

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS E
DESENVOLVIMENTO
PROFIAP - MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

MAURICIO SANTOS CONDESSA

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

VOLTA REDONDA
2022

MAURICIO SANTOS CONDESSA

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

Dissertação apresentada ao Mestrado
Profissional em Administração Pública em
Rede da Universidade Federal Fluminense,
como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre em Administração Pública

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Thielmann

Volta Redonda, RJ
2022

Ficha catalográfica automática - SDC/BAVR
Gerada com informações fornecidas pelo autor

C745a Condessa, Mauricio Santos
Análise da eficiência em ciência, tecnologia e inovação das universidades federais brasileiras através da análise envoltória de dados (DEA) / Mauricio Santos Condessa ; Ricardo Thielmann, orientador. Volta Redonda, 2022.
201 f. : il.

Dissertação (mestrado profissional)-Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2022.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PGPPD.2022.mp.01118106040>

1. Administração Pública. 2. Política Pública. 3. Ciência e Tecnologia. 4. Análise Envoltória de Dados (DEA). 5. Produção intelectual. I. Thielmann, Ricardo, orientador. II. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Ciências Humanas e Sociais. III. Título.

CDD -

MAURICIO SANTOS CONDESSA

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

Dissertação apresentada ao Mestrado
Profissional em Administração Pública em
Rede da Universidade Federal Fluminense,
como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre em Administração Pública

Aprovada em 03 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Thielmann – UFF
Orientador

Prof. Dr. André Ferreira – UFF

Prof. Dr. Marcos Tanure Sanabio – UFJF

Volta Redonda
2022

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção em todos os momentos da minha vida. Durante toda a trajetória do mestrado foi a força que me guiou nos momentos mais difíceis.

À minha esposa, Marcelle, companheira inseparável. Esteve sempre ao meu lado durante essa trajetória, sempre me apoiando com ensinamentos e reflexões que foram fundamentais em todos os aspectos. Sem você nada disso teria sido possível.

Aos meus pais, por serem sempre uma fonte de amor e motivação em minha vida. Desde sempre vocês me ensinaram a importância da educação, não tendo sido diferente em mais essa etapa.

Aos meus irmãos, Diego e Leandro, meus melhores amigos e exemplos de profissionais, que desde sempre foram fontes de inspiração para mim.

Aos meus demais amigos e familiares que, em diferentes momentos e de diferentes formas auxiliaram na motivação e tranquilidade necessárias para o bom andamento deste projeto.

Aos colegas do Inmetro que, de alguma forma, foram importantes na minha trajetória profissional, tendo sido fundamentais no meu processo de amadurecimento para o ingresso e conclusão do mestrado.

Aos colegas, professores e funcionários do Profiap/UFF. Todas as experiências e ensinamentos adquiridos durante o período das aulas foram essenciais para a realização desta dissertação e também para todo o restante de minha vida.

Aos professores que participaram das bancas de qualificação e de defesa: Profs. Drs. André Ferreira, Júlio Cesar Andrade de Abreu e Marcos Tanure Sanabio. Todas as críticas, sugestões e conselhos foram primordiais no desenvolvimento do trabalho e no meu amadurecimento como pesquisador.

Por fim, meu agradecimento especial ao Prof. Dr. Ricardo Thielmann, orientador dessa dissertação, não somente pelo suporte, condução e orientação da pesquisa, mas também pela amizade ao longo de todo o processo.

RESUMO

A Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) é considerada fundamental para o desenvolvimento dos países, tendo as universidades um papel estratégico para o seu estímulo. Ao longo das últimas décadas, o Brasil implementou diversas políticas públicas de promoção ao desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação, tendo ocorrido avanços importantes, porém com muito ainda a ser alcançado. Com a recente crise econômica enfrentada pelo país, ferramentas de avaliação da eficiência de políticas públicas ganham relevância na medida em que possibilitam a comparação de diferentes contextos, sendo a Análise Envoltória de Dados (DEA) uma modelagem frequentemente utilizada em avaliações da eficiência de instituições de ensino superior. Dessa forma, esta pesquisa realizou a análise de eficiência em CT&I de 45 Universidades Federais, localizadas em 19 Unidades da Federação do país, por meio da DEA entre os anos de 2015 e 2017, avaliando a evolução anual dos resultados e classificando as universidades a partir da análise consolidada de todos os anos. Foram utilizadas como variáveis de entrada os recursos humanos e financeiros, e como variáveis de saída as publicações de artigos e obtenções de patentes por parte das universidades. Como resultados, constatou-se na análise anual que 66,67% das universidades foram mais eficientes no ano de 2017, enquanto a análise consolidada indicou como resultado que 16 universidades (35,56%) foram tecnicamente eficientes. A partir da classificação das universidades, foi verificado que as primeiras colocadas estão localizadas na região sul, que também foi a região que apresentou a melhor eficiência média em comparação às demais.

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

ABSTRACT

Science, Technology and Innovation (ST&I) is considered essential for the development of countries, with universities having a strategic function in its promotion. Over the last few decades, Brazil has implemented several public policies to promote scientific, technological and innovation development, with important advances having been made, but with much still to be achieved. With the recent economic crisis faced by the country, tools for evaluating the efficiency of public policies gain relevance as they allow the comparison of different implementations. In this context, Data Envelopment Analysis (DEA) is a model frequently used in evaluations of the efficiency of higher education institutions. Thus, this research performed the efficiency analysis in ST&I of 45 Federal Universities, located in 19 Federation Units of the country, through the DEA between the years 2015 and 2017, evaluating the annual evolution of the results and ranking the universities based on the consolidated analysis of all years. Human and financial resources were used as input variables, and as output variables were used publications of articles and patents obtained by universities. As a result, it was found in the annual analysis that 66.67% of universities were more efficient in 2017, while the consolidated analysis indicated as a result that 16 universities (35.56%) were technically efficient. From the ranking of universities, it was verified that the first placed are located in the southern region, which was also the region that presented the best average efficiency compared to the others.

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

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de políticas públicas	35
Figura 2: O Processo de transferência de tecnologia entre governo, empresa e universidade	44
Figura 3: Produção e fronteira de eficiência de diferentes unidades	98
Figura 4: Exemplo de ocorrência de folga em modelagem DEA	107

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Percentual de dispêndios públicos de C&T em relação ao PIB	19
Gráfico 2: Diagrama de dispersão entre os recursos financeiros e a produção científica	126
Gráfico 3: Diagrama de dispersão entre os recursos humanos e a produção científica.....	126
Gráfico 4: Diagrama de dispersão entre os recursos financeiros e a produção técnica.....	127
Gráfico 5: Diagrama de dispersão entre os recursos humanos e a produção técnica	127
Gráfico 6: Percentual de vezes que cada universidade atingiu a eficiência superior a 0,80	132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Indicadores referenciados na ENCTI 2016-2022 e ENCTI 2012-2015	72
Quadro 2: Indicadores constantes na página dos indicadores nacionais de CT&I.....	74
Quadro 3: Modelos DEA CCR e BCC.....	103
Quadro 4: Modelos DEA segundo estágio	108
Quadro 5: Variáveis a serem utilizadas.....	116
Quadro 6: Universidades federais utilizadas na pesquisa	117
Quadro 7: FAPs existentes em cada UF da pesquisa	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantitativo total de recursos humanos, recursos financeiros, produção técnica e produção científica.....	123
Tabela 2: Eficiência técnica das universidades através da análise temporal.....	130
Tabela 3: Eficiências técnicas por ano, tendência e ano com melhor resultado.....	133
Tabela 4: Percentual superior dos resultados de 2017 em comparação com a média.....	134
Tabela 5: Somatório dos valores das universidades para o período.....	135
Tabela 6: Eficiências técnicas e <i>benchmarks</i> com a respectiva contribuição (λ_k) para as universidades.....	137
Tabela 7: Metas para as universidades com os aumentos percentuais necessários.....	140
Tabela 8: Classificação dos resultados com base no índice agregado.....	142
Tabela 9: Classificação dos resultados regionais.....	144

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ACTC	Atividades Técnicas e Científicas Correlatas
BCC	Banker, Charnes e Cooper
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BPT	Balanço de Pagamentos Tecnológico
C&T	Ciência e Tecnologia
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNCTI	Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CRS	<i>Constant Returns to Scale</i>
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DMU	<i>Decision-Making Units</i>
ENCTI	Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
EPO	<i>European Patent Office</i>
ETT	Escritórios de Transferências de Tecnologia
FA	Fundação Araucária
FACEPE	Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco
FALA.BR	Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação
FAP	Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa
FAPDF	Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal
FAPEAL	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas
FAPEG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás
FAPEMA	Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão
FAPEMAT	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso
FAPEMIG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FAPERGS	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul
FAPERJ	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

FAPERO	Fundação de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e à Pesquisa do Estado de Rondônia
FAPES	Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo
FAPESB	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia
FAPESC	Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FAPESPA	Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas
FAPESQ	Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FUNCAP	Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FUNDECT	Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul
FUNTEC	Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico
FURG	Universidade Federal do Rio Grande
GEOCAPES	Sistema de Informações Georreferenciadas da Capes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICT	Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação
IES	Instituições de Ensino Superior
IFES	Instituições Federais de Ensino Superior
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
JPO	<i>Japan Patent Office</i>
LAI	Lei de Acesso à Informação
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
NIT	Núcleo de Inovação Tecnológica
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PACTI	Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação
PADCT	Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PBDCT	Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PBM	Plano Brasil Maior

PBQP	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade
PDP	Política de Desenvolvimento Produtivo
PED	Programa Estratégico de Desenvolvimento
PIB	Produto Interno Bruto
PINTEC	Pesquisa de Inovação
PITCE	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
RIECTI	Rede de Indicadores Estaduais de Ciência, Tecnologia e Inovação
RNP	Rede Nacional de Ensino e Pesquisa
SBM	<i>Slacks-Based Measure</i>
SJR	SCImago Journal & Country Rank
SNCTI	Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
SNDCT	Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
SNI	Sistema Nacional de Inovação
TIB	Tecnologia Industrial Básica
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UFABC	Universidade Federal do ABC
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UFCSPA	Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFGD	Universidade Federal da Grande Dourados
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFMA	Universidade Federal do Maranhão
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
UFMT	Universidade Federal de Mato Grosso
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto

UFOPA	Universidade Federal do Oeste do Pará
UFPB	Universidade Federal do Pará
UFPA	Universidade Federal da Paraíba
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFPEL	Universidade Federal de Pelotas
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRA	Universidade Federal Rural da Amazônia
UFRB	Universidade Federal do Recôncavo Baiano
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
UFSJ	Universidade Federal de São João del-Rei
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UFTM	Universidade Federal do Triângulo Mineiro
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UFVJM	Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
UNB	Universidade de Brasília
UNIFAL- MG	Universidade Federal de Alfenas
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá
UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo
UNIPAMPA	Universidade Federal do Pampa
UNIR	Universidade Federal de Rondônia
UNIRIO	Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
USPTO	<i>United States Patent and Trademark Office</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VRS	<i>Variable Returns to Scale</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS.....	20
1.1.1 Objetivo Geral	20
1.1.2 Objetivos Específicos	20
1.1.3 Organização do Trabalho.....	21
2 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE UMA NAÇÃO	23
2.1 ASPECTOS IMPORTANTES SOBRE O PAPEL DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO.....	25
2.1.1 Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).....	25
2.1.2 O Processo de Transferência Tecnológica.....	28
2.1.3 Classificações e Modelos sobre a Inovação	29
3 POLÍTICAS PÚBLICAS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO E A SUA INSERÇÃO NO CENÁRIO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO	32
3.1 POLÍTICAS PÚBLICAS	32
3.2 POLÍTICAS PÚBLICAS DE CT&I	36
3.3 O SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO.....	40
3.4 A INTERAÇÃO ENTRE O ESTADO, UNIVERSIDADES E EMPRESAS	43
3.5 A IMPORTÂNCIA DAS UNIVERSIDADES NO CONTEXTO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE CT&I.....	45
3.6 HISTÓRICO, CARACTERÍSTICAS E INSTRUMENTOS DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE CT&I NO BRASIL.....	49
3.7 INSTRUMENTOS EXISTENTES PARA A PROMOÇÃO DA CT&I NAS UNIVERSIDADES	57
4 AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS NO CONTEXTO DA CT&I.....	60
4.1 AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS	60
4.2 A AVALIAÇÃO, AS ESTATÍSTICAS E O USO DE INDICADORES NO CONTEXTO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE CT&I	66
4.2.1 Indicadores de CT&I Utilizados pelo MCTI.....	70

4.2.2 Manuais da OCDE e a Necessidade de Padronização na Medição	77
4.2.3 Indicadores Abordados na Literatura Recente.....	92
5 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) COMO FERRAMENTA DE MEDIÇÃO DA EFICIÊNCIA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE CT&I	97
5.1 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS.....	97
5.2 A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS, SUAS CARACTERÍSTICAS, MODELOS PRINCIPAIS E IMPLEMENTAÇÕES ADICIONAIS	99
5.2.1 Modelos Principais	101
5.2.2 Etapas e Definições para a Implementação de uma Modelagem DEA	104
5.2.3 Determinação e Tratamento das Folgas.....	106
5.2.4 Melhoria na Discriminação do Modelo	108
5.3 DEA PARA MEDIÇÃO DA EFICIÊNCIA DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR BRASILEIRAS	109
6 METODOLOGIA.....	112
6.1 PROCEDIMENTOS.....	113
6.1.1 Definição das Variáveis e Fontes de Dados	113
6.1.2 Definição das Universidades Federais Pesquisadas	116
6.1.3 Tratamento dos Dados	120
6.1.4 Definição do Modelo DEA.....	125
6.1.5 Implementações Adicionais.....	128
7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	130
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	145
REFERÊNCIAS	150
APÊNDICE A – MODALIDADES DE FOMENTOS DA CAPES CONSIDERADAS.	161
APÊNDICE B – TAXAS DE CÂMBIO UTILIZADAS PARA CONVERSÃO DOS VALORES DOS RECURSOS CAPES.....	162
APÊNDICE C – RECURSOS ORIUNDOS DE AÇÕES DE FOMENTO DA CAPES.	163
APÊNDICE D – MODALIDADES DE FOMENTOS DO CNPQ CONSIDERADAS ..	165
APÊNDICE E – RECURSOS ORIUNDOS DE AÇÕES DE FOMENTO DO CNPQ ..	166
APÊNDICE F – RECURSOS ORIUNDOS DE AÇÕES DE FOMENTO DA FINEP ..	168

APÊNDICE G – RECURSOS ORIUNDOS DE AÇÕES DE FOMENTO DAS FAPS .	170
APÊNDICE H – INVESTIMENTOS COM RECURSOS DAS UNIVERSIDADES.....	172
APÊNDICE I – RECURSOS HUMANOS POR CATEGORIA	174
APÊNDICE J – PRODUÇÃO TÉCNICA E CIENTÍFICA	176
APÊNDICE K – EFICIÊNCIA E RESULTADOS DOS VALORES PROJETADOS COM AS RESPECTIVAS PROJEÇÕES RADIAIS E FOLGAS	178
APÊNDICE L – RELATÓRIO TÉCNICO COM PROPOSTA DE INTERVENÇÃO	186

1 INTRODUÇÃO

Mesmo sendo um fenômeno relativamente recente na história da humanidade, já é claro o entendimento de que a Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) exerce um papel fundamental no desenvolvimento econômico e social dos países, principalmente em um contexto de globalização marcado pela concorrência e domínio do conhecimento. Essa realidade faz com que naturalmente ocorra uma tendência das nações desenvolvidas que investem em CT&I se fortalecerem economicamente, se distanciando cada vez mais dos países subdesenvolvidos. Estes, em contrapartida, precisam concentrar esforços em investimentos no setor, buscando superar os obstáculos existentes e, por consequência, reduzir as assimetrias que os separam das economias avançadas.

Neste contexto, é fundamental a atuação impulsionadora do Estado para que ocorra a correta coordenação e incentivo da promoção da ciência, tecnologia e inovação nas sociedades, destacando-se as políticas públicas como importantes ferramentas para estímulo e construção de ambientes propícios ao desenvolvimento científico e tecnológico equilibrado nos países. Assim, torna-se importante a construção não somente de políticas científicas, tecnológicas e de inovação, mas também as relacionadas, como a industrial, educacional e regional (MCTIC, 2016; SOETE; VERSPAGEN; TER WEEL, 2009).

Ao longo das últimas décadas, com o aumento da percepção da CT&I como instrumento de desenvolvimento, avançou no Brasil a criação sistemática de políticas públicas destinadas a este propósito. Inicialmente, as políticas de CT&I foram destinadas à criação da infraestrutura científica e tecnológica e ao desenvolvimento das atividades de educação e pesquisa, representados pelas universidades e os institutos de pesquisa, ciência e tecnologia, uma vez que se entendia que a inovação ocorreria naturalmente de maneira linear a partir desse tipo de investimento. Recentemente, entretanto, a percepção de que a inovação ocorre a partir de uma maior interação entre os agentes do sistema, tem feito com que as ações passem a também terem como alvo a ser priorizado as empresas e as relações de interação entre universidades e empresas (GIMENEZ; BONACELLI; BAMBINI, 2018; SANTIAGO, 2018).

Dessa forma, a partir dos avanços ao longo do tempo, consolidou-se no Brasil um Sistema Nacional de Inovação (SNI) complexo que congrega a infraestrutura e diversos instrumentos e atores inter-relacionados que atuam em conjunto com o propósito de

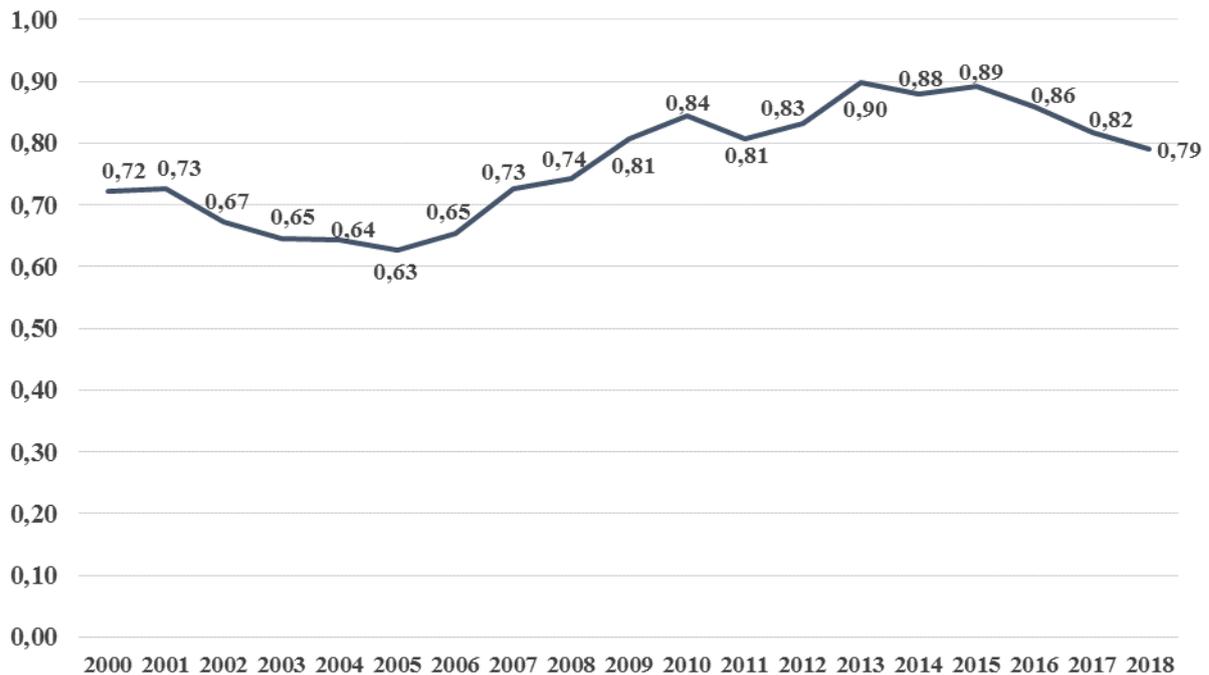
desenvolvimento da CT&I e, como consequência, do país. Dentre os atores, destacam-se o governo, universidades e empresas, cuja ação conjunta é tida como essencial em diversas abordagens. Para que o sistema se desenvolva, todos os elos precisam funcionar corretamente, sendo a sua interação um fator crítico para o desempenho científico, tecnológico e de inovação de um país (DE MATTOS; GUIMARÃES, 2013).

