das duas universidades com melhor colocação em comparação às demais, constata-se a partir da tabela 1 que a produção técnica de 88 patentes da UFPEL (10ª colocada neste quesito) exerceu maior influência que a sua produção científica de 5522 artigos (16ª colocada neste quesito). Por outro lado, na UFSM, ocorreu fenômeno inverso já que a sua produção científica de 7836 artigos (9ª colocada) foi superior que a sua produção técnica de 60 patentes (19ª colocada). Esse resultado é interessante, pois evidencia a forma como a DEA maximiza a eficiência das unidades com base nas variáveis em que estas apresentam melhores resultados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a eficiência em CT&I das universidades federais do Brasil no período de 2015 a 2017, com a finalidade de avaliar as diferenças e classificar as instituições estudadas. Para isso, foi empregada a Análise Envoltória de Dados (DEA) por meio do modelo com retornos variáveis de escala (BCC) e orientação ao *output*. Além disso, as folgas foram obtidas a partir da construção de um modelo de segundo estágio e as unidades foram classificadas por meio do cálculo do índice agregado utilizando a implementação com a fronteira invertida. As variáveis de *input* incluíram recursos financeiros e recursos humanos, enquanto as publicações de artigos e obtenções de patentes foram utilizadas como variáveis de *output*. De acordo com os dados disponíveis, foi possível realizar a avaliação de 71,43% (45) das universidades federais existentes no período da pesquisa.

Após a análise, constatou-se que 16 das 45 universidades estudadas (35,56%) obtiveram eficiência técnica igual a 1, sendo, portanto, tecnicamente eficientes. As metas foram estabelecidas para cada universidade ineficiente, permitindo a análise dos aumentos necessários nas variáveis de saída para o atingimento da fronteira de eficiência. Além disso, realizou-se o

desempate das unidades através da implementação da fronteira invertida com o consequente cálculo do índice agregado. Os resultados encontram-se nas tabelas 2, 3 e 4.

A pesquisa apresenta diversas contribuições relevantes para a compreensão da eficiência em CT&I das universidades federais brasileiras. Uma das principais é a capacidade de identificar as instituições mais eficientes e aquelas com maior potencial de aprimoramento, fornecendo informações valiosas para o planejamento de políticas públicas de CT&I no Brasil. Além disso, a análise das metas de cada universidade ineficiente permite quantificar o nível de melhoria necessário em cada variável, tornando-se uma ferramenta importante para aprimorar a gestão dessas instituições. A classificação das unidades também auxilia na compreensão de como a DEA maximiza a eficiência técnica, auxiliando no processo de análise da contribuição de cada variável para o resultado final das universidades.

Outras contribuições importantes são as relacionadas à metodologia utilizada. A coleta de dados da pesquisa foi realizada quase que exclusivamente a partir de fontes secundárias, o que a torna facilmente replicável em diferentes contextos ou anos. Adicionalmente, destaca-se a busca por alinhamento das ferramentas de medição em CT&I com o Manual Frascati da OCDE, visando resultados mais consistentes e passíveis de comparação internacional.

No entanto, algumas limitações da pesquisa devem ser consideradas. Em primeiro lugar, a pesquisa não conseguiu abordar todas as universidades federais existentes no país durante o período analisado, o que dificultou a obtenção de resultados mais completos para todo o cenário nacional. Outra limitação foi a falta de uniformização total na contabilização dos recursos, uma vez que apenas parte deles foram contabilizados de acordo com a metodologia do Manual Frascati. Além disso, a pesquisa considerou somente os recursos provenientes de financiamento público, não contabilizando os possíveis investimentos privados.

Como sugestões de trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de pesquisa com a expansão do escopo para incluir as Universidades Federais não abordadas, além das Universidades Estaduais e os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia. Além disso, seria vantajoso expandir o período de anos pesquisados para demonstrar os efeitos dos investimentos em um prazo mais longo. Com relação à influência das universidades nos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), é possível realizar um estudo comparativo entre a eficiência das universidades do país e os resultados de inovação com base na Pesquisa de Inovação (Pintec), auxiliando no entendimento da capacidade das universidades em promover a inovação das empresas.

Finalmente, é importante ressaltar que, apesar de décadas de pesquisas e estatísticas nacionais sobre o assunto, a disponibilização de dados e a mensuração das políticas públicas de CT&I nas universidades federais e nos demais atores do SNI do país ainda estão em estágios iniciais, necessitando de avanços significativos. Portanto, espera-se que este estudo possa contribuir para futuros trabalhos sobre o tema e auxiliar na construção de melhores métodos de avaliação das políticas públicas de CT&I nas universidades brasileiras.