Um outro ponto importante a ser destacado nesta perspectiva é o papel estratégico desempenhado pelas universidades na consolidação dos SNI dos países. Em uma sociedade baseada cada vez mais no conhecimento, essas instituições possuem uma atuação central para o desenvolvimento econômico na medida em que exercem papéis em diversos eixos da CT&I como, por exemplo, a formação e aprimoramento de capital humano, produção e difusão de conhecimento e suporte ao setor produtivo (AUDY, 2017; ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000). No Brasil, em especial, destacam-se as universidades federais como grandes expoentes nas atividades de ensino, pesquisa e extensão (LETTI; BITTENCOURT; VILA, 2020).

Como resultado das implementações de políticas públicas de CT&I no país, ocorreram avanços significativos nos principais indicadores de acompanhamento existentes ao longo das últimas duas décadas, como os investimentos em pós-graduação, publicações de artigos e concessões de patentes. Apesar dos avanços, os resultados do país ainda são modestos quando comparados com o restante do mundo desenvolvido, demonstrando que ainda há muito a ser feito (MCTI, 2020c).

Adicionalmente a este contexto, tem-se que recente crise enfrentada pelo país fez com que os investimentos públicos em CT&I tenham tido recuo em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) nos últimos anos. O gráfico 1 ilustra essa situação ao apresentar o total de dispêndios públicos em C&T em relação ao PIB. Como pode ser constatado, em 2018 os gastos retornaram ao patamar do início da década.

Gráfico 1: Percentual de dispêndios públicos de C&T em relação ao PIB



Fonte: MCTI (2021a)

Com a redução da capacidade estatal de realizar investimentos, aliada a uma maior cobrança da sociedade, ferramentas que avaliem os resultados das políticas públicas implementadas ganham relevância no sentido de indicar quais ações apresentam melhores resultados, permitindo alterações que possibilitem a obtenção de implementações mais satisfatórias. Neste contexto, a análise de eficiência se destaca por ser um instrumento que propicia a realização de comparação entre políticas públicas desenvolvidas em diferentes contextos, indicando quais são mais eficientes e, como consequência, permitindo melhorias tanto na aplicação dos recursos públicos, quanto nas atividades de gestão (ALVES; OLIVEIRA, 2018).

Neste sentido, é imprescindível a medição e, conseqüentemente, a comparação entre as diferentes implementações de políticas públicas no país, como as de CT&I. Partindo do entendimento da fundamental importância das universidades federais dentro do contexto dessas políticas públicas, torna-se importante avaliar em que medida existem diferenças na eficiência da implementação das políticas públicas de CT&I por essas instituições, permitindo a realização de análises tanto sobre os resultados das próprias instituições, como dos impactos de sua atuação para os demais elos do SNI.

Sobre esse aspecto, cabe destacar que, dentre todas as estatísticas oficiais existentes no Brasil para a descrição dos esforços e resultados das políticas públicas de CT&I, a que envolve a atividade de inovação (Pesquisa de Inovação – Pintec) é trienal, sendo que a atual edição, publicada em 2020, engloba os anos de 2015, 2016 e 2017 (IBGE, 2020). Dessa forma, a realização de uma medição da eficiência das universidades federais com este recorte temporal possui importância na medida em que auxilia a realização de futuras análises e comparações abrangentes dentro do SNI nacional.

Assim, esta pesquisa visa responder ao seguinte questionamento: Qual é o nível de eficiência em CT&I das universidades federais, localizadas no Brasil, entre os anos de 2015 e 2017?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar a eficiência de produção em CT&I das universidades federais do país entre os anos de 2015 e 2017, buscando compreender as diferenças existentes entre as instituições estudadas.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral possa ser alcançado, os seguintes objetivos específicos também serão englobados:

- Identificar, com foco nas estatísticas oficiais e na harmonização internacional, quais são os indicadores mais comumente utilizados no processo de descrição do fenômeno da CT&I, selecionando aqueles a serem utilizados na pesquisa;
- Coletar dados que reflitam a produção de CT&I nas universidades federais brasileiras a serem estudadas entre os anos de 2015 e 2017;
- Selecionar uma ferramenta matemática que estabeleça qual o nível de eficiência em CT&I de cada universidade federal pesquisada através dos dados obtidos; e

- Examinar, a partir dos resultados, quais as regiões do país apresentaram os melhores resultados com base nas universidades avaliadas durante o período de tempo selecionado.

1.1.3 Organização do Trabalho

A presente pesquisa está dividida em oito capítulos estruturados, além das referências e apêndices, de modo a possibilitar uma melhor compreensão do tema e das etapas de desenvolvimento.

O capítulo 1 apresenta o problema de pesquisa a ser trabalhado, contemplando o objetivo geral, os objetivos específicos e a organização do trabalho.

No capítulo 2 é abordada a relevância da CT&I para o desenvolvimento dos países, bem como são introduzidos e descritos os principais conceitos e classificações que envolvem o tema.

O capítulo 3 discorre sobre a importância das políticas públicas de CT&I nos países e a sua inserção no cenário brasileiro, sendo apresentados os principais conceitos sobre o tema. É apresentado também o histórico evolutivo dessas políticas no Brasil, com enfoque para os instrumentos existentes para a sua promoção nas universidades.

O capítulo 4 introduz o conceito e os aspectos mais importantes da avaliação de políticas públicas de CT&I, abordando os indicadores, as estatísticas nacionais e os documentos que visam auxiliar na harmonização da medição internacional.

O capítulo 5 introduz o conceito de análise de eficiência das políticas públicas, apresentando a Análise Envoltória de Dados (DEA), ferramenta matemática comumente utilizada neste tipo de avaliação.

O capítulo 6 descreve a metodologia utilizada na pesquisa, os tipos e abordagens utilizados, além dos procedimentos necessários para a sua realização.

O capítulo 7 apresenta e analisa os resultados da pesquisa.

O capítulo 8 realiza as considerações finais, destacando os principais pontos abordados e resultados encontrados. São apresentadas também as principais contribuições e limitações do trabalho, bem como as propostas de pesquisas futuras.

2 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE UMA NAÇÃO

É notório o importante papel recente da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) para o desenvolvimento de qualquer país. Diversos estudos e exemplos práticos em nossa sociedade comprovam que países que coordenaram esforços na realização de investimentos na área obtiveram avanços econômicos e sociais, conseguindo assim construir geração de riquezas com democratização de oportunidades e melhoria da qualidade de vida (SANTIAGO, 2018). Conforme apontado por De Negri, Cavalcante e Alves (2013), a produção de conhecimento científico, a inovação e o crescimento de renda são variáveis profundamente relacionadas. Dessa forma, a construção de um sistema de CT&I é estratégico para que qualquer nação possa obter avanços em seus resultados socioeconômicos.

Entretanto, este é um fato relativamente recente no contexto da história mundial, razão pela qual da importância do seu estudo para a melhor compreensão tanto do seu efetivo papel no desenvolvimento das economias, quanto em como ele influencia a dinâmica dos agentes da sociedade (BARROS, 2017). Conforme abordado por Borges (2016), embora a ciência tenha começado a ser manipulada, ensinada e debatida pela civilização ocidental há mais de dois mil anos, foi somente na segunda metade do século XX que ela passou a ser associada com a tecnologia, garantindo a soberania dos países que as dominavam. Tempos depois, já na transição do século passado para o século atual, o cenário altamente competitivo enfrentado pela sociedade moderna e a necessidade de expansão das fronteiras do conhecimento fizeram com que o termo inovação passasse a ser incorporado no contexto da CT&I. Dessa forma, a inovação passou a ser vista como fundamental para o crescimento econômico das empresas e nações, principalmente no mundo globalizado marcado pela forte concorrência e pela acelerada disseminação de tecnologias (ALVES, 2014; MAZZETTI; GAZZOLA; MARINI, 2020).

Um aspecto importante a ser citado neste contexto é a constatação da perspectiva de que o conhecimento é o recurso mais importante da economia moderna, assim como a aprendizagem é o processo mais significativo (LUNDVALL, 2016). Segundo Thielmann (2014), esta abordagem está centrada no conceito da economia baseada no conhecimento, tendo como característica o desenvolvimento de novos padrões nas cadeias de produção e comercialização de produtos e serviços, além do advento de inéditos modelos de cooperação e

competição entre os agentes econômicos, bem como o surgimento de novas constituições de circulação e valorização do capital a partir do maior uso de informação e conhecimento. O autor ainda esclarece que ocorre uma mudança de perspectiva na qual a geração de ideias, e não a acumulação de capital, passa a ser o principal meio para a geração de desenvolvimento.

Outro importante aspecto a ser analisado, principalmente no contexto comparativo das economias desenvolvidas e subdesenvolvidas, é com relação aos benefícios trazidos e às diferenças apresentadas entre os países no que diz respeito a promoção do desenvolvimento econômico e social através da CT&I. De acordo com Viotti e Macedo (2003), há evidências de que a natureza e o desenvolvimento dos processos tecnológicos, científicos e inovadores das economias industrializadas ocorrem de forma profundamente desigual do que nas economias em desenvolvimento, sendo necessário dessa forma uma correta compreensão de como ocorre essas dinâmicas em cada tipo de economia.

Ainda neste contexto, uma vez que o processo de geração de conhecimento científico e tecnológico com a consequente inovação conduz à soberania nacional e à dominação econômica (MCTIC, 2016; THIELMANN, 2014), e como o cenário internacional demonstra a realidade em que a competição entre os países está cada vez mais atrelada ao desenvolvimento da ciência (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000), os países desenvolvidos que concentram a maior parte do conhecimento mundial tendem a imporem sua soberania de desenvolvimento aos países periféricos. Estes, por outro lado, precisam estabelecer políticas que objetivam a criação de um ambiente favorável a uma adequada gestão do conhecimento com o objetivo de apresentarem desenvolvimento econômico e social que lhes aproximem das economias desenvolvidas (DE MATTOS; GUIMARÃES, 2013).

Borges (2016), por exemplo, cita que diversos estudos em países da Europa, América do Norte e Ásia comprovaram que o investimento em ciência e tecnologia trouxe ganhos econômicos e de competitividade aos países e, por consequência, incrementos para a qualidade de vida de suas sociedades. Como exemplo, Turchi e De Morais (2017) apresentam diversos casos de países desenvolvidos, como os Estados Unidos, Coréia do Sul e Finlândia, que em diferentes momentos recessivos recentes fizeram uso políticas de incentivo à CT&I em conjunto com outras políticas, como a de educação, para fomentar de forma mais rápida a retomada econômica e sair da crise com uma economia ainda mais dinâmica. Os autores argumentam que no cenário produtivo atual a concentração de esforços em ciência, tecnologia

e inovação, além de educação, é de fundamental importância na superação de crises e na promoção de desenvolvimento econômico e social de longo prazo. O MCTIC (2016) acrescenta que essa estratégia foi utilizada por diversos países desenvolvidos após a crise econômica de 2008, como por exemplo os integrantes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

Por outro lado, como apontado por Barros (2017), as economias em desenvolvimento, cuja competitividade é baseada na exploração de recursos naturais, ainda apresentam um modelo de aprendizado tecnológico, no qual a dificuldade de introdução do conhecimento nos processos produtivos impõe limitações ao surgimento da inovação nas economias. Turchi e De Moraes (2017) acrescentam sobre as dificuldades desses países alcançarem o desenvolvimento, citando que desde a Segunda Guerra Mundial apenas um pequeno grupo de países conseguiu avançar deixando o atraso para trás, enquanto tantos outros apenas alcançaram graus intermediários e transitórios de desenvolvimento, tendo muita dificuldade em avançar.

Neste aspecto, embora o Brasil tenha apresentado resultados consistentes nas últimas duas décadas, tendo observado incremento em boa parte dos indicadores, ainda persiste uma grande diferença em relação aos países desenvolvidos no que diz respeito à produção científica e tecnologia, sendo essa diferença ainda maior com relação à inovação. Além disso, ainda persistem desigualdades sociais e assimetrias regionais no acesso e na produção de CT&I, dificultando o seu pleno desenvolvimento. Dessa forma, para o país poder sustentar um desenvolvimento econômico e social de longo prazo, posicionando-se entre os países mais desenvolvidos do mundo, precisa adotar uma estratégia de crescimento com base no conhecimento, investindo e coordenando esforços de modo a conseguir avançar nos diferentes aspectos que envolvem a CT&I (MCTIC, 2016; SOARES *et al.*, 2016).

2.1 ASPECTOS IMPORTANTES SOBRE O PAPEL DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

2.1.1 Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

Para que se possa compreender adequadamente a importância da CT&I no desenvolvimento de uma sociedade, é preciso entender corretamente os significados de cada um desses termos e os locais onde eles ocorrem majoritariamente, bem como algumas das

teorias mais importantes deste campo de estudo. Ciência, tecnologia e inovação estão interligados, formando um processo contínuo e cíclico de acréscimo de conhecimentos. Entretanto, as suas interdependências complexas resultantes do seu processo de formação prejudicam o entendimento e uma clara divisão entre os termos (SANTIAGO, 2018).

De acordo com De Mattos e Guimarães (2013) ciência refere-se “ao conjunto organizado dos conhecimentos relativos ao universo objetivo, envolvendo seus fenômenos naturais, ambientais e comportamentais”. Ela pode ser pura ou fundamental, quando não possui objetivos práticos, ou aplicada, quando objetiva consequências determinadas. Por outro lado, a tecnologia é “o conjunto organizado dos conhecimentos científicos, empíricos ou intuitivos empregados na produção e na comercialização de bens e serviços”. Enquanto o domínio da ciência objetiva a compreensão dos fenômenos e suas consequências, o domínio da tecnologia define precisamente os processos que são necessários na produção de bens e serviços. A OECD (1990), ao abordar a diferença entre ciência e tecnologia, enfatiza a natureza operacional e prática do conhecimento técnico, sendo que a ciência é o conhecimento das leis da natureza, ao passo que a tecnologia é o domínio e a transformação da natureza. Dessa forma, a tecnologia é algo que possui como característica a sua utilização, generalização ou especificação e o seu grau de novidade e exclusividade.

A inovação é um produto ou processo de negócio novo e/ou aprimorado que difere de maneira significativa dos produtos e/ou processos anteriores. Enquanto que produtos se referem tanto a bens produzidos, quanto a serviços prestados, os processos de negócios envolvem tanto a função de negócio principal, quanto as funções de apoio, sendo considerados serviços para os quais a própria empresa é cliente (OECD, 2018). Kline e Rosenberg (1986) enfatizam que a inovação encobre uma grande variedade de atividades, incluindo-se, por exemplo, a substituição por materiais mais baratos, reorganização da produção e a própria melhoria dos processos que conduzem à inovação. Alves (2014) complementa que ela é um processo que envolve diversos atores, está relacionada com a ciência, tecnologia, pessoas e com a capacidade de criação, transmissão e absorção do conhecimento.

Ressalta-se, entretanto, que embora a associação da inovação com a ciência e tecnologia seja algo relativamente recente, seu estudo como fenômeno promotor de revoluções econômicas na sociedade é mais antigo, tendo em Joseph Schumpeter seu grande

expoente. De acordo com Schumpeter, é a partir da inovação que se altera a as condições de equilíbrio da economia, ocorrendo a partir dela uma perturbação que modifica o estado de estabilidade previamente existente. Ainda segundo o autor, as inovações surgem a partir das empresas, sendo dessa forma o produtor quem inicia a transformação econômica com base em novas combinações de materiais e forças, ocasionando assim o desenvolvimento (SCHUMPETER, 1997). Lundvall (2016) complementa que a inovação surge a partir da colisão entre as oportunidades técnicas e as necessidades dos usuários, sendo dessa forma importante que as unidades inovadoras possuam acesso a informações sobre ambas. O autor ainda complementa que no capitalismo moderno a inovação é um fenômeno fundamental para a competitividade de longo prazo das empresas e das economias nacionais.

Tão importante quanto entender os termos e suas interdependências, é identificar o local e a motivação em que cada uma dessas atividades ocorre majoritariamente. A ciência é gerada principalmente nas universidades e nas instituições de pesquisa, possibilitando uma compreensão da natureza a ser estudada através de uma mentalidade acadêmica. Por outro lado, a tecnologia e a inovação ocorrem majoritariamente nas empresas com uma orientação voltada ao lucro (BORGES, 2016; LUNDVALL, 2016). Entretanto, há de se ter atenção ao fato de que, contrariando o senso comum, a inovação não ocorre apenas em empresas que possuem atividades de pesquisa e desenvolvimento ou são altamente tecnológicas. Pelo contrário, ela ocorre em todos os setores da economia, sendo observada em todo tipo de organizações e nos próprios indivíduos (OECD, 2018).

De maneira semelhante, é importante compreender o significado de pesquisa e desenvolvimento, termos que são comumente utilizados em paralelo com ciência, tecnologia e inovação, podendo muitas vezes serem até confundidos. De acordo com a OECD (2015), pesquisa e desenvolvimento (P&D) envolve todo trabalho criativo, planejado e sistemático realizado com o intuito de aumentar o estoque de conhecimento e para desenvolver novas aplicações com o conhecimento disponível. Suas atividades são baseadas em conceitos originais e objetivam sempre novas descobertas, sendo que os resultados são amplamente incertos e podem visar tanto objetivos específicos quanto gerais. Além disso, seus resultados podem ser transferidos e/ou reproduzidos por outros pesquisadores. Ela pode ocorrer em diferentes áreas do conhecimento, como ciências sociais, humanas e artes, não sendo uma atividade exclusiva das ciências naturais e da engenharia. Neste contexto, cabe ainda

diferenciar P&D das Atividades Técnicas e Científicas Correlatas (ACTC), que são um conjunto de atividades muito próximas e de difícil segregação das de P&D, como por exemplo as informações científicas e técnicas, análises, controle de qualidade, metrologia, entre outras (MCTI, 2020a).

O termo P&D congrega na realidade três tipos de atividades diferentes, que são a pesquisa básica, pesquisa aplicada e o desenvolvimento. A pesquisa básica se refere à busca pela extensão da compreensão dos fenômenos de determinado campo científico, enquanto a pesquisa aplicada é direcionada a alguma necessidade ou uso, seja individual ou da sociedade, tendo por objetivo a elaboração ou aplicação do conhecimento. Por outro lado, o desenvolvimento é a aplicação sistemática das descobertas obtidas pela pesquisa em elementos úteis, sejam materiais, equipamentos, sistemas, serviços, métodos, processos, entre outros (STOKES, 1997).

2.1.2 O Processo de Transferência Tecnológica

Transferência tecnológica é outro conceito basilar importante de ser compreendido no contexto do desenvolvimento através da CT&I, sendo fundamental na sustentação do processo de inovação, na promoção da vantagem competitiva e no desenvolvimento técnico-econômico de uma nação (GIMENEZ; BONACELLI; BAMBINI, 2018). Isto ocorre, pois, conforme abordado por Stokes (1997), os resultados em inovação tecnológica advindos dos investimentos em pesquisa básica ocorrem justamente através do processo de transferência de tecnologia. Lundvall (2016) complementa que o fluxo de informações somente pode ocorrer a partir da existência de canais para esta finalidade, sendo que o estabelecimento desses canais são investimentos demorados e dispendiosos.

O termo pode assumir diversas conceituações diferentes, podendo se referir tanto ao processo de difusão de descobertas científicas entre o meio acadêmico e governamental para o industrial privado, quanto ao processo de importação de tecnologia realizado por uma empresa. Chais, Ganzer e Olea (2018), por exemplo, defendem que transferência de tecnologia se trata de um processo no qual todas as partes envolvidas compartilham informações, conhecimentos, custos e benefícios. De acordo com a OECD (1990), tanto a tecnologia, quanto a sua difusão são fatores de concorrência internacional e de incentivo à cooperação entre empresas de diferentes países. Os países em desenvolvimento que

conseguiram alcançar o crescimento também foram aqueles que seguiram ou estão seguindo uma política ativa de *catching-up* tecnológico e estabeleceram mecanismos eficazes de cooperação. Da mesma forma, os países avançados também adquirem tecnologias do exterior, uma vez que é virtualmente impossível uma nação cobrir todo o espectro de avanços no conhecimento científico e tecnológico.

Neste contexto, Thielmann e La Rovere (2017), ao discutirem a contribuição da ciência para o desenvolvimento da inovação, citam que um aspecto importante a ser considerado neste contexto é a variedade de meios pelos quais o conhecimento científico pode se difundir para a indústria, contribuindo para a ocorrência da inovação. Conforme a OECD (1990), a tecnologia pode ser transmitida por meio de diferentes vetores, como máquinas, equipamentos e produtos (através do comércio de máquinas e ferramentas), pessoas (através de treinamentos, cooperações e assistências técnicas, congressos, seminários), documentos ou outras mídias (periódicos, estudos técnicos e acordos de patenteamento). Além disso, ela pode ser apropriada, seja por meios legais ou por sigilo, sendo que a disponibilidade e facilidade de acesso da tecnologia dependem do seu grau de apropriação (podendo ser transmitida livremente ou por meio de transações comerciais).

2.1.3 Classificações e Modelos sobre a Inovação

Dada a sua importância e complexidade, o fenômeno da inovação possui um arcabouço teórico importante de ser estudado para uma melhor compreensão de sua ocorrência. Esses conceitos envolvem tanto entendimentos sobre os diferentes tipos de inovação, quanto os modelos que sustentam as formas como os processos de inovação tecnológica ocorrem.

Existem muitas classificações diferentes sobre os tipos de inovação tecnológica, sendo que uma inovação particular pode ser classificada em diferentes categorias. Os tipos de classificação mais comuns são os relacionados ao tipo de mudança trazida pela inovação (incremental, radical ou fundamental) e a sua destinação (produto, processo ou serviço). Inovação incremental acontece quando são realizadas melhorias modestas em um produto ou processo de fabricação (reduzindo custo, aumentando a eficiência e/ou qualidade). Por outro lado, a inovação radical (ou disruptiva) surge quando são realizadas mudanças que geram um novo patamar tecnológico (alterando, por exemplo, os princípios de funcionamento do

produto ou processos), enquanto a inovação fundamental ocorre quando o seu impacto possibilita o desenvolvimento de outras inovações. A inovação de produto ou de serviços destina-se ao desenvolvimento de bens ou serviços novos ou com melhorias. De forma semelhante, a inovação de processo ocorre quando os processos de produção são alterados de forma a reduzir custos ou trazer melhorias na qualidade do produto ou serviço desenvolvidos a partir deles (AUDY, 2017; DE MATTOS; GUIMARÃES, 2013).

Com relação ao processo de inovação tecnológica, existem muitos modelos que foram desenvolvidos nas últimas décadas para descrevê-lo, evoluindo desde uma abordagem sequencial até uma mais integrada. O modelo linear, proposto após a segunda guerra mundial, é o mais antigo e simples, uma vez que idealiza que as etapas do processo de inovação ocorrem de forma sequencial desde a pesquisa básica e aplicada até a produção e comercialização, passando pelo desenvolvimento (KLINE; ROSENBERG, 1986). De acordo com Stokes (1997), tal modelo exerceu forte influência mundial a partir de 1945 quando o então diretor do Escritório de Pesquisa Científica e Desenvolvimento dos EUA, Vannevar Bush, elaborou um relatório que preconizava a importância da ciência básica, sua associação com a inovação tecnológica e, por consequência, o desenvolvimento socioeconômico.

A partir dos anos 1980, entretanto, surgiram descontentamentos com o modelo linear na medida em que este modelo, ao descrever a inovação como um processo simples, distorce a realidade prejudicando o seu entendimento e a tomada de decisão. Além disso, na visão de Etzkowitz e Leydesdorff (2000), este modelo foi insuficiente para induzir a transferência de conhecimento e tecnologia. Essa realidade impulsionou teóricos a formularem outros modelos, como por exemplo o modelo elo de cadeia e o modelo sistêmico. Segundo o modelo elo de cadeia, proposto por Stephen Kline e Nathan Rosenberg, o processo de inovação não é unilateral e bem-comportado, mas alternado e complexo, podendo ocorrer através de diferentes formas e com rápidas retroalimentações, tendo as empresas no centro de sua concepção, e não as universidades e instituições de pesquisa. Assim, o processo de inovação ocorre não somente através de uma ligação simples com a ciência, mas sim através de múltiplas ligações que também envolvem as percepções advindas do mercado e as necessidades dos usuários em potencial que exercem influência no design de novos produtos (KLINE; ROSENBERG, 1986).

Já na transição entre os anos 1980 e 1990 surgiu o modelo sistêmico, cuja concepção mais ampla e complexa parte do pressuposto de que as empresas não inovam isoladamente, mas sim dentro do contexto dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), ocorrendo interconexões simultâneas com os diversos tipos de organizações, como as empresas, instituições de ensino e pesquisa, bem como com demais estruturas do sistema, como a infraestrutura de pesquisa, sistema normativo, além do Estado e a própria economia como um todo (DE NEGRI; CAVALCANTE; ALVES, 2013; VIOTTI; MACEDO, 2003). Conforme exposto por Soete, Verspagen e Ter Weel (2009), este conceito, desenvolvido inicialmente por Christopher Freeman, Bengt-Åke Lundvall e Richard Nelson, é um processo contínuo em que as instituições, a aprendizagem e as redes desempenham um papel essencial na geração da inovação e mudança tecnológica.

3 POLÍTICAS PÚBLICAS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO E A SUA INSERÇÃO NO CENÁRIO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO

3.1 POLÍTICAS PÚBLICAS

As políticas públicas conduzem de maneira significativa a sociedade, impactando a vida das pessoas e a sua relação com o Estado (SOBRAL; SANTOS, 2018). Conforme abordado por Souza (2007), recentemente vários fatores contribuíram para uma maior visibilidade desse tema nos países, como por exemplo a ascensão das políticas restritivas de gastos na agenda dos países, além da redução da intervenção do papel do Estado na economia a partir da transformação de políticas sociais antes universais agora em focalizadas. Assim, essas mudanças fizeram com que as políticas públicas ganhassem importância junto à sociedade, ocorrendo dessa forma o conhecimento sobre o seu desenho, implementação e processo decisório.

Embora não exista consenso com relação ao seu significado, são muitas as definições importantes realizadas por diversos autores clássicos. David Easton, por exemplo, definiu políticas públicas como sendo um sistema a partir da relação entre formulação, resultados e ambiente. Segundo ele, ela seria uma teia complexa de decisões e ações que alocam valores, sendo envolvida em uma sequência de ações pelo tomador de decisões e permanecendo em ação por um extenso período de tempo. Charles Lindblom, outro autor clássico, trouxe como definição que política pública seria um agrupamento de pequenas decisões ou grandes ações que conduziriam a resultados estabelecidos. Outra definição importante é a de Theodore Lowi que definiu política pública como a regra desenvolvida por alguma autoridade governamental que expressa uma vontade de induzir o comportamento dos cidadãos através do uso de sanções positivas ou negativas. De acordo com o autor a formulação de políticas se constituem a partir da escolha das sanções e dos mecanismos institucionais combinados com a intenção especificada (NICHOLSON, 2002; SOUZA, 2007; THIELMANN, 2014).

A falta de consenso com relação a definição do que é uma política pública ocorre devido aos múltiplos entendimentos existentes sobre diversos aspectos. Como exemplo de um desses aspectos, existe o debate se as políticas públicas seriam estabelecidas via monopólio estatal (abordagem estatista) ou se atores não estatais, como organizações privadas, multilaterais ou não governamentais seriam também protagonistas no seu estabelecimento

(abordagem multicêntrica). Outro aspecto é se elas se refeririam somente a algum tipo de ação, ou se a não ação também seria considerada uma política pública. Por fim, outra discussão comum entre os teóricos é se seriam consideradas políticas públicas somente as diretrizes de nível estratégico, ou se as de nível operacional também fariam parte do seu escopo de atividade (SECCHI, 2014).

Dentro do estudo das políticas públicas, é importante conhecer tanto as definições sobre os seus tipos, quanto sobre o seu ciclo processual, de modo que se possa compreender corretamente as relações de poder dos grupos de interesse, as práticas político-administrativas e as influências existentes em cada tipo de política ou em cada uma das etapas do ciclo. O conhecimento do tipo de política pública permite a extração de seus elementos essenciais, capturando a essência do objeto em análise. Já o entendimento da política pública através de seus ciclos permite a visão de seu processo através de fases sequenciais e interdependentes, reduzindo a complexidade de sua análise. Ambos entendimentos são úteis no sentido de se realizar estudos comparativos setoriais ou transversais entre tipos diferentes de políticas públicas, podendo ser adotado até no contexto internacional (SANTIAGO, 2018; SECCHI, 2014; THIELMANN, 2014).

Com relação à tipologia, tem-se a estabelecida por Theodore J. Lowi como uma de bastante relevância no estudo das políticas públicas. De acordo com esse autor, as políticas públicas podem ser divididas em políticas públicas regulatórias, distributivas, redistributivas, regulatórias e constitutivas. Essa classificação se dá em função da forma e efeito da implementação, seu conteúdo e o modo como ocorrem as resoluções de conflitos (FREY, 2000; SECCHI, 2014).

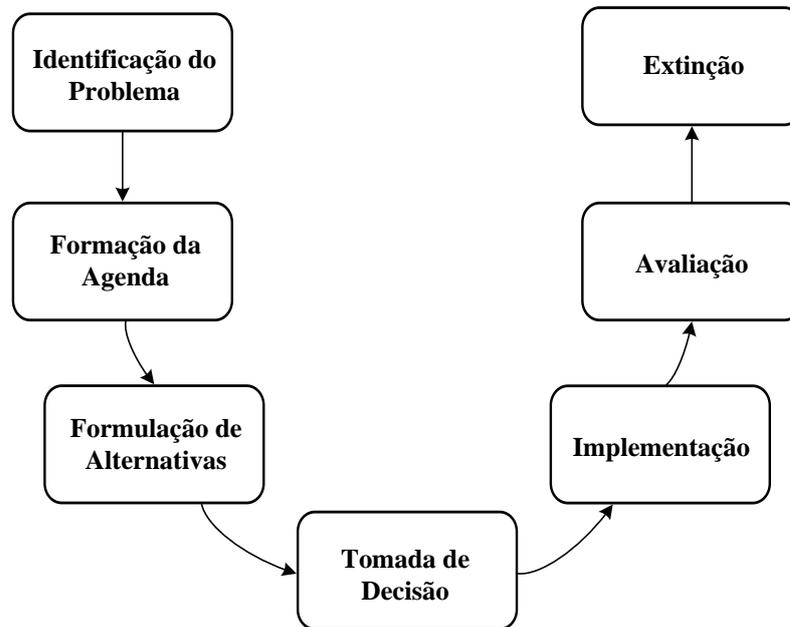
As políticas públicas distributivas se caracterizam pelo baixo grau de conflito, uma vez que beneficiam um grande número de destinatários e são percebidas como sendo distribuidoras de vantagens, não ocorrendo percepção de custos a grupos específicos. Por outro lado, as políticas redistributivas são polarizadas e conflituosas na medida em que possuem como característica o encaminhamento consciente de recursos ou benefícios entre os diferentes grupos da sociedade. As políticas públicas regulatórias são as que definem padrões à sociedade, como ordens e proibições, sendo que os seus custos e benefícios irão depender das configurações da política e podem ser divididos de forma equilibrada entre os grupos e setores. Da mesma forma, os processos de conflito e consenso dependem da configuração

específica. Por fim, as políticas constitutivas são as que definem as regras das outras políticas, ou seja, a estrutura dos processos e conflitos sob os quais os demais tipos de políticas irão ocorrer (FREY, 2000; LOWI, 1972).

Outro aspecto importante com relação à tipologia de Lowi é a subdivisão dos tipos de política a partir de duas dimensões que indicam tanto a possibilidade (remota ou imediata) quanto a aplicabilidade (individual ou abrangente) da coerção estatal, definindo assim as funções do Estado e os parâmetros da atividade política. As políticas regulatórias são de coerção imediata e individual, sendo específicas à atividade a que se destinam. Por outro lado, as políticas distributivas possuem benefícios específicos, mas com custos distribuídos, sendo dessa forma de coerção individual e remota, sendo assim pouco percebidas pela sociedade. De maneira diferente as políticas públicas redistributivas alteram o ambiente e as estruturas de poder, sendo de coerção imediata e com impacto abrangente. Por fim, as constitutivas são caracterizadas por serem de coerção remota e com baixa especificidade uma vez que estas definem as regras para a formulação de políticas, sendo dessa forma apenas procedimentais (LOWI, 1972; NICHOLSON, 2002).

Da mesma forma que a tipologia, existem diversos modelos propostos para o ciclo das políticas públicas, sendo que diferentes modelos podem possuir uma quantidade maior ou menor de etapas. De acordo com Frey (2000), a divisão da política pública em etapas torna-se interessante na medida em que facilita o entendimento das práticas político-administrativas, redes sociopolíticas e redes de poder existentes em cada uma das fases. Dentre os possíveis modelos, Secchi (2014) considera um restrito às seguintes fases: (i) identificação do problema, (ii) formação da agenda, (iii) formulação de alternativas, (iv) tomada de decisão, (v) implementação, (vi) avaliação e (vii) extinção. A figura 1 descreve o ciclo apresentado.

Figura 1: Ciclo de políticas públicas



Fonte: Secchi (2014, pg. 33)

Enquanto que a identificação do problema se refere à percepção dos atores sobre alguma realidade pública que se queira alteração, e a formação da agenda é quando um conjunto de problemas ou assuntos relevantes passa a fazer parte de diferentes pautas de discussão ou de programas governamentais, a etapa de formulação de alternativas relaciona-se com a construção de soluções para o problema, desenvolvendo-se soluções e estudando as possíveis consequências e os potenciais custos e benefícios de cada alternativa. Já a tomada de decisão é a etapa que acontece quando os interesses envolvidos são equacionados e os objetivos da política pública são especificados segundo um critério de decisão, sendo seguida pela fase de implementação, que é quando as diretrizes que foram estabelecidas são colocadas em prática através de rotinas e processos, sendo produzidos os resultados da política pública. A avaliação é a etapa do ciclo em que tanto a implementação da política pública, quanto os seus resultados são examinados. Por fim, a extinção da política pública é quando ocorre o seu término ou extinção a partir da resolução de seu problema, percepção de sua ineficácia ou de sua perda de importância (SECCHI, 2014).

Embora ambas as abordagens sejam úteis, deve-se ter atenção nas restrições de seus usos com relação ao correto entendimento das políticas públicas. Com relação às tipologias, por exemplo, destaca-se que muitas vezes os limites entre os tipos de políticas não são claros,

sendo que geralmente uma política pública apresenta características de mais de um tipo. Além disso, tem-se que muitas vezes elas podem se descolar da realidade, dificultando a correta categorização do objeto de estudo. Já com relação à modelagem por ciclos, tem-se que embora o processo consista em uma sequência de passos, na prática os atores dificilmente se restringem a esta sequência, em especial em políticas públicas complexas e com dinâmicas interativas. Assim, é comum as fases se apresentarem mescladas, além de não existir exatamente um ponto de início e finalização (FREY, 2000; SECCHI, 2014).

3.2 POLÍTICAS PÚBLICAS DE CT&I

Como apresentado no capítulo anterior, a Ciência, Tecnologia e Inovação é um tema fundamental para os países que buscam o desenvolvimento através da capacidade de inovação de suas empresas e demais organizações, sendo que a institucionalização de políticas públicas voltadas para esta finalidade passa a ser uma ferramenta estratégica para a obtenção de resultados mais efetivos (MAZZETTI; GAZZOLA; MARINI, 2020; THIELMANN, 2014). Dessa forma, é fundamental o estabelecimento de políticas que sejam claras e estáveis, envolvendo de forma sinérgica os principais atores do processo e promovendo um ambiente que promova os investimentos financeiros e de pessoal objetivando o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação (DE MATTOS; GUIMARÃES, 2013).