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. G. M. de F.; OLIVEIRA, M. A. Análise de Eficiência em Ciência e Tecnologia das Universidades Públicas e Institutos Federais Localizados no Estado do Rio de Janeiro: Um Estudo Pré-Crise Econômica de 2014. **Revista Economia & Gestão**, v. 18, n. 49, p. 46-66, 2018.
- AUDY, J. A Inovação, o Desenvolvimento e o Papel da Universidade. **Estudos Avançados**, v. 31, p. 75-87, 2017.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- BARROS, C. R. **Ciência, Tecnologia e Inovação na trajetória do desenvolvimento nacional: um estudo da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2012-2015 sob a Perspectiva da Ação Pública 2017**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento, Sociedade e Cooperação Internacional). Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2017.
- BRASIL. **Avaliação de Políticas Públicas: Guia Prático de Análise Ex Post**. 2018. Casa Civil da Presidência da República. Brasília, DF, 2018.
- BRASIL. **Portal Brasileiro De Dados Abertos**. 2021. Disponível em: < <https://dados.gov.br/> >. Acesso em 30 de julho de 2021.
- CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. 2021a. **Portal de Transparência da Capes**. Disponível em: < <http://transparencia.capes.gov.br/> >. Acesso em 30 de julho de 2021.
- CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. 2021b. **Geocapes. Sistema de Informações Georreferenciadas – Capes**. Disponível em: < <https://geocapes.capes.gov.br/geocapes/> >. Acesso em 30 de julho de 2021.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European journal of operational research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.
- CNPQ. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 2021. **Portal de Dados Abertos do CNPQ**. Disponível em: < http://dadosabertos.cnpq.br/pt_PT/ >. Acesso em 24 de julho de 2021.
- DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows** (3rd ed.). Porto Alegre, 2006.
- DE MATTOS, J. R. L.; GUIMARÃES, L. dos S. **Gestão da Tecnologia e Inovação: Uma Abordagem Prática**. 2.ed. Saraiva, 2013.
- DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R.; ALVES, P. F. **Relações Universidade-Empresa no Brasil: O Papel da Infraestrutura Pública de Pesquisa**. Texto para Discussão. Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA). Brasília, DF, 2013.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. 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.

FERREIRA, C. M. de C.; GOMES, A. P. **Introdução à Análise Envolvória de Dados: Teoria, Modelos e Aplicações**. 2.ed. UFV, 2020.

FINEP. Financiadora de Estudos e Projetos. 2021. **Projetos Contratados e Valores Liberados**. Disponível em: < <http://www.finep.gov.br/transparencia-finep/projetos-contratados-e-valores-liberados> >. Acesso em 30 de julho de 2021.

FREY, K. Políticas públicas: um debate conceitual e reflexões referentes à prática da análise de políticas públicas no Brasil. **Planejamento e políticas públicas**, n. 21, 2000.

GIMENEZ, A. M. N.; BONACELLI, M. B. M.; BAMBINI, M. D. O Novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação No Brasil: Desafios para a Universidade. **Desenvolvimento em Debate**, v. 6, n. 2, p. 99-119, 2018.

GODIN, B. The who, what, why and how of S&T measurement. **Project on**, 2004.

GOLANY, B.; ROLL, Y. An application procedure for DEA. **Omega**, v. 17, n. 3, p. 237-250, 1989.

IBGE, Pesquisa de Inovação 2017, **Notas técnicas**. 2020. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: < https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101706_notas_tecnicas.pdf >. Acessado em 30 de julho de 2021.

LETA, F. R. *et al.* Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos. **Investigação Operacional**, v. 25, n. 2, p. 229-242, 2005.

LETTI, A. G.; BITTENCOURT, M. V. L.; VILA, L. E. Análise Comparativa da Eficiência das Universidades Federais entre as Regiões Brasileiras (2010 a 2016). **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. 2020.

LUNDVALL, B. Å. **The learning economy and the economics of hope**. Anthem Press, 2016.

MARIANO, E. B. **Crescimento Econômico e Desenvolvimento Humano: Uma Análise Mundial da Eficiência Social de Estados-Nação**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, 2012.

MAZZETTI, A. C.; GAZOLLA, M.; MARINI, M. J. PCTI no Brasil: A Relação Inovação e Sistema Produtivo na Atual Estratégia Nacional. **COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 17, n. 1, p. 105-120, 2020.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. 2021. **Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação**. Disponível em: <

https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/indicadores_cti.html >. Acesso em 30 de julho de 2021.

MPOG, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Indicadores: Orientações Básicas Aplicadas à Gestão Pública**. Brasília, DF, 2012.

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development. **Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities**. OECD Publishing. Paris, França, 2015.

PLANELLS, M. **Avaliação da Eficiência da Gestão dos Recursos nas Universidades Federais Brasileiras**. Dissertação (Mestrado em Contabilidade). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2018.

RAMOS, M. Y. Evolução e Novas Perspectivas para a Construção e Produção de Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, p. 1-23, 2008.

RAY, S.C. **Data envelopment analysis: theory and techniques for economics and operations research**. Cambridge university press, 2004.

SANTIAGO, L. S. **Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil: Uma Análise dos Impactos com Base na Execução Orçamentária no Período de 2006 a 2017**. 167 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis). Faculdade de Administração e Finanças. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2018.

SECCHI, L. **Políticas Públicas: Conceitos, Esquemas de Análise, Casos Práticos**. 2. ed. São Paulo. Editora Cengage Learning. 2013.

SILVA, D. R. de M. **O Processo de Construção Conceitual-Metodológica da PINTEC**. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica). Universidade Estadual de Campinas, 2015.

SOBRAL, F. A. da F.; SANTOS, G. L. Avaliação de Políticas Públicas de Ciência, Tecnologia e Inovação: Abordagens a Partir de Casos Concretos. **Tecnologias, Sociedade e Conhecimento**, v. 5, n. 1, p. 08-26, 2018.

STOKES, D. E. **Pasteur's quadrant: Basic science and technological innovation**. The Brookings Institution, 1997.

THIELMANN, R. **A Construção Institucional das Políticas Públicas de Apoio à Ciência, à Tecnologia e à Inovação no Período de 1999 a 2010 e o Papel da Finep na Política Pública de Fundos Setoriais**. Tese (Doutorado em Políticas Públicas, Estratégia e Desenvolvimento). Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2014.

VIOTTI, E. B.; MACEDO, Mariano de Matos. Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil. In: **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil**. 2003. p. 614-614.