Um aspecto importante neste contexto é que, mesmo que o progresso ocorra a partir de uma ação múltipla e coordenada do governo, setor produtivo e infraestrutura científica e tecnológica, a atuação do Estado é fundamental para que ocorra a correta coordenação de esforços objetivando o desenvolvimento (FERREIRA, J.; FERREIRA, T., 2016; GOMES; KOVALESKI, 2017). De acordo com Lundvall (2016), inclusive, é o setor público quem influencia o ritmo e a direção da inovação através de suas intervenções.

Ainda sobre o protagonismo estatal, muitos estudos apontam que ele ocorre inclusive nas economias desenvolvidas, sendo observado que, a despeito da tendência de redução da atuação do Estado em muitos destes países, o setor público apresenta um papel fundamental no apoio à inovação, sendo que muitas vezes não ocorre investimento privado sem que existam também aportes públicos. Isto ocorre tendo em vista a maior incerteza apresentada pelas atividades que envolvem a inovação, bem como o seu caráter coletivo para promoção do desenvolvimento de um país (DE NEGRI *et al.*, 2020; THIELMANN; LA ROVERE, 2017).

Conforme acrescentado por Turchi e De Moraes, (2017), a forte presença estatal neste contexto também se justifica pela existência de externalidades e retornos sociais maiores do que os investimentos realizados.

Por outro lado, é importante observar que, conforme abordado por Bufrem, Silveira e Freitas (2018), a política de ciência, tecnologia e inovação é uma política-meio, servindo de suporte e constituindo elementos para demais políticas públicas, como a industrial, educacional, agrícola, etc., mas não deixando de ser pautada pela excelência científica e tecnológica. De Macêdo Filho (2016) complementa que a política de CT&I e as políticas industriais estão intimamente relacionadas, possuindo dessa forma uma relação de dependência, sendo ambas de fundamental importância para o desenvolvimento econômico dos países.

Sobre a trajetória mundial das políticas públicas de CT&I, é importante ter conhecimento de sua evolução incremental e enfoques ao longo do tempo. O início do processo de institucionalização das políticas públicas científicas e tecnológicas ocorreu em meados do século XX, no contexto após a segunda guerra mundial, passando a ocorrer dessa forma a socialização da ciência. No final dos anos 1970, entretanto, passa a surgir a percepção de que a inovação e desenvolvimento tecnológico são diretamente relacionados com o crescimento econômico, fazendo com que surgisse um movimento mundial para que a inovação passasse a ser vista como um elemento fundamental nas políticas públicas científicas e tecnológicas. No início do século XXI uma mudança de paradigma surge a partir da necessidade de rompimento do paradigma centrado na inovação como única fonte de desenvolvimento, passando a ser incluídas questões que envolvam o bem-estar social (GOMES; KOVALESKI, 2017; MAZZETTI; GAZZOLA; MARINI, 2020).

Sobre o aspecto social, o MCTI (2012) aborda que de fato a CT&I não é importante apenas pelos aspectos de competitividade trazidos na esfera econômica, mas também para o desenvolvimento social. Para tanto é fundamental que a política de CT&I esteja integrada com demais políticas que consigam disseminar novos conhecimentos e tecnologias ampliando o acesso de todos a novos produtos e serviços, gerando melhorias e reduzindo as desigualdades existentes na população. Barros (2017) complementa que a políticas de CT&I refletem o modelo de desenvolvimento de cada país, devendo ser considerada a forma como ela se relaciona com as variáveis socioeconômicas. Assim, com as cada vez maiores

demandas sociais, a inovação vista apenas sob a ótica tecnológica e econômica não responde adequadamente às divergências que existem entre o desenvolvimento e a desigualdade.

Ainda com relação à evolução das políticas públicas de CT&I, estas também evoluíram ao longo tempo desde a visão inicial de modelo linear de inovação até o desenvolvimento dos modelos mais avançados e integrados, como o elo de cadeia e o sistêmico, sendo que os conceitos da política sofreram alteração a depender do modelo no qual foram sendo baseados. No modelo linear, no qual se supõe que as etapas do processo de inovação avançam linearmente da pesquisa básica até a comercialização, o enfoque das políticas ocorre no estímulo às atividades de pesquisa básica, presumindo-se que estas seriam o motor do progresso e que ocorreria o desenvolvimento espontâneo da inovação no setor produtivo. Este modelo exerceu grande influência nas políticas públicas de CT&I em muitos países, sendo que muitos cientistas e pesquisadores fundamentam seus diagnósticos e prescrições com base neste modelo (STOKES, 1997; VIOTTI; MACEDO, 2003).

A partir do modelo elo de cadeia, no qual considera-se a empresa como o centro do processo de inovação, as políticas públicas passam a destacar o fomento à capacitação tecnológica das empresas e suas relações com as instituições de pesquisa (VIOTTI; MACEDO, 2003). Por outro lado, as políticas públicas baseadas no modelo sistêmico, que prevê que a inovação surge a partir das interconexões existentes no processo, objetivam promover às interações entre os atores, estimulando a associação da oferta com a demanda, bem como considerando as influências econômicas, organizacionais e institucionais (BARROS, 2017; DE NEGRI; CAVALCANTE; ALVES, 2013). Ainda neste contexto, de acordo com Lundvall (2016), para que se possa determinar o que os governos devem fazer para a promoção da inovação, é fundamental o conhecimento do contexto sistêmico específico de intervenção, sob o risco de introdução de mecanismos incompatíveis com a lógica de determinado sistema.

Como abordado por Bufrem, Silveira e Freitas (2018), a política em Ciência, Tecnologia e Inovação constitui um objeto de estudo complexo, permitindo uma variedade de recortes. Assim, Sobral e Santos (2018) enumeram diversas características das políticas públicas de CT&I que ilustram a sua profundidade e, dessa forma, dificuldade de estudo e compreensão. Citam, por exemplo, a sua complexidade, uma vez que sua formulação perpassa diferentes interesses de uma multiplicidade de atores, sendo que suas saídas ocorrem a partir

da atividade do Estado e da visão das necessidades da sociedade em termos de conhecimento científico e tecnológico. Além disso, ela é heterogênea, uma vez que ela é construída a partir de um conjunto de elementos que se interligam e que correspondem aos diversos interesses dos atores envolvidos em sua construção. Ela é também dinâmica, sendo que suas diretrizes e condições de aplicação evoluem constantemente a partir das alterações dos fatores e interesses que a impactam. Outras características importantes citadas são a sua multidimensionalidade e multidirecionalidade, uma vez que a sua elaboração é realizada em diferentes dimensões inter-relacionadas (percepção e o comprometimento governamental, identificação de objetivos, capacidade de identificação estatal, etc.) e seu alcance avança em direções diferentes, impactando diversas esferas (indústria e educação, por exemplo) e se conectando de forma sinérgica com diversas outras políticas públicas e estratégias desencadeadas pelo Estado, mobilizando vários sistemas e subsistemas sociais.

Como reflexo desta complexidade tem-se as dificuldades existentes na definição de estratégias para a obtenção do desenvolvimento através da CT&I, principalmente em momentos de estagnação econômica enfrentados pelos países, no qual alguns mantêm ou até elevam os investimentos em inovação por entenderem a sua importância no incremento da competitividade, enquanto outros não (TURCHI; DE MORAIS, 2017).

Outro aspecto que merece atenção no contexto das políticas públicas de CT&I são os instrumentos existentes para a sua promoção. A priorização da inovação em um país não ocorre apenas com a disponibilização de recursos e infraestrutura, mas através do estabelecimento de uma série de instrumentos que devem ser continuamente avaliados e revistos (GIMENEZ; BONACELLI; BAMBINI, 2018; TURCHI; DE MORAIS, 2017). Conforme Bufrem, Silveira e Freitas (2018), compõem o objeto desta política pública o aspecto normativo (legislações e regulações), as organizações atuantes no sistema, os programas de pesquisa, os mecanismos de fomento e financiamento, além da dinâmica existente para a geração e difusão do conhecimento. O MCTI (2012) cita como ferramentas importantes a formação e capacitação de recursos humanos, fortalecimento das atividades de pesquisa e de infraestrutura científica e tecnológica, e o apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico.

Para que se possa realizar pesquisa básica, aplicada e desenvolvimento científico e tecnológico, é preciso dispor tanto de pessoas qualificadas, quanto de uma infraestrutura que

suporte todo o leque de atividades. A infraestrutura de pesquisa (instalações físicas, laboratórios, equipamentos e recursos) é de extrema importância para a formulação de políticas que busquem fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico no longo prazo, sendo que estas devem ser modernas e contar com manutenção adequada, sendo importantes não somente na produção de conhecimento, mas também para a formação de recursos humanos e prestação de serviços técnicos e científicos (DE NEGRI; CAVALCANTE; ALVES, 2013; MCTIC, 2016). Com relação à capacitação dos recursos humanos, a OECD (1995) indica que os países mais inovadores são também os que realizam maiores investimentos em recursos humanos de forma contínua, devendo-se ter atenção nesta formação para que se possa endereçar corretamente as mudanças e desafios que surgem no mundo tecnológico.

Do lado do incentivo ao setor produtivo, diversos são os instrumentos que podem ser promovidos pelo Estado, como as parcerias, apoios, encomendas, compartilhamento de riscos, coordenação de áreas estratégicas, estímulo para inserção tecnológica e transferência de tecnologia, além do apoio ao investimento internacional (MCTI, 2012; TURCHI; DE MORAIS, 2017).

3.3 O SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO

Como exposto anteriormente, o modelo sistêmico de inovação abarca o conceito de Sistema Nacional de Inovação (SNI), termo importante no contexto das políticas públicas de CT&I que foi construído no final dos anos 1980 e início da década de 1990 a partir dos significados de “sistema” e “nacional”, ou seja, como sendo um conjunto de elementos inter-relacionados que se unificam em um só ao serem unidos e que estejam envolvidos no mesmo processo, compartilhando um ambiente em comum (RIBEIRO, 2019). Dessa forma, esta abordagem se baseia no entendimento de que a interação entre as instituições é um fator crítico para o desempenho científico e tecnológico de um país, existindo uma complexa e dinâmica interação de geração e difusão do conhecimento entre os atores do sistema através da infraestrutura tecnológica existente. Assim, o SNI engloba não somente a infraestrutura e o conjunto de organizações e instituições que atuam na promoção da inovação de um país, mas também os atores da academia, meio político, empresariado e sociedade, além das práticas, regulamentações e leis sobre inovação (FERREIRA, J.; FERREIRA, T., 2016; VARRICHIO; RAUEN, 2020).

Como anteriormente abordado, diversos autores publicaram trabalhos que contribuíram para a construção deste entendimento, sendo notório o desenvolvimento do conceito a partir das pesquisas de Christopher Freeman, Richard Nelson e Bengt-Åke Lundvall. Mais especificamente, Freeman foi quem criou o conceito no final dos anos 1980 ao descrever a harmonia da sociedade japonesa na interação entre os vários tipos de redes institucionais existentes entre os setores público e privado para a criação e difusão de novas tecnologias, concentrando o seu trabalho na interação entre o sistema produtivo e o processo de inovação. Nelson, por outro lado, abordou o sistema a partir da combinação pública e privada da tecnologia e do papel do governo, universidades e empresas, focando o seu trabalho na produção do conhecimento, inovação e no sistema de inovação no sentido estrito. Por fim, Lundvall trouxe uma visão semelhante à de Freeman, entretanto alterando a ênfase de uma dimensão setorial para uma estrutura institucional mais ampla no qual as empresas e outras organizações operam, sendo esta alteração de importância crucial para a velocidade com que as inovações são introduzidas e difundidas. Para este autor, a conceito de SNI pressupõe a existência de estados-nação, sendo este um fenômeno que possui tanto dimensões políticas quanto nacionais-culturais (LUNDVALL, 2016; SOETE; VERSPAGEN; TER WEEL, 2009).

Dentre os atores do SNI, é importante citar que cada um desempenha um papel diferenciado dentro do sistema, sendo que uns atuam de forma mais abrangente, enquanto outros de forma mais restrita. Citando os principais atores, tem-se os políticos, por exemplo, que atuam na definição das diretrizes estratégicas que dão sustentação para as iniciativas do Sistema, sendo que as decisões derivam tanto da representação da sociedade através do Poder Executivo (Ministérios, Secretarias, Agências Reguladoras, etc.) e Poder Legislativo (Congresso Nacional e Assembleias), quanto da atuação de entidades privadas sem fins lucrativos, como as que representam trabalhadores, pesquisadores e empresários. A partir da esfera política é que são definidas as políticas públicas de CT&I nos diversos níveis federativos, bem como as leis e regulações que definem as regras que regulam e facilitam o desenvolvimento das atividades de CT&I. Já as agências de fomento possuem o papel de operacionalizar a alocação dos recursos públicos por meio dos instrumentos de incentivo às universidades, instituições de pesquisa e empresas, concretizando dessa forma as decisões tomadas dos atores políticos que serão implementadas pelos operadores. Estes instrumentos se destinam tanto a incentivar a realização de ciência, quanto de tecnologia e inovação. Por fim,

os operadores do sistema possuem a missão de executar as atividades planejadas, realizando e difundindo as pesquisas, tecnologias e inovações. Como operadores tem-se as universidades, instituições de pesquisa e de CT&I, parques tecnológicos, incubadoras de empresas e empresas inovadoras (ALVES, 2014; MCTIC, 2016).

Denominando os SNI como Sistemas Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI), MCTIC (2016) apresenta que há um consenso na academia e na sociedade em geral de que o crescimento econômico com igualdade depende diretamente do crescimento, consolidação e integração de um sistema robusto e orientado para a promoção da inovação em diversas áreas do conhecimento. Ribeiro (2019) complementa que a capacidade de promover a inovação em um país está diretamente relacionada com os resultados de suas interações, bem como na sua capacidade técnica e científica, além da sua capacidade de acompanhamento das dinâmicas do processo de desenvolvimento.

Outro ponto importante nos SNI é o consenso entre os autores da essencialidade do Estado na condução do sistema, sendo que, de acordo com Soete, Verspagen e Ter Weel (2009), o termo “nacional” evidencia o seu protagonismo como agente coordenador. Assim, a formatação do sistema em cada país irá variar dependendo das estratégias adotadas pelos governos nacionais, com o reconhecimento das competências de cada integrante do sistema, ocorrendo uma integração contínua entre os governos e os demais atores envolvidos. Além disso, deve ocorrer um sistemático fortalecimento dos pilares que o compõe, ou seja, a pesquisa básica e tecnológica, infraestrutura, financiamento, recursos humanos e inovação. Dessa forma, dependendo da intensidade e qualidade da ação estatal, diferentes cenários de promoção da inovação poderão ser observados em cada nação (MAZZETTI; GAZZOLA; MARINI, 2020; MCTIC, 2016).

Ainda sobre esse aspecto Lundvall (2016) contextualiza que o conceito de SNI é muito importante na orientação de políticas públicas pelos governos, sendo este termo presente no vocabulário dos formuladores de políticas de todo o mundo. Soete, Verspagen e Ter Weel (2009) complementam que a literatura de SNI fornece aos formuladores tanto uma estrutura formada por um conjunto amplo de justificativas e objetivos, quanto uma ferramenta para analisar e influenciar os processos de inovação. De acordo com os autores, este aspecto oferece oportunidades na medida em que um conjunto mais amplo de processos são incorporados à inovação, permitindo mais canais de influência. Por outro lado, ameaças

importantes acontecem na medida em que erros de julgamento sobre como os sistemas de inovação realmente funcionam ocorrem por parte dos formuladores de políticas públicas.

3.4 A INTERAÇÃO ENTRE O ESTADO, UNIVERSIDADES E EMPRESAS

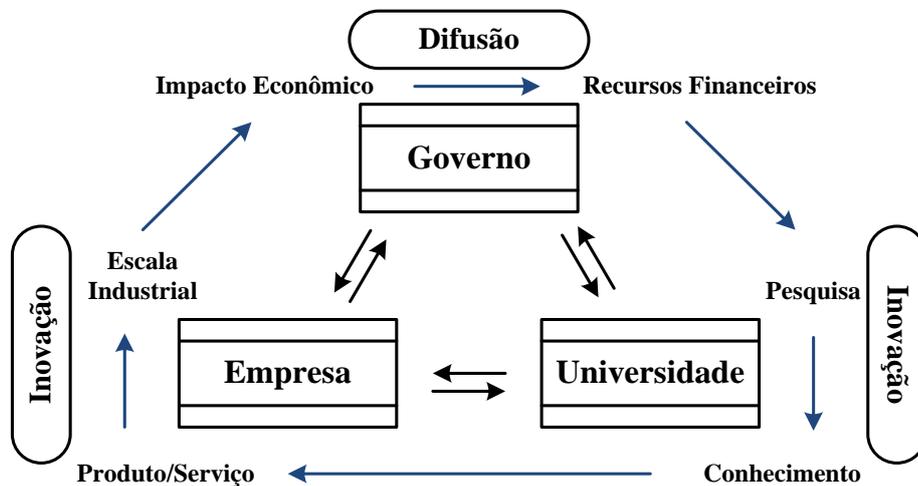
Outra abordagem comum existente na literatura sobre as políticas públicas de CT&I é a que enfatiza as atuações articuladas entre o Estado, as universidades e as empresas como promotoras do desenvolvimento científico e tecnológico, sendo essa interligação objeto de investimentos de diversos países. Enquanto a universidade (em conjunto com as instituições de pesquisa) cria e propaga conhecimento através de pesquisa básica, forma profissionais capacitados e auxilia as empresas no desenvolvimento de tecnologia, a empresa busca resolver problemas e fortalecer suas capacidades inovativas através do conhecimento, uma vez que ela possui as oportunidades comerciais para o desenvolvimento tecnológico. Dessa forma, o local da ciência e da educação é na universidade, enquanto o lugar do desenvolvimento de tecnologia é na empresa (DE MATTOS; GUIMARÃES, 2013; RIBEIRO, 2019).

Ao Estado cabe a tarefa desenvolver e modernizar a infraestrutura de serviços tecnológicos como instrumento de apoio à inovação e à competitividade e exercer o papel de indutor para que a CT&I ocorram tanto nas universidades, quanto nas empresas. Entende-se como infraestrutura de serviços tecnológicos toda a infraestrutura física, administrativa e legal destinada à promoção de tecnologia no país, compreendendo as atividades de Tecnologia Industrial Básica (TIB), além dos serviços de assistência técnica, difusão e informação tecnológica. Como exemplo de TIB, cita-se a metrologia, normalização, regulamentação técnica, avaliação da conformidade, homologação e certificação, acreditação, tecnologias de gestão e propriedade intelectual. Além disso, cabe ao Estado a coordenação de esforços de modo a incentivar setores industriais estratégicos ou programas de indução tecnológica importantes para o desenvolvimento de tecnologias, regiões específicas ou do país como um todo (DE MATTOS; GUIMARÃES, 2013).

Essa interação entre Estado, universidades e empresas pode ser vista na figura 2. Através da figura, é possível perceber a relação de interação entre empresas e universidades e governo. Este último representa os recursos financeiros que encorajam a inovação através dos

instrumentos públicos, mas também é o ponto final da difusão, que é o impacto econômico gerado pela inovação (CHAIS; GANZER; OLEA, 2018).

Figura 2: O Processo de transferência de tecnologia entre governo, empresa e universidade



Fonte: Adaptado de Chais, Ganzer e Olea (2018)

Existem diversos arranjos institucionais que explicam as relações existentes entre a universidade, indústria e governo. Uma possível configuração é a que considera o protagonismo estatal, sendo que este abrange a academia e a indústria coordenando as relações entre eles. Uma outra, construída sob a ótica de menor intervenção estatal pressupõe a existência de uma forte separação entre as instituições, ocorrendo relações diretas entre elas. Já uma terceira configuração, semelhante à segunda, modela as instituições a partir de relações sobrepostas, com cada uma assumindo um papel da outra, além de surgirem organizações híbridas através das interfaces, como por exemplo as empresas derivadas do ambiente universitário, laboratórios dos governos e grupos de pesquisa acadêmica (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000).

Para estudar a inter-relação entre estes atores, diversas modelagens foram propostas, sendo muito relevante a estrutura da Hélice Tripla, proposta por Henry Etzkowitz e Loet Leydesdorff. Este modelo tem como fundamento que a dinâmica da inovação ocorre de forma evolutiva através de interações de cooperação e interdependência que envolvem os três atores, representados por esferas institucionais independentes. O processo inovativo é definido como uma espiral ilimitada de interações, existindo dessa forma um resultado complexo e dinâmico

no qual os sistemas permanecem sempre em transição (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000; RIBEIRO, 2019).

3.5 A IMPORTÂNCIA DAS UNIVERSIDADES NO CONTEXTO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE CT&I

Como já abordado ao longo do texto, as universidades possuem um papel fundamental na consolidação dos Sistemas de Inovação dos países, uma vez que realizam múltiplas atividades importantes nos diversos eixos da CT&I, como a formação de recursos humanos, treinamento de pesquisadores, produção e difusão de conhecimento, prestação de serviços, apoio ao setor produtivo, entre outros. Dessa forma, elas atuam como verdadeiros expoentes do desenvolvimento econômico e social, desenvolvendo e levando pesquisas para a sociedade, além de atuarem na resolução de problemas e na criação de novas possibilidades (AUDY, 2017; GIMENEZ; BONACELLI; BAMBINI, 2018).

Entretanto, as universidades nem sempre tiveram essa multiplicidade de atuações, tendo evoluído ao longo dos séculos e estando ainda em constante evolução, o que demanda uma atenção especial na realização de estudos sobre o tema. De acordo com Audy (2017), a evolução do papel das universidades vem ocorrendo desde o século XI, a partir do surgimento da Universidade de Bolonha em 1088, sendo esta a primeira universidade da Europa. Naquela época, a missão universitária se limitava ao ensino. Essa realidade se alterou somente na primeira revolução da missão da universidade, durante o século XIX, em especial na Alemanha, França e Inglaterra, quando esta passa também a ter a pesquisa como uma de suas missões. Tempos depois, já na segunda metade do século XX ocorreu a segunda revolução na missão universitária, em especial nos Estados Unidos, quando a inovação surgiu na universidade, passando ela a ser dessa forma uma protagonista no processo de desenvolvimento da sociedade.

Assim, as universidades passam a ter um escopo de atuação não mais restrito ao ensino e à pesquisa, mas também em atividades de extensão e atuações de integração com públicos externos durante a execução de suas pesquisas, incluindo-se dessa forma atividades de promoção à inovação tecnológica no seu rol de atuação. Dessa forma, as universidades partem da sua missão tradicional e avançam no sentido de ter uma estratégia que seja alinhada aos seus objetivos acadêmicos, mas que também possa utilizar o conhecimento gerado no

auxílio da resolução de problemas econômicos, sociais e ambientais. O conhecimento acadêmico, portanto, passa a ser fundamental no desenvolvimento econômico, sendo aplicado na resolução de problemas reais da indústria e sociedade, construindo-se relações de ganhos incrementais para ambas as partes (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000; VARRICHIO; RAUEN, 2020).

Neste cenário, ganha destaque a interação entre as universidades e empresas, além dos consequentes resultados advindos da pesquisa colaborativa entre elas, ocorrendo a transformação da pesquisa aplicada em inovações tecnológicas que geram benefícios para a sociedade, sendo essa interação um requisito para o desempenho de um sistema de inovação (DE NEGRI; CAVALCANTE; ALVES, 2013). Como abordado por Chais, Ganzer e Olea (2018), essa interação surge tanto da necessidade da universidade em transferir uma invenção madura ao setor produtivo, quanto deste em desenvolver uma nova tecnologia, produto ou processo, sendo a universidade um ótimo local para o trabalho colaborativo, uma vez que a inovação tecnológica necessita de um conhecimento científico profundo. Outro aspecto citado é que essa interação somente ocorre a partir da percepção por ambos os lados das vantagens do processo sob a ótica dos principais objetivos de cada instituição, ou seja, uma melhoria da qualificação dos profissionais por parte das universidades e o resultado econômico advindo com a interação por parte das empresas. Gimenez, Bonacelli e Bambini (2018) complementam que este tipo de interação possui ainda maior relevância em países nos quais a atividade de pesquisa e desenvolvimento é muito vinculada às universidades, como no Brasil.

No que diz respeito às políticas públicas de CT&I, cabe citar que o reconhecimento da importância da ciência em relação à tecnologia e produção, além do fato de que a maioria das universidades possui relacionamentos modestos com a indústria tem feito com que os países concentrem esforços no fortalecimento do vínculo entre universidades e empresas. De acordo com Lundvall (2016), a maioria dos países da OCDE passaram a estabelecer mecanismos que fomentam essa cooperação como parte de suas políticas industriais.

Sobre os ganhos trazidos a partir das colaborações, Varrichio e Rauen (2020) argumentam que a interação universidade-empresa permite a aplicação de publicações científicas, bem como o compartilhamento de recursos humanos entre universidade e indústria. Sobre a relação entre produção técnica e científica, citam que publicação de patentes pode aumentar a relevância das publicações científicas universitárias, tendo em vista

a vantagem decorrente dos relacionamentos criados com a indústria. Além disso, apresentam diversos benefícios que podem ocorrer quando da realização de processos de transferência de tecnologia em sinergia com as atividades de ensino, pesquisa e extensão, como a transferência de resultados de pesquisa, realização de colaborações e suporte para novas pesquisas.

Em um outro estudo Mazzetti, Gazzola, Marini (2020) afirmam que não basta a criação de uma infraestrutura de pesquisa qualificada nas universidades e instituições de pesquisa, devendo o setor produtivo se organizar e entender a sua atuação para que os resultados possam ocorrer. De Negri, Cavalcante e Alves (2013), por outro lado, enfatizam que o potencial de articulação entre as partes varia em função de uma série de fatores, como as especificidades do sistema de inovação e da infraestrutura de pesquisa, do setor e tamanho da empresa, além das características particulares das universidades e instituições de pesquisa, como o tamanho, as áreas de maior competência e o nível de concentração de instituições em uma infraestrutura de pesquisa.

Outro aspecto relevante desta interação no contexto dos SNI é que, embora tem-se a atuação do Estado como ator fundamental na coordenação das políticas públicas de CT&I, em muitos momentos esta coordenação poderá sofrer algum tipo de prejuízo, principalmente em momentos de crise, uma vez que os recursos ficam escassos, existindo uma maior competição por instrumentos de fomento. Assim, essa interação ganha relevância para que as inovações possam continuar ocorrendo na sociedade a partir do estabelecimento de estruturas de cooperação econômica e científica entre as partes (CHAI; GANZER; OLEA, 2018; GIMENEZ; BONACELLI; BAMBINI, 2018).

Uma consequência importante da interação entre universidades, institutos de pesquisas e empresas é o processo de transferência de tecnologia, sendo este complexo e com bastante particularidades. De acordo com Varrichio e Rauen (2020), o processo de transferência de tecnologia envolve uma série de atividades para efetivar a transferência formal de invenções entre as universidades para as empresas, não devendo ser confundido com atividades de parceria, que ocorrem através de consultoria, pesquisas colaborativas, contratos de pesquisa ou até por meios informais. Dessa forma, a transmissão de tecnologia pode ocorrer basicamente através de contratos de licença de exploração de propriedade intelectual (com pagamentos à universidade), ou através da criação de empresas de base tecnológica (com a participação da universidade).

A partir do estabelecimento das interações, surgem diversos mecanismos e estruturas interligados a elas que se destinam a coordenar e facilitar o desenvolvimento dessas relações com a consequente difusão do conhecimento. Cita-se, por exemplo, as incubadoras de empresas, espaços de compartilhamento de trabalho, parques científicos e tecnológicos, distritos de inovação, Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT) e Escritórios de Transferências de Tecnologia (ETT), entre outros. Esses mecanismos e estruturas facilitam a relação entre as universidades e as empresas, possibilitando que sejam realizados serviços especializados, como de gestão de propriedade intelectual e de acordos de transferência de tecnologia, organização de eventos que promovam a inovação, cooperação de pesquisa, compartilhamento de laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, e facilitação no acesso a redes locais e internacionais de fomento e de ciência e tecnologia (AUDY, 2017; CHAIS; GANZER; OLEA, 2018).

Este contexto força as instituições de ensino e pesquisa a desenvolverem uma nova cultura institucional a partir de novas relações internas entre o ensino, pesquisa e inovação, bem como novas relações com as empresas, governos e sociedade. Dessa forma, além de ter um corpo gerencial disposto a coordenar ações empreendedoras, cultura favorável à proatividade acadêmica, diretrizes internas claras e canais de comunicação eficientes, as universidades necessitam de novos perfis profissionais que possuam habilidades necessárias para coordenar ações inovativas que envolvam, por exemplo, realização de pesquisas colaborativas e de base tecnológica com foco no mercado e mecanismos de formação de alunos com capacidade empreendedora, atendendo desse modo ao mercado e à sociedade de forma adequada. Entretanto, mesmo com a nova forma de atuação a universidade precisa preservar o seu núcleo organizacional, além de seus valores e seu marco referencial para que se possa estabelecer as novas diretrizes (AUDY, 2017; GIMENEZ; BONACELLI; BAMBINI, 2018).

Salienta-se, entretanto, que não é consenso na literatura de que somente tem-se benefícios como produtos a partir da interação entre universidades e empresas, além de existirem outros estudos que apontam para as dificuldades existentes no processo.

Sobre esse ponto, Gimenez, Bonacelli e Bambini (2018) apresentam alguns aspectos contrários à essa interação. Uma vez que ambos os setores operam sob uma lógica e com objetivos diferentes, essa relação somente seria possível com a inserção da lógica empresarial

no ambiente acadêmico, o que poderia acarretar em uma agenda mais utilitarista para a pesquisa acadêmica, além da apropriação privada do conhecimento, bem como a criação de obstáculos para a difusão do conhecimento. Lundvall (2016) complementa que, ao contrário do que muitas teorias simplistas afirmam, nem todos os tipos de interação resultam em benefícios mútuos, podendo trazer inclusive efeitos prejudiciais para as universidades. Interações serão difíceis de ocorrer, por exemplo, nos casos em que a indústria for tradicional ao invés de inovadora, sendo distante da cultura acadêmica e, portanto, não conseguindo se comunicar através da linguagem científica. Políticas públicas que se destinem a promover essas interações devem considerar esses aspectos em seu desenho.

Já sobre as dificuldades existentes no processo, Chais, Ganzer e Olea (2018), Lundvall (2016) e Ribeiro (2019) concluem que essa relação atualmente apresenta diversas dificuldades, como a burocracia, dificuldades de comunicação, falhas nas políticas internas institucionais, ausência de interesse nas empresas, falta de vontade e cultura de empreendedorismo nas universidades, além da dificuldade de empresas e universidades trabalharem em colaboração. Citam adicionalmente que a sociedade ainda enxerga as universidades apenas como responsáveis pela formação de profissionais, não visualizando que o conhecimento gerado por suas pesquisas pode difundir até a sociedade por meio das empresas.

3.6 HISTÓRICO, CARACTERÍSTICAS E INSTRUMENTOS DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE CT&I NO BRASIL

Para que se possa compreender adequadamente as características do Sistema Nacional de Inovação brasileiro, bem como os atuais instrumentos existentes para a promoção de políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação no país é preciso percorrer brevemente o histórico das ações que foram realizadas ao longo das últimas décadas, assinalando os marcos mais importantes no período.

Tendo iniciado com a criação do Observatório Nacional em 1827, o início do contexto histórico das políticas públicas de CT&I no país foi marcado pela criação de diversas universidades, associações, institutos e escolas de caráter científico e tecnológico, bem como instituições de incentivo à ciência, tendo ocorrido dessa forma o surgimento da ciência e da pesquisa tecnológica no país sob a motivação de alinhamento à revolução técnico-científica que existia no contexto internacional. Entretanto, não havia até então uma política implantada

no país, sendo que foi somente na década de 1950, a partir do estabelecimento da estrutura da modernização do Estado brasileiro, que ocorreu a institucionalização sistemática da política científica com a criação, em 1951, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e do Conselho Nacional de Pesquisas, atual Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que até a criação do Ministério da Ciência e Tecnologia foi por vários períodos o órgão central da política de ciência, tecnologia e inovação (DE OLIVEIRA, 2016; SANTIAGO, 2018).

A partir da década de 1950 foram ocorrendo avanços progressivos no desenvolvimento da ciência e tecnologia, sendo que ao longo das três décadas seguintes consolidou-se o capitalismo industrial no país, no qual o acesso às novas tecnologias se deu pela promoção da industrialização a partir da substituição das importações. Além disso, o período foi marcado crescimento urbano e pela expansão da ação do Estado na economia, passando este a atuar no sentido de impulsionar o desenvolvimento (BARROS, 2017; SANTIAGO, 2018). Neste contexto, ainda na década de 1950, destaca-se a fundação em 1952 do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), empresa pública federal muito importante na promoção da industrialização no país através do apoio à realização de projetos de investimento, compra de equipamentos e exportação de produtos e serviços (DE MACÊDO FILHO, 2016).

Durante a década de 1960 desenvolveu-se o processo de estruturação e renovação do desenvolvimento científico e tecnológico. Dessa forma, além da criação do Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (Funtec) em 1964, cujo objetivo era apoiar a formação de pesquisadores e profissionais de pós-graduação e fomentar as atividades de CT&I nas empresas, esta década foi marcada também pela criação da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) em 1967, que surgiu a partir da reformulação do Funtec, mas com uma ação mais direcionada ao fomento das atividades de pesquisa e desenvolvimento no setor produtivo. Foi sob a administração da Finep, inclusive, que surgiu no final desta década o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), importante programa de financiamento da infraestrutura brasileira de ciência, tecnologia e inovação. Adicionalmente, destaca-se nesta década a criação das duas primeiras Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (FAPs) – Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (Fapesp) em 1962 e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (Fapergs) em 1964.

Importante mencionar, entretanto, que foi somente a partir da década de 1980 que ocorreram as criações dos restantes dessas instituições, principalmente após a redemocratização do país (DE MACÊDO FILHO, 2016; SANTIAGO, 2018).

A década de 1970, marcada pela forte intervenção do governo na economia e criação de diversos programas governamentais de desenvolvimento, ocorreu a ampliação da base científica e tecnológica, bem como o incentivo para a formação de profissionais de pós-graduação. Observa-se, ainda, neste período, que a natureza centralizadora existente promoveu políticas cujo paradigma era baseado nas agendas propostas pelos cientistas, e não nas demandas de ordem econômica ou social (DE OLIVEIRA, 2016).

Iniciando pelo Programa Estratégico de Desenvolvimento (PED) ainda no final da década de 1960, ao longo da década de 1970 foram instituídos os Planos Nacionais de Desenvolvimento (PND) I e II, que tiveram como objetivo, respectivamente, preparar a infraestrutura do país nos anos seguintes (inclusive relacionadas à ciência e tecnologia) e fomentar o setor industrial de base, principalmente o de bens de capital, impulsionando dessa forma o desenvolvimento tecnológico nacional (DE MACÊDO FILHO, 2016). Ressalta-se neste período a criação do Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (SNDCT), que se destinava a integrar as atividades de ciência e tecnologia no país, além da criação dos Planos Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT) I e II que tinham como metas, respectivamente, a consolidação competitiva das empresas nacionais em áreas estratégicas e de alta intensidade tecnológica, e o fortalecimento da ciência, tecnologia e inovação a partir da interação entre universidades, setor público e empresas na produção, difusão e incorporação do conhecimento (SANTIAGO, 2018).

A década de 1980, conhecida como década perdida, teve como características principais as altas taxas de inflação e o baixo crescimento econômico, além da redemocratização observada no país. No contexto das políticas de CT&I, destaca-se a criação do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT), que se desenvolveu através de três fases (até 2004) e tinha como objetivo financiar as atividades de ciência e tecnologia no país. A primeira fase, denominada de PADCT I, ocorreu nesta década e teve como objetivo o fortalecimento das atividades técnico-científicas nas empresas, universidades e centros de pesquisa, além da promoção do SNDCT como um todo. Outro marco importante desta década foi a criação do então Ministério da Ciência e Tecnologia

(MCT), sendo que em 2011 este passou a ser denominado de Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), incorporando o termo inovação em sua nomenclatura (DE MACÊDO FILHO, 2016).

De um modo geral, as políticas de ciência, tecnologia e inovação desenvolvidas entre as décadas de 1950 e 1980 criaram e fortaleceram a infraestrutura de apoio à ciência, tecnologia e inovação no país, tendo ocorrido a ação estratégica governamental através da geração de instrumentos de apoio à P&D, qualificação de recursos humanos, além da promoção ao vínculo entre o setor produtivo e a infraestrutura científica e tecnológica. Destaca-se que no período a adoção de uma política baseada no modelo linear de inovação, considerando as empresas sendo apenas usuárias dos conhecimentos científicos e tecnológicos gerados pelas instituições de pesquisa. Assim, as políticas obtiveram êxito na expansão da infraestrutura científica e tecnológica, no fortalecimento de programas de pós-graduação e no destaque ao papel relevante das universidades, não tendo o mesmo sucesso no desenvolvimento tecnológico das empresas e na difusão dos conhecimentos científicos produzidos nas universidades e institutos de pesquisa para as empresas (SANTIAGO, 2018).

Na primeira metade da década de 1990, com a abertura comercial do país, as políticas de ciência, tecnologia e inovação passaram a ser centradas na aquisição, adequação e difusão de tecnologia importada, o que teve como consequência uma desindustrialização e uma redução dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação pelas empresas. Em paralelo, de modo a compensar a falta de competitividade evidenciada com a abertura do mercado, foi lançado o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP) com o objetivo de modernizar as empresas nacionais através de práticas de controle de qualidade. Outro marco importante no período foi o estabelecimento de incentivos fiscais às atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor industrial e agropecuário (Lei nº 8.661/1993) e de tecnologia da informação e comunicação a partir da Lei de Informática (Lei nº 8.248/1991) que, com o fim da reserva de mercado do setor de informática, estabeleceu incentivos fiscais na produção de produtos de tecnologia da informação e telecomunicações a partir da aplicação de parte do faturamento em projetos de pesquisa e desenvolvimento nesta área. Já na segunda metade destaca-se a reforma do regime de propriedade intelectual a promulgação de um conjunto de leis que tratam do tema, em especial a Lei de Propriedade Industrial (Lei nº 9.279/1996), que foram de fundamental importância na construção do

ambiente de implementação de inovações pelas empresas. Adicionalmente, cita-se a implementação da política de fundos setoriais, instrumento gerenciado pela Finep que protagonizou uma reforma profunda no sistema de CT&I no país, tendo como objetivo garantir a estabilidade de recursos e uma maior integração para promover a pesquisa, desenvolvimento e inovação nas universidades e instituições de pesquisa, além de setores estratégicos da economia. Ao longo do tempo, os Fundos Setoriais constituíram-se como o principal instrumento do país de estímulo à CT&I (DE MACÊDO FILHO, 2016; THIELMANN, 2014).

Entretanto, como abordado por Santiago (2018), mesmo com as diversas políticas voltadas para o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação no ambiente empresarial observadas no período, ainda continuou ocorrendo uma assimetria do sistema observada a partir do fortalecimento dos programas de pós-graduação e do aumento da produção científica nas universidades em contraste com o baixo desempenho tecnológico observado pelas empresas, além da baixa absorção de profissionais capacitados por elas. Dessa forma, observa-se que as medidas implementadas na década não foram suficientes para contribuir de maneira abrangente com o desenvolvimento do sistema de CT&I no país.

Tendo como marco inicial os debates ocorridos na 2ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (2ª CNCTI), a década de 2000 iniciou com uma nova concepção das políticas de ciência, tecnologia e inovação, ocorrendo a introdução da inovação nas políticas de ciência e tecnologia. Dessa forma, a conferência definiu como desafio a inclusão da ciência, tecnologia e inovação em toda a sociedade, não ficando mais restrita às organizações governamentais e de ensino e pesquisa, além de trazer discussões de modelos institucionais realmente capazes de transformar a CT&I em desenvolvimento no país, como legislações, instrumentos de fomento e de promoção às articulações entre entidades públicas e privadas, além de mecanismos de aproveitamento de potencialidades regionais. Cabe destacar, também, o Livro Verde (TAKAHASHI, 2000) e o Livro Branco (BRASIL, 2002), dois importantes documentos que, respectivamente, foram os instrumentos de trabalho e a publicação dos resultados da reunião. Ambos os documentos apresentaram um conjunto de temas e áreas críticas a serem priorizadas, além da recomendação de criação de políticas, diretrizes e mecanismos para que se possa ter ganhos de produtividade e competitividade a

partir da CT&I, bem como o estabelecimento de uma base científica e tecnológica que promova a redução das desigualdades sociais e econômicas (BARROS, 2017).

Destaca-se, como instrumento importante criado início do século XXI, o marco legal que ajudou no estabelecimento das novas perspectivas desejadas para CT&I no país. Destaca-se a implementação da Lei da Inovação (Lei nº 10.973, de dezembro de 2004), que definiu um conjunto de regras para a atuação conjunta de instituições de pesquisa e empresas em projetos de inovação tecnológica, bem como a Lei do Bem (Lei nº 11.196, de novembro de 2005), que estabeleceu um conjunto de incentivos fiscais para empresas que promovam a inovação tecnológica (SANTIAGO, 2018).

Outro direcionamento importante advindo deste período e que continuou ao longo da década seguinte foi o estabelecimento de políticas, planos e estratégias oficiais específicas com o objetivo de fomentar a CT&I no país, bem como outros que se destinavam a promover setores relacionados, como os industriais, de serviços e de comércio exterior, a partir de estratégias que também contemplavam mecanismos de promoção ao desenvolvimento científico e tecnológico. Dessa forma, o país passou a contar, principalmente a partir de 2007, com um conjunto de políticas industriais, científicas e tecnológicas integradas e complementares (DE MACÊDO FILHO, 2016).

Com relação aos programas industriais e de desenvolvimento, ocorreram no período a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior – PITCE (2004 – 2007), Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP (2008) e Plano Brasil Maior – PBM (2011). De um modo geral, todos os programas trouxeram como objetivo o desenvolvimento e a competitividade industrial a partir de estímulos à inovação e ao investimento em pesquisa e desenvolvimento, orientando dessa forma o crescimento econômico do país. Além disso, os programas definiram ações estratégias específicas para o aumento de competitividade, modernização industrial e incentivo às exportações de produtos com valor agregado, além de áreas estratégicas a serem fomentadas, como de tecnologia da informação e comunicação, fármacos, biotecnologia, nanotecnologia, energias renováveis, entres outras (DE MACÊDO FILHO, 2016).

De maneira similar, os programas norteadores de longo prazo destinados à promoção da ciência, tecnologia e inovação foram sendo lançados sequencialmente com prazos de

duração estabelecidos. Foram lançados dessa forma o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação – PACTI (2007 – 2010), Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação – ENCTI (2012 – 2015) e a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação – ENCTI (2016 – 2022). Da mesma forma, todos os programas estabeleceram as diretrizes estratégicas das políticas nacionais de ciência, tecnologia e inovação com o objetivo de expandir e consolidar o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) através de ações de formação, capacitação e fixação de recursos humanos, fortalecimento da pesquisa e da infraestrutura científica e tecnológica, incentivo à inovação nas empresas, redução das assimetrias regionais e sociais, promoção do desenvolvimento sustentável e articulação entre os atores do SNCTI. Além desse aspecto, cabe citar que esses programas previam a integração da política de CT&I com as demais políticas, além do estabelecimento de metas a serem atingidas, um conjunto de indicadores a serem monitorados e avaliados, além de algumas áreas estratégicas a serem priorizadas (MCT, 2010; MCTI, 2012; MCTIC, 2016).

A segunda metade da década passada foi marcada por um conjunto de alterações legislativas que visaram melhorar o ambiente no país de estímulo à CT&I. Dessa forma, foram promulgadas a Emenda Constitucional nº 85/2015 e a Lei Federal nº 13.243/2016, conhecida como o nono Marco Legal de CT&I no país. A constatação que ensejou tais mudanças foi a de que de o SNI brasileiro ainda possuía diversas fragilidades, como a falta de uma agenda estratégica consistente, existência de diversas dificuldades jurídicas e institucionais que ocasionavam obstáculos para a coordenação da políticas e para o estabelecimento das relações de interação público-privadas, além de diversas outras questões pontuais relevantes, como o excesso de entraves burocráticos, descontinuidade de programas, concorrência de responsabilidades, agenda de pesquisas desalinhadas das demandas da sociedade e baixa ocorrência de inovação e absorção do conhecimento acadêmico pelo setor empresarial (GIMENEZ; BONACELLI; BAMBINI, 2018).

A Emenda Constitucional nº 85/2015 realizou a alteração de diversos artigos da Constituição Federal de 1988 com o objetivo de ampliar o escopo de atuação do Estado para além do estímulo à ciência, como constava no texto original, incluindo também a tecnologia, pesquisa e inovação. Adicionalmente, a alteração promoveu uma maior descentralização e cooperação nas atividades de CT&I. No que diz respeito à descentralização, a Constituição foi alterada de modo que a competência legislativa em ciência, tecnologia, desenvolvimento e

inovação seja concorrente entre a União, Estados e Distrito Federal, ao mesmo tempo em que definiu-se que é de competência da União legislar sobre as normas gerais do SNCTI, enquanto aos Estados, Distrito Federal e Municípios cabe a legislação de suas particularidades. Com relação à cooperação, incluiu-se no texto que a organização do SNCTI será realizada em regime de colaboração entre entes públicos e privados. De maneira análoga, o texto estabelece a possibilidade estatal de firmar instrumentos de cooperação entre órgãos e entidades públicas com entidades privadas, de modo que possa ocorrer o compartilhamento de infraestrutura e recursos humanos para o desenvolvimento de projetos de cunho científico, tecnológico e de inovação, com ou sem contrapartida financeira (BRASIL, 1988; BRASIL, 2015).

A partir das alterações realizadas no texto constitucional, foi publicada a Lei nº 13.243/2016 (Marco Legal de CT&I), que trata dos estímulos ao desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação, tendo sido regulamentada pelo Decreto nº 9.283/2018. Ao todo, para permitir o estabelecimento do novo regramento legal, o documento realizou a alteração em um conjunto de nove legislações que não se referem somente sobre a CT&I (através da Lei da Inovação), mas também sobre as compras públicas, isenção ou redução de impostos de importação, importações de bens tecnológicos, relação entre as instituições de ensino superior e as fundações de apoio e também sobre o plano de cargos e carreiras do magistério superior. Dessa forma, o conjunto de alterações do novo Marco Legal de CT&I buscou melhorar o ambiente de inovação do país através de diversos mecanismos de estímulo, cooperação e descentralização, como por exemplo: melhoria das condições para que os pesquisadores das Instituições Científicas e Tecnológicas e de Inovação (ICTs) públicas exerçam atividades no setor privado, seja com outros mecanismos como a concessão de licença não remunerada para a exploração de uma inovação ou o aumento de horas que os docentes em dedicação exclusiva possam desempenhar em atividades esporádicas científicas e tecnológicas; obrigatoriedade de estabelecimento de política de inovação nas ICTs públicas; inclusão dos Estados, Distrito Federal e Municípios entre os entes competentes para promover e incentivar a inovação nas empresas brasileiras; tratamento priorizado e simplificado para importação de bens a serem utilizados em pesquisa científica e tecnológica ou em projetos de inovação; e maior facilidade nas dispensas de licitação para aquisições de produtos para P&D (BRASIL, 2016; GIMENEZ; BONACELLI; BAMBINI, 2018).

3.7 INSTRUMENTOS EXISTENTES PARA A PROMOÇÃO DA CT&I NAS UNIVERSIDADES

Destaca-se, no contexto das políticas públicas de promoção da CT&I, os instrumentos de promoção à pesquisa e desenvolvimento nas universidades, bem como os que se referem às interações entre essas instituições e as empresas. Primeiramente, cabe citar as ferramentas de formação de recursos humanos e fomento à pesquisa científica, tecnológica e de inovação promovidos pelo CNPq, Capes, Finep e as FAPs.

Sendo uma fundação pública vinculada ao MCTI, o CNPq é uma das instituições federais que possui como objetivo promover e fomentar a CT&I no Brasil. Para tanto, o órgão atua através da concessão de bolsas de formação de recursos humanos em pesquisa científica e tecnológica, aporte de recursos para a implementação de projetos de P&D, além de ações de divulgação científica, como apoio à periódicos e a participações em congressos e eventos nacionais e internacionais. Como público-alvo, estão estudantes do ensino médio e superior, além de recém doutores e pesquisadores com experiência. As bolsas são concedidas para a formação de recursos humanos em centros tecnológicos e de formação profissional, universidades e instituições de pesquisa no Brasil e no exterior (CNPQ, 2021a).

Tendo uma atuação mais ampla, a Capes é uma fundação do Ministério da Educação (MEC) que atua na expansão e consolidação da pós-graduação *stricto sensu* no país, bem como na formação de professores da educação básica. Com relação à pós-graduação *stricto sensu*, ela atua na promoção de investimentos na formação de recursos humanos no país e no exterior, realização de cooperações científicas internacionais, divulgação e acesso da produção científica, além de também avaliar os cursos de mestrado e doutorado, sendo esta atividade muito importante na formulação de políticas públicas educacionais e de fomento para a pesquisa. Com relação às bolsas de formação e pesquisa para a pós-graduação, estas são concedidas através de diversos programas que atendem tanto discentes quanto docentes no Brasil e no exterior, proporcionando melhores condições na formação de recursos humanos e fomento à produção acadêmica (CAPES, 2021a).

A Finep é uma das principais agências atuantes na promoção das políticas públicas de CT&I e no desenvolvimento do país, sendo uma empresa pública vinculada ao MCTI. Tendo como público alvo as empresas, universidades e instituições de pesquisa, suas ações são realizadas principalmente através de financiamentos não reembolsáveis, concessão de crédito

para financiar projetos em empresas e realizações de investimentos. Mesmo que em menor grau, a empresa também atua na concessão de prêmios e capacitações para incentivar a inovação. Destaca-se, entre os instrumentos operados pela Finep o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), no qual ela exerce a função de Secretaria-Executiva, e os Fundos Setoriais, que são vinculados ao FNDCT (FINEP, 2021a; THIELMANN, 2014).

A estrutura orçamentária do FNDCT é dividida entre as Ações Verticais (que englobam os Fundos Setoriais), Ação Transversal e Operações Especiais, sendo que esta última é destinada ao apoio da inovação nas empresas. Tanto as Ações Verticais, quanto as Transversais se destinam a apoiar projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico e de inovação estratégicos em ICTs de forma individual ou com interação com empresas ou outras ICTs, sendo que a diferença entre os dois é que as Ações Verticais possuem exigência de aplicação em um setor específico, enquanto a transversal não. Com relação às Ações Verticais, destaca-se que atualmente são quinze Fundos Setoriais em operação, sendo que treze se destinam a setores específicos, como por exemplo saúde, petróleo e aeronáutico, ao passo que dois são de natureza transversal, ou seja, podem ser aplicados em projetos em qualquer setor. Estes são o CT-Verde Amarelo (Fundo Verde e Amarelo), destinado à interação entre universidade-empresa e o CT-Infra (Funde de Infraestrutura), destinado ao apoio e melhoria da infraestrutura nas instituições de ciência e tecnologia (FINEP, 2021a).

Por fim, menciona-se a atuação das FAPs, instituições que, tendo em vista a dimensão continental do país, exercem um papel muito importante para a implementação de políticas públicas de CT&I que levem em consideração as diferentes realidades regionais. Estando atualmente presentes em todos os estados, essas entidades operam de forma similar ao CNPq e à Capes, ou seja, através na concessão de bolsas e auxílios para projetos de pesquisa destinados a pesquisadores e estudantes de graduação e pós-graduação (BUFREM; SILVEIRA; FREITAS, 2018; DE MACÊDO FILHO, 2016).

Com relação aos instrumentos legais, a Lei da Inovação possui uma notável importância na promoção da CT&I nas universidades e instituições de pesquisa tecnológica, sendo que sua relevância foi intensificada com a publicação do Marco Legal de CT&I. Dessa forma, a lei determina que, além de instituir políticas de inovação, as ICTs públicas tenham que dispor de Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT) próprio ou associado com outras ICTs

para apoiar a gestão de sua política de inovação. Adicionalmente, a lei prevê uma série de mecanismos que facilitem uma melhor utilização dos recursos humanos das ICTs públicas no processo de cooperação e difusão tecnológica. Assim, seu texto permite tanto o afastamento remunerado de pesquisadores para prestar colaboração com outra ICT, quanto a concessão de licença não remunerada para o desenvolvimento de atividade empresarial relativa à inovação (BRASIL, 2004).

A Lei da Inovação estabelece também no seu texto o conjunto de atividades que podem ser realizadas pelas universidades e institutos de pesquisa tecnológica para que ocorra o estímulo à construção de ambientes de promoção à CT&I, permitindo também a celebração de contratos, obtenção de direito de uso e recebimento de contrapartidas financeiras para a operacionalização das atividades. As atividades podem ser acordos de parceria para realização de atividades inerentes ao processo de desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação, prestação de serviços técnicos especializados ou o compartilhamento dos equipamentos, materiais, instalações e capital intelectual para projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (BRASIL, 2004).

4 AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS NO CONTEXTO DA CT&I

4.1 AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Como abordado no capítulo anterior, a avaliação de políticas públicas é uma das etapas do ciclo das políticas públicas. É nesta fase em que a política pública é diagnosticada e examinada sob o ponto de vista de sua implementação e performance, conseguindo-se avaliar tanto os seus processos e resultados, quanto a situação do seu problema gerador, podendo-se a partir dela ter um entendimento das demais fases do ciclo. A criação de mecanismos formais de avaliação permite que a política pública seja verificada a partir de referências temporais que possibilitam o acompanhamento da sua evolução, facilitando o processo de percepção da administração pública e da sociedade sobre ela. Assim, a fase de avaliação é fundamental para o desenvolvimento e ajustes contínuos dos elementos existentes na ação pública (FREY, 2000; SECCHI, 2014).

Neste contexto, de acordo com Garcia (2020), a realização da avaliação de uma política pública é tão importante quanto a sua própria implementação, sendo que são diversas as possibilidades e motivações para a execução de avaliações, como exemplo a realização de um diagnóstico para conhecer a realidade de determinada ação pública, executar uma comparação entre as ações previstas e implementadas, realizar controles gerenciais, proceder com a prestação de contas para o controle social, além da identificação dos resultados e impactos para auxiliar nas decisões sobre a manutenção, aprimoramento, exclusão ou criação de novas políticas públicas. Secchi (2014) complementa que mesmo que as avaliações sejam construídas a partir de fundamentos técnicos, seus resultados são frequentemente utilizados como instrumentos das disputas e debates políticos. Dessa forma, a avaliação de uma política pública ocorre sob a atenção de diversos grupos de interesses, como por exemplo os seus usuários, patrocinadores, partidos políticos, agências e atores executores, além dos próprios avaliadores.

Abordando a crescente demanda por avaliações em nível acadêmico e governamental no Brasil recentemente, Ramos e Schabbach (2012) enfatizam que este fenômeno ocorreu especialmente após a década de 1990 como uma consequência de diversos fatores, como a crise fiscal e econômica, o fim do processo inflacionário, o aprofundamento da democracia e a redefinição da área de atuação estatal. Ao mesmo tempo, conforme apontado por Januzzi

(2017) a profissionalização da administração pública, a pressão da sociedade por maior transparência na utilização dos recursos públicos, bem como o aprimoramento dos controles existentes têm feito com que a sociedade aumente o seu poder de fiscalização e exija resultados melhores. Neste sentido, a avaliação das políticas e programas é uma ferramenta fundamental para que se possa realizar reflexões críticas que busquem evidenciar o alcance dos resultados esperados e a utilização eficiente dos recursos, bem como, quando necessário, se faça proposições de mudanças de modo a aperfeiçoar a ação estatal. Além disso, como complementado por Sobral e Santos (2018), a avaliação é uma ferramenta que possui capacidade de consolidar as relações entre o Estado e a sociedade.

As avaliações que sejam completas e relevantes são de difícil realização, tendo em vista o custo, tempo e as informações que são necessárias para uma análise mais profunda, demandando esforços organizacionais, materiais e humanos. Deve-se considerar ainda que existe uma série de dificuldades encontradas no processo de avaliação de algumas políticas públicas, como por exemplo a falta de clareza no seu sentido e nos seus objetivos, o que por consequência prejudica a construção dos elementos avaliativos. Outra característica relevante que dificulta o processo é a existência de múltiplas causas que podem produzir efeitos nos objetos alvos das políticas públicas, tornando complexa a identificação se de fato a intervenção realizada foi o real motivo da alteração observada. Além desses aspectos, tem-se também a resistência dos atores avaliados como um obstáculo aos resultados da avaliação, uma vez que estes podem discordar dos critérios, indicadores e padrões estabelecidos. Por fim, a existência de poucos dados disponíveis também é uma dificuldade relevante, assim como a existência de dados limitados e com periodicidade irregular (GARCIA, 2020; RAMOS; SCHABBACH, 2012; SECCHI, 2014).

Existem diversas classificações possíveis sobre os tipos de avaliações existentes, que variam dependendo da abordagem, momento, objetivos ou por quem são realizadas. Sobre o último aspecto, ela pode ser externa, interna, mista ou participativa. A externa é realizada por profissionais externos à instituição implementadora da política, enquanto a interna é realizada por pessoas dentro da instituição. Ambas possuem pontos favoráveis, sendo que na externa é possível uma maior credibilidade ao se contar muitas vezes com avaliadores isentos e com especialistas em metodologias de avaliação, sendo que na interna existe a possibilidade de aprendizagem da instituição sobre a atividade. A avaliação mista procura combinar os pontos

fortes das duas avaliações citadas. Por fim, a avaliação participativa é realizada em conjunto com a população alvo, conseguindo-se o apoio dos beneficiários da política pública (BRASIL, 2018b; GARCIA, 2020).

Com relação ao momento, a avaliação da política pública pode ocorrer antes, durante ou depois da implementação. A que ocorre antes da implementação da política pública, também conhecida como *ex ante*, é realizada para verificar se o problema é bem delimitado e pertinente, bem como para auxiliar no processo decisório a partir de investigações sobre as possíveis consequências e custos das alternativas formuladas, orientando a decisão para a opção mais efetiva, eficaz e eficiente. Ela pode ser utilizada tanto no processo de criação, quanto nos de expansão e aperfeiçoamento da política pública, sendo útil também na análise das ferramentas anteriormente previstas de monitoramento e avaliação. A avaliação que acontece durante a implementação é conhecida como *in itinere*, formativa ou monitoramento, sendo realizada tanto para verificação do cumprimento das diretrizes previamente estabelecidas, quanto do desempenho observado dos processos, resultados e impactos da política pública, podendo ser utilizada para realização de modificações imediatas ao longo de sua execução. Por último, a avaliação posterior à implementação é denominada de *ex post*, sendo executada para acessar os pontos críticos da política pública, contribuindo com a análise dos seus resultados e impactos, e sendo útil para decisões sobre seu aprimoramento, substituição ou suspensão (BRASIL, 2018a; BRASIL, 2018b; SECCHI, 2014).

Uma outra classificação importante é a que diferencia as avaliações de acordo com a sua abordagem, ocorrendo o aprofundamento de determinado componente da política pública. O Brasil (2018b), ao abordar as avaliações *ex post*, esclarece que a primeira avaliação deve ser sempre a executiva, que contempla todo o panorama da política, identificando-se de forma prática quais elementos ou processos que necessitam de aprimoramentos. A partir dessa avaliação, outras abordagens podem ser realizadas, aprofundando-se em algum componente da política pública.

As seguintes abordagens são possíveis de serem realizadas no contexto das avaliações *ex post*: análise de diagnóstico do problema, necessária para verificar se o diagnóstico anterior está adequado, ou então quando há uma mudança da conjuntura a partir da ação da política ou por outras causas; avaliação de desenho, permitindo uma comparação entre o desenho planejado e a experiência de implementação; avaliação de implementação ou de processos,

que se destina a verificar se a execução está ocorrendo conforme planejado, analisando a entrega dos produtos ao público alvo; avaliação da governança da política pública, que avalia as estruturas, funções e processos organizacionais da política; avaliação de resultados, que pode responder tanto sobre a existência de resultados ao longo do tempo e se estes resultados estão em conformidade com as metas estabelecidas no planejamento, quanto sobre o nível de satisfação dos seus beneficiários; avaliação de impacto, que investiga as implicações incontestáveis da política pública na vida do seu público alvo; avaliação econômica, que mede os resultados econômicos e sociais, procurando responder se seus benefícios justificam o seu custo; e análise de eficiência, que analisa o quão eficiente a política pública está transformando as suas entradas em saídas, ou seja, os seus produtos, resultados e impactos (BRASIL, 2018b).

A avaliação de uma política pública envolve a definição de critérios de avaliação, indicadores de operacionalização e padrões de referência comparativa. Estes elementos em conjunto definem os métodos e técnicas que são utilizados em um processo avaliativo. Enquanto que os critérios embasam as escolhas ou julgamentos a partir de interpretações avaliativas da realidade, os padrões fundamentam os parâmetros a serem seguidos, ou seja, as bases comparativas. Como critérios, tem-se por exemplo: o de economicidade, que se refere ao nível de utilização dos recursos na política pública; ou então o de eficácia, que trata do nível de atingimento das metas ou objetivos estabelecidos; ou o de equidade, referindo-se ao quanto que as ações da política pública estão uniformemente distribuídas entre o seu público alvo. Como padrões, tem-se por exemplo: os absolutos, quando se referem a metas estabelecidas antes da implementação da política pública; normativos, que são metas estabelecidas a partir de um padrão ideal; e os padrões históricos, que são valores alcançados em períodos passados, permitindo comparações e avaliações sobre a evolução da política pública (GARCIA, 2020; SECCHI, 2014).

Com relação aos indicadores, estes são artifícios utilizados para operacionalizar os critérios, ou seja, para medir os aspectos de uma política pública, permitindo que se possa retratá-la adequadamente. A partir de sua definição, é possível estabelecer quais dados devem ser obtidos para que se possa realizar o correto acompanhamento e avaliação da política ou programa (BRASIL, 2018a; SECCHI, 2014). Conforme complementado por OECD (2018), a identificação correta dos objetivos da política pública é fundamental para que a estrutura de

medição estabelecida, ou seja, um conjunto de indicadores e de dados, corresponda às necessidades da política.

De acordo com Januzzi (2017), uma classificação usual para os indicadores é a que os separa entre os de insumo, processo, produto, resultado e impacto, podendo ser aplicados nas diferentes etapas do ciclo de uma política pública. Os indicadores de insumo medem os esforços empregados em uma política pública, como por exemplo os recursos humanos, financeiros e materiais empregados. Por outro lado, os indicadores de processo medem os processos intermediários da política ou programa, ou seja, os seus esforços operacionais. Os indicadores de produto medem as realizações obtidas a partir da intervenção, como por exemplo a quantidade de pessoas atendidas ou produtos produzidos. Tem-se ainda os indicadores de resultado, que são os que possuem relação com a finalidade da política pública, permitindo a medição de sua eficácia no atingimento de suas metas, como por exemplo o aumento de determinado índice que retrata a finalidade da política. Por fim, os indicadores de impacto referem-se aos desdobramentos gerais que podem ocorrer a partir da intervenção, não necessitando que sejam positivos e nem planejados.

A escolha dos indicadores é uma etapa fundamental na realização de uma avaliação. Para tanto, é importante que estes atendam a alguns aspectos e propriedades. O MPOG (2012) elenca alguns aspectos que são importantes no processo de escolha de indicadores aplicados à gestão pública, como a publicidade (conhecidos e acessíveis a todos), factibilidade (medidos de forma equilibrada entre as necessidades e custos) e temporalidade (permitindo a medição ao longo do tempo e tão logo os resultados apareçam). Além disso, algumas propriedades essenciais e outras complementares são citadas neste contexto. As essenciais são as que devem ser sempre consideradas como critérios de escolha. São elas: utilidade, devendo suportar as decisões em qualquer nível decisório; validade, ou seja, a sua capacidade de representar da melhor forma possível ao longo do aspecto a ser medido; confiabilidade, devendo ser originários de fontes confiáveis e metodologicamente reconhecidas; e disponibilidade, devendo os dados para o seu cálculo serem facilmente obtidos.

As propriedades complementares, por outro lado, são as que devem ser analisadas dependendo da situação. São elas: simplicidade, representando a facilidade para que os indicadores sejam obtidos, processados, comunicados e entendidos; clareza, evitando-se que sua fórmula seja complexa e ao mesmo tempo seja entendido e atenda às necessidades;

sensibilidade, sendo esta a sua capacidade de refletir rapidamente as mudanças nos aspectos a serem medidos; desagregabilidade, ou seja, sua capacidade de representar adequadamente aspectos regionais de diferentes grupos populacionais; estabilidade, sendo este aspecto importante para o acompanhamento de variáveis ao longo do tempo e com a mínima interferência de outros fatores; mensurabilidade, que é a capacidade de mensuração com a maior precisão possível; e auditabilidade, que é a capacidade de suas regras de uso serem rastreadas (MPOG, 2012).

Ainda com relação aos aspectos que envolvem os indicadores, deve-se ter atenção às diferentes fontes e metodologias para obtenção de dados para que se possa realizar adequadamente a avaliação da política pública sendo estudada. De acordo com o Brasil (2018a), é importante que os dados sejam coletados e processados sistematicamente e de modo qualificado, sendo comum a ausência de dados se tornar um problema no acompanhamento da execução de uma política. Dessa forma, um aspecto importante da avaliação é o planejamento das fontes e dos meios para a coleta dos dados. Ainda neste contexto, Ramos e Schabbach (2012) complementam que se deve estabelecer e aprimorar sistemas de informações gerenciais para permitir tanto a construção de indicadores de desempenho quanto possibilitar a viabilidade da avaliação.

Existem muitos instrumentos de coleta de dados para avaliações de políticas públicas, sendo que a escolha para a utilização irá depender do aspecto a ser medido. Tem-se, por exemplo, os dados estruturados, que possuem uma estrutura pré-estabelecida, podendo ser utilizados na avaliação de diferentes tipos de políticas em diferentes esferas. Diversas são as suas possíveis fontes, podendo ser tanto de organismos internacionais, quanto do órgão de estatística oficial de um país (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, no Brasil), ou até de outras instituições públicas ou privadas. Além dos dados estruturados, outras fontes públicas de informação ou estatísticas sobre os diversos temas podem ser utilizadas com o devido tratamento, como os registros administrativos, publicações, estudos, periódicos, relatórios de órgãos de controle, boletins informativos, etc. Por fim, é possível também a obtenção de dados primários através de questionários, entrevistas, observação, etc. (MPOG, 2012).

4.2 A AVALIAÇÃO, AS ESTATÍSTICAS E O USO DE INDICADORES NO CONTEXTO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE CT&I

Tendo em vista a sua crescente importância para o desenvolvimento econômico e social dos países, a compreensão dos processos que envolvem a ciência, tecnologia e inovação passam a ser indispensáveis em qualquer economia (THIELMANN, 2014). Dessa forma, diversas são as estatísticas e estudos que se propõem a realizar diferentes tipos de avaliações de políticas públicas de CT&I nos variados aspectos que envolvem os Sistemas Nacionais de Inovação.

Neste contexto, Sobral e Santos (2018) defendem que devido à complexidade e profundidade existente nas políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação, sua avaliação deve ocorrer com abordagens metodológicas sofisticadas que consigam traduzir as relações entre Estado e sociedade, observando a política pública além de seus aspectos mais próximos e imediatos, considerando os diferentes contextos políticos, econômicos e sociais existentes, bem como os diferentes campos de conhecimento, além dos diferentes atores e setores impactados nos mais diversos períodos. Assim, a avaliação de políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação consiste em uma disciplina que tem como intuito monitorar a execução das ações que visem o desenvolvimento científico e tecnológico, tendo como consequência a legitimação e otimização dessas políticas, além da consolidação das relações entre sociedade e Estado neste campo do conhecimento.

Adicionalmente, os autores discutem diversos aspectos importantes na realização dessas avaliações. Citam, por exemplo, a importância de serem realizadas por atores externos que não tenham posicionamento e não possuam vinculação com os embates políticos e burocráticos. Defendem também que o resultado da política é melhor avaliado com abordagens teóricas variadas, bem como com a combinação de métodos quantitativos e qualitativos, permitindo mapear melhor a execução e os seus avanços. Neste contexto, abordam a necessidade de se manter uma base de dados durante a vigência dos programas para que se consiga realizar avaliações adequadas. Por fim, os autores argumentam que as políticas públicas devem ser analisadas não somente no seu cenário individual, mas com base em uma construção com toda a cadeia afetada por ela, levando em consideração o dinamismo do cenário em torno dela, bem como todos os atores envolvidos (SOBRAL; SANTOS, 2018).

Como em qualquer política pública, a definição de indicadores neste contexto é uma atividade importante para a realização da correta medição das variáveis, bem como acompanhamento dos objetivos e metas. Assim, a existência de sistemas de indicadores de CT&I é uma ferramenta fundamental para a compreensão e monitoramento dos processos de criação, difusão e utilização do conhecimento (VIOTTI; MACEDO, 2003). No caso das políticas públicas de CT&I, podem ser, tanto indicadores de pesquisa e desenvolvimento, quanto de ciência e tecnologia, como de inovação. Como um indicador não é capaz de mensurar de forma individual os impactos resultantes das atividades de CT&I como um todo, deve ser utilizado um conjunto agregado de indicadores de ciência, tecnologia e inovação para que se possa identificar os impactos da política de forma mais ampla (DA SILVA; VALENTIM; GONZÁLEZ, 2020; SANTIAGO, 2018).

Ainda neste contexto, Silva (2015) destaca o papel dos Estados na produção e utilização de indicadores e estatísticas de CT&I, sendo estes os grandes interessados na mensuração das realidades econômicas e sociais, em especial as de ciência, tecnologia e inovação por serem atividades promotoras do desenvolvimento. Godin (2004) complementa afirmando, inclusive, que ocorre um monopólio estatal na produção dessas estatísticas. Segundo o autor, este fato ocorre em função dos governos serem os únicos entes com recursos financeiros suficientes para realizar pesquisas periódicas que possibilitem o acompanhamento das tendências da ciência e da inovação em séries cronológicas, bem como gozam de legitimidade na coleta de informações através de questionários de pesquisa.

Sobre os usos das estatísticas de CT&I, Godin (2004) afirma que elas podem ser utilizadas de forma teórica, prática e política/simbólica. A forma teórica é a realizada, por exemplo, pelos pesquisadores acadêmicos na compreensão dos fenômenos relativos à ciência e à inovação, fomentando assim o pensamento conceitual. A forma prática é a utilizada diretamente para a tomada de decisões com relação às políticas públicas, auxiliando na construção das tendências gerais da ciência e da inovação. Por fim, o uso político ou simbólico é o mais difundido, sendo que neste caso as estatísticas são utilizadas como argumento para convencimento público ou como forma de ostentação de resultados políticos.

Para uma correta compreensão e melhor utilização dos indicadores de CT&I, é preciso contextualizar a sua evolução em paralelo com a produção de estatísticas sobre o tema, além

da própria evolução do entendimento sobre como ocorre a dinâmica da produção, difusão e utilização do conhecimento.

As primeiras estatísticas sistemáticas de ciência e tecnologia surgiram no início do século XX com o objetivo de mensurar o tamanho e o desempenho da comunidade científica de alguns países. Em um contexto em que os primeiros laboratórios de P&D estavam se estabelecendo na indústria, as pesquisas eram realizadas pelos próprios cientistas, sendo que as análises contabilizavam o número de cientistas e a quantidade de artigos científicos publicados, incluindo-se posteriormente também as patentes (FREEMAN; SOETE, 2009; RAMOS, 2008).

Logo em seguida, a partir dos anos 1920, e em especial no período de pós-guerra, com a percepção da importância da pesquisa (e posteriormente o desenvolvimento tecnológico) para o crescimento econômico, os governos nacionais passaram a necessitar de informações para o planejamento e compreensão da eficiência dos investimentos públicos nesta área, tendo sido então desenvolvidas estatísticas e indicadores que eram utilizados pelos departamentos de estatística governamentais para monitorar todos os setores econômicos envolvidos nas atividades de P&D. Com uma visão de se medir os resultados obtidos a partir da utilização dos recursos, o modelo de mensuração utilizado seguia o modelo de entrada-saída. Dessa forma, estabeleceram-se como indicadores de entrada os investimentos em P&D e os recursos humanos, sendo agora não somente os cientistas, mas também os demais atores envolvidos no processo. De maneira semelhante, o consenso avançou para continuidade de utilização dos dados de patentes e de publicações científicas como indicadores de saída, tendo sido incluídos posteriormente, com a ascensão da globalização, os indicadores de transferência de tecnologia obtidos através do Balanço de Pagamentos Tecnológico (BPT)¹ (RAMOS, 2008).

Ainda sobre este período, Silva (2015) e Viotti e Macedo (2003) complementam alinhando-o ao modelo linear de inovação, ou seja, aquele em que pressupõe a ocorrência anterior de desenvolvimentos científicos e tecnológicos para o surgimento da inovação. Assim, neste período os indicadores de insumo de P&D ganharam destaque, principalmente a partir das estatísticas realizadas na década de 1960, uma vez que o entendimento era de que

¹ Conceito no qual se incluem as transações intangíveis referentes ao comércio de conhecimentos técnicos e serviços com conteúdo tecnológico entre parceiros residentes em países diferentes (VIOTTI; MACEDO, 2003).

era possível compreender os resultados a partir da mensuração das entradas. Dessa forma, durante este período, os indicadores de P&D foram utilizados para representar as atividades de inovação.

A partir dos anos 1980, as críticas ao modelo linear colocaram em dúvidas também sobre o modelo de realização das medições a partir da relação entre a pesquisa e tecnologia como entradas e saídas do sistema de inovação. Com relação ao modelo elo de cadeia, os indicadores de insumos do processo de inovação passaram a ganhar destaque, assim como os que medem a própria inovação. Neste período passou a ganhar destaque os indicadores gerados pelas pesquisas de inovação (VIOTTI; MACEDO, 2003).

A partir do modelo sistêmico compreende-se que a inovação ocorre sob a influência conjunta de fatores organizacionais e econômicos. Dessa forma, surgiu a necessidade pelos países de realização de estatísticas nesta área, o que ensejou a construção de novos indicadores que refletiam o nível de inovação em toda economia através da medição, por exemplo, da adoção de novos produtos e processos, difusão tecnológica, interação entre atores e instituições, mobilidade de capital humano e ganhos de produtividade econômicos (RAMOS, 2008; SILVA, 2015). Na visão de Lundvall (2016), os indicadores de desempenho mais relevantes no SNI são os que refletem a eficiência e eficácia na produção, distribuição e exploração do conhecimento. Viotti e Macedo (2003) concordam que os indicadores associados ao modelo sistêmico objetivam a identificação e caracterização dos aspectos do SNI, mas complementam que a identificação das suas deficiências é o atributo mais importante tendo em vista que são utilizados na definição dos esforços de políticas públicas e estratégias organizacionais.

Com a recente evolução conceitual do processo de inovação, visto cada vez mais como o resultado das múltiplas interações entre os atores, novos indicadores vêm surgindo na tentativa de se melhor medir a CT&I. Entretanto, da mesma forma que as relações se tornam complexas, as suas medições também são, sendo muitas vezes difíceis de serem realizadas. Tem-se, por exemplo, os indicadores de fluxos de conhecimento que, da mesma forma que os recursos financeiros e humanos, são um importante insumo para a atividade inovativa das organizações. Outro caso são os indicadores de rede que se destinam a mensurar as cooperações científicas e tecnológicas entre os atores, sendo que atualmente são utilizados os indicadores bibliométricos e patentiométricos para tal finalidade. Além desses, é possível citar

a existência de diversas outras categorias de indicadores que objetivam medir os impactos das políticas públicas de CT&I, como os destinados a analisar os impactos ambientais, institucionais e socioculturais. Por fim, cita-se o recente surgimento de indicadores compostos, já utilizados com sucesso em diversas áreas de políticas públicas, sendo capazes de agregar as diversas variáveis do fenômeno a ser medido, facilitando o seu entendimento. Nas políticas públicas de CT&I podem ser utilizados, por exemplo, para a medição de questões que envolvam a infraestrutura e a capacitação de recursos humanos, compilando diversos indicadores das mais variadas dimensões dessas áreas (RAMOS, 2008; SANTIAGO, 2018).

Cabe salientar, entretanto, que apesar do avanço teórico dos indicadores para a medição de CT&I, as estatísticas oficiais ainda operam sob uma lógica estacionária. De acordo com Godin (2004), mesmo após muitas décadas de trabalhos estatísticos, a medição ainda é concentrada nos recursos alocados para as atividades científicas e tecnológicas, sendo que são raras as medições dos produtos e dos impactos das atividades. Segundo o autor, este fato ocorre pela relativa facilidade de mensuração dos valores investidos nas atividades, o que contrasta com os resultados que são muitas vezes intangíveis ou que se manifestam apenas no longo prazo. Como será abordado no próximo subitem, essa realidade é também verificada nas estatísticas oficiais realizadas pelo Brasil.

4.2.1 Indicadores de CT&I Utilizados pelo MCTI

Sendo o MCTI o Ministério responsável pela política de CT&I no país, é importante o entendimento dos indicadores que são utilizados pelo órgão para a gestão e apresentação oficial dos resultados das políticas públicas de CT&I no Brasil. Apresentados pelo Ministério em diversos contextos, esses indicadores partem de uma compilação de diversas estatísticas que estão sob responsabilidade de diversos órgãos brasileiros, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o CNPq, a Capes, o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), a Rede de Indicadores Estaduais de Ciência, Tecnologia e Inovação (RIECTI), além do próprio MCTI. Além desses, são utilizadas informações internacionais obtidas de diferentes fontes, como a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), o SCImago Journal & Country Rank (SJR) e o United States Patent and Trademark Office (USPTO) (MCTI, 2021a).

O primeiro conjunto de indicadores importantes parte da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (2016-2022). Da mesma forma que os antigos documentos oficiais que estabeleciam os planos nacionais para as políticas de CT&I (PACTI 2007-2010 e ENCTI 2012-2015), a estratégia atual estabelece um conjunto de indicadores que devem ser utilizados para o monitoramento das diretrizes delineadas em cada dimensão do documento, auxiliando as decisões dos gestores para os ajustes nas políticas públicas. Em conjunto com os indicadores, são apresentadas as metas a serem alcançadas ao final do período estabelecido pela estratégia. O documento cita como importante o fato desses serem indicadores que possuem atributos de disponibilidade e economicidade, destacando a necessidade de implantação de um sistema de monitoramento e avaliação para auxiliar a gestão dos resultados pretendidos na Estratégia, além da criação de uma Comissão para o acompanhamento dos resultados obtidos (MCTIC, 2016).

O quadro 1 apresenta todos os 17 indicadores referenciados na ENCTI 2016-2022 e ENCTI 2012-2015, com as respectivas fontes de dados citadas nos documentos. A atual estratégia possui menos indicadores (10) que a anterior (16), indicando uma maior atenção em um conjunto mais focado de indicadores. Na última edição foram retirados os indicadores que apontavam a qualificação da mão de obra nas indústrias, o investimento nacional em bolsas de pesquisa na graduação e pós-graduação e a infraestrutura de tecnologia da informação presente nos campi universitários do país, ao mesmo tempo que foi incluído o indicador de número de pesquisadores por milhão de habitantes. Dessa forma, é possível observar que atualmente a estratégia nacional em CT&I possui como indicadores monitorados o dispêndio em P&D em relação ao PIB (nacional, empresarial, governamental e governamental federal), a inovação e a forma como ocorre a inovação nas empresas (taxa de inovação, número de empresas que realizam P&D contínuo, percentual de empresas inovadoras que utilizam instrumentos de apoio governamental e número de técnicos e pesquisadores ocupados em P&D nas empresas), o percentual de concluintes de graduação em engenharia em relação ao total e o número de pesquisadores por milhão de habitantes.

Quadro 1: Indicadores referenciados na ENCTI 2016-2022 e ENCTI 2012-2015

Indicadores		Fonte
1	Dispêndio nacional em P&D em relação ao PIB	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)
2	Dispêndio empresarial em P&D em relação ao PIB	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)
3	Dispêndio governamental em P&D em relação ao PIB	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)
4	Dispêndio governamental federal em P&D em relação ao PIB	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)
5	Taxa de inovação das empresas	Pesquisa de Inovação (Pintec)
6	Número de empresas que fazem P&D contínuo	Pesquisa de Inovação (Pintec)
7	Percentual de empresas inovadoras que utilizam ao menos um dos diferentes instrumentos de apoio governamental à inovação nas empresas	Pesquisa de Inovação (Pintec)
8	Número de técnicos e pesquisadores ocupados em P&D nas empresas	Pesquisa de Inovação (Pintec)
9	Percentual de concluintes de cursos de graduação nas engenharias em relação ao total de graduados em todas as áreas	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep)
10	Número de pesquisadores por milhão de habitantes *	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)
11	Percentual de trabalhadores na indústria com ensino médio completo **	Relação Anual de Informações Sociais (Rais)
12	Percentual de trabalhadores na indústria com ensino superior completo **	Relação Anual de Informações Sociais (Rais)
13	Número de pós-graduados ocupados nas empresas	Relação Anual de Informações Sociais

Indicadores		Fonte
	industriais **	(Rais)
14	Número de bolsas CNPq de todas as modalidades **	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
15	Número de bolsas de mestrado concedidas pelo CNPq **	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
16	Número de bolsas de doutorado concedidas pelo CNPq **	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
17	Número de campi universitários com infraestrutura de comunicação e colaboração em rede de alto desempenho, via RNP **	Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP)
* Indicador presente apenas na ENCTI 2016-2022		
**Indicador presente apenas na ENCTI 2012-2015		

Fonte: Elaborado pelo Autor a partir de MCTI (2012, pg. 91) e MCTIC (2016, pg. 119)

O segundo conjunto de indicadores são os apresentados pelo MCTI na página dos Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2021a). De acordo com o Ministério, estes indicadores permitem uma visão global do Sistema Nacional de CT&I do país, permitindo a realização de diversas análises em diversos escopos, inclusive possibilitando a comparação internacional. Além dos dados disponíveis no site, são realizadas, desde o ano de 2000, publicações periódicas oficiais com uma compilação da evolução dos resultados apresentados em cada um dos indicadores monitorados, de modo a dar publicidade à sociedade. A última publicação foi realizada em 2020 (MCTI, 2020c).

Ao todo são apresentadas 7 categorias de dados com indicadores em cada categoria apresentados em 141 diferentes configurações, permitindo uma visão bem abrangente dos resultados nacionais. Os conjuntos são: recursos aplicados; recursos humanos; bolsas de formação; produção científica; patentes; inovação e comparações internacionais. Como os indicadores são obtidos a partir de diferentes fontes de dados, o intervalo das informações apontadas por cada indicador varia substancialmente, sendo que alguns dados possuem dados obtidos desde 1990 (bolsas de formação do CNPq), enquanto a maior parte possui dados a partir dos anos 2000. A maior parte dos indicadores possuem dados recentes (com

atualizações entre 2017 e 2020), entretanto existe um número considerável de indicadores que não tiveram dados atualizados na última década.

O quadro 2 apresenta uma descrição resumida dos indicadores existentes em cada uma das categorias e, quando pertinente, subcategorias.

Quadro 2: Indicadores constantes na página dos indicadores nacionais de CT&I

Categoria e Subcategoria	Indicadores
Recursos Aplicados – Consolidados	Dispêndios totais e com relação ao PIB em C&T, P&D e ACTC. Indicadores também segregados por setores (público federal, público estadual e empresarial) e por objetivo socioeconômico. Há também indicadores do ensino superior e pós-graduação (federal, estadual e privado).
Recursos Aplicados – Governo Federal	Dispêndios totais do Governo Federal em C&T, P&D e ACTC. Indicadores também segregados por órgãos, unidade orçamentária e objetivos socioeconômicos. Há também indicadores da pós-graduação e das renúncias fiscais praticadas através das leis de incentivo existentes.
Recursos Aplicados – Governos Estaduais	Dispêndios totais dos Governos Estaduais em C&T, P&D e ACTC. Indicadores também segregados por regiões, Unidades da Federação e objetivos socioeconômicos. Há também indicadores da pós-graduação e a relação dos dispêndios de cada Unidades da Federação em relação às suas receitas correntes totais.
Recursos Aplicados – Pós-Graduação	Dispêndios totais em P&D das Instituições de Ensino Superior Federais, Estaduais e Particulares. Indicadores também segregados por Instituições Federais e Estaduais.
Recursos Aplicados – Setor Empresarial	Dispêndios totais empresariais em C&T, P&D e ACTC. Indicadores também segregados por empresas privadas e estatais, estatais federais e pós-graduação privada.
Recursos Humanos – Pesquisadores e Pessoal de Apoio	Total de pessoas envolvidas com atividades de P&D. Indicadores também segregados colocação (pesquisadores e pessoal de apoio) e setor institucional

Categoria e Subcategoria	Indicadores
	(governo, ensino superior, empresarial e privado sem fins lucrativos). Há também indicadores apresentados por equivalência de tempo integral.
Recursos Humanos – Escolaridade	Média dos anos de estudo da população em idade ativa. Indicadores também segregados por região e Unidade da Federação.
Recursos Humanos – Estoque de RH em C&T	Estimativa do potencial de recursos humanos disponíveis para C&T, pessoas inseridas em ocupações técnico-científicas e pessoas com curso superior.
Recursos Humanos – Graduação	Vagas, inscrições, ingressantes, matrículas e concluintes de cursos de graduação. Indicadores também segregados por setor institucional (público, federal, estadual, municipal, privado), área, região e Unidade da Federação.
Recursos Humanos – Pós-Graduação	Total de programas, docentes, alunos matriculados e titulados nos cursos de mestrado e doutorado. Indicadores também segregados por área e titulação dos docentes.
Recursos Humanos – Grupos de Pesquisa	Total de instituições, grupos, pesquisadores (doutores ou não) cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq. Indicadores também segregados por área, gênero, idade, região e Unidade da Federação.
Bolsas de Formação	Total de bolsas concedidas no Brasil e no exterior através do CNPq e Capes. Indicadores também segregados por linha de atuação (pesquisa, formação e qualificação), modalidade (mestrado, doutorado, outras), área e gênero. Há também indicador do total de bolsas concedidas através de fomento das FAPs.
Produção Científica	Citações e número total de artigos brasileiros, da América Latina e do mundo publicados em periódicos científicos indexados pela Scopus, além dos publicados na Thomson/ISI. Indicadores também segregados por área (pela Scopus). Há também indicadores sobre a produção científica dos Diretórios dos Grupos de

Categoria e Subcategoria	Indicadores
	Pesquisa do CNPq.
Patentes	Pedidos e concessões de patentes junto ao INPI e USPTO (apenas invenção), além dos pedidos de patentes depositados junto ao EPO. Indicadores também segregados para o INPI por tipo (invenção, modelo de utilidade, certificado de adição de invenção), origem (residente ou não), Unidade da Federação do residente e área. Há também indicador sobre o total de Famílias de Patentes Triádicas ² de residentes.
Inovação	Total e percentual de empresas que implementaram inovações de produto e/ou processo, além dos dispêndios realizados nas atividades inovativas. Indicadores também segregados por setor de atividade (indústria, serviços, eletricidade e gás). Há também indicadores do percentual de empresas que receberam apoio do governo, total de empresas que implementaram inovações com relações de cooperação e o número e percentual de empresas industriais que fazem P&D contínuo.
Comparações Internacionais – Recursos Aplicados	Dispêndios totais, com relação ao PIB, per capita e por pesquisador em P&D para países selecionados. Indicadores também segregados por setor (governo e empresas). Há também indicador de dotação orçamentária em P&D, segregado por setor (civil e defesa).
Comparações Internacionais – Recursos Humanos	Total de pesquisadores e pessoal de apoio em P&D em equivalência de tempo integral para países selecionados. Indicadores apresentados também para cada cem mil pessoas ocupados, além de segregados por setor institucional (empresa, governo, ensino superior e privado sem fins lucrativos).
Comparações Internacionais – Produção	Citações e número total de artigos brasileiros, da

² Conjunto de pedidos de patentes apresentado junto ao EPO, e ao JPO e concedido pelo USPTO, que compartilha um ou mais pedidos de prioridades, protegendo o mesmo conjunto de invenções (MCTI, 2021a).

Categoria e Subcategoria	Indicadores
Científica	América Latina e do mundo publicados em periódicos científicos indexados pela Scopus, além dos publicados na Thomson/ISI. Indicadores também segregados por área e por países selecionados para artigos publicados em periódicos científicos indexados pela Scopus.
Comparações Internacionais – Patentes	Pedidos e concessões de patentes para países selecionados junto ao INPI e USPTO (apenas invenção), além dos pedidos de patentes depositados junto ao EPO e JPO. Indicadores também segregados para o INPI por tipo (invenção, modelo de utilidade, certificado de adição de invenção). Há também indicador sobre o total de Famílias de Patentes Triádicas nos países selecionados.

Fonte: Elaborado pelo Autor a partir de MCTI (2021a)

Dessa forma, pode ser verificado que os indicadores referenciados pelo MCTI, em sua maioria, seguem a lógica do modelo linear de inovação, dando bastante ênfase, como entrada, aos recursos humanos e financeiros empregados nas atividades de CT&I e, como saída, às produções técnicas e científicas do Brasil. Ainda que em menor grau, os indicadores que se referem ao modelo sistêmico também se fazem presente, mas com o enfoque nas empresas, ou seja, medindo as suas atividades inovativas, qualificação da mão de obra envolvida, auxílios e as interações existentes nos processos de inovação. Percebe-se dessa forma, que indicadores de abordagens mais modernas, que tratam de fluxo de conhecimento, redes de cooperação e impactos da CT&I na sociedade ainda são pouco utilizados.

4.2.2 Manuais da OCDE e a Necessidade de Padronização na Medição

No início dos anos 1960, conforme a percepção mundial sobre a importância da ciência e tecnologia como um fator para o desenvolvimento econômico crescia, tornou-se importante para os países e organizações internacionais, como a OCDE, realizarem a coleta de dados para a realização de estudos sobre as políticas de cada país (OECD, 1990). Entretanto, a complexidade e dificuldade de medição dos indicadores de CT&I fizeram com que a comparação internacional se apresentasse como um grande problema desde o início da realização das estatísticas na área, principalmente quando a comparação era realizada em

países com modelos econômicos e índices de desenvolvimento distintos (FREEMAN; SOETE, 2009).

Dessa forma, diversas organizações internacionais e intergovernamentais vêm trabalhando no sentido de realização de estatísticas internacionais na área de CT&I, bem como na elaboração de orientações sobre a utilização de indicadores e estabelecimento de padrões e métodos para sistemas de coleta, tratamento e apresentação de dados para a realização de medições que possam ser internacionalmente comparáveis. Entre todas as organizações, destaca-se a OCDE, tendo em vista a sua relevância no estímulo ao progresso socioeconômico mundial, sendo inclusive os seus documentos bastante referenciados em pesquisas que tratam sobre a inovação (SPERONI *et al.*, 2015).

O conjunto de manuais metodológicos da OCDE que tratam sobre a medição de CT&I são denominados de Família Frascati. Possui este nome pois o primeiro documento da série, o Manual Frascati, foi elaborado a partir da reunião em 1963 de diversos especialistas mundiais em medições estatísticas em P&D na cidade de Frascati, Itália. Desde então, outros documentos foram sendo publicados gradativamente com o avanço dos entendimentos mundiais acerca da CT&I e sua medição, tendo eles estabelecido um conjunto de diretrizes e embasado as mais importantes estatísticas e indicadores utilizados em todo o mundo (GODIN, 2004; OECD, 2015).

O Manual Frascati, publicado inicialmente em 1963, trata da medição e dos indicadores de P&D. Já o Manual de Balanço de Pagamentos Tecnológicos (BPT), de 1991, aborda a produção de P&D através dos fluxos tecnológicos internacionais obtidos pelo BPT. O Manual de Oslo, publicado pela primeira vez em 1992, é a referência para a medição da inovação nas organizações. Em seguida, foi publicado o Manual de Patentes (1994), tratando da medição de patentes como resultado das atividades de CT&I, e o Manual de Camberra (1995), que direciona a forma de realizar a medição de recursos humanos dedicados a estas atividades. Boa parte dos documentos vêm sendo revistos e adequados periodicamente ao longo dos últimos anos com base nos consensos de diversos especialistas de diversas organizações mundiais, bem como a partir das experiências dos países membros e parceiros da OCDE, de modo que possam levar em consideração as expansões de escopo e os avanços no campo de conhecimento. Outro ponto relevante é que as recomendações dos documentos

não são obrigatórias, embora a OCDE recomenda a utilização para a melhor comparabilidade internacional (OECD, 2015; OECD, 2018).

Os próximos tópicos apresentam as partes contidas em cada um dos manuais, com enfoque às que são relacionadas aos objetivos desta pesquisa.

a) Manual Frascati (OECD, 2015)

Além de servir como um padrão para coleta e monitoramento de dados nos países membros da OCDE, o Manual Frascati também se tornou um padrão para medição de P&D no mundo todo, uma vez que fornece a base para uma linguagem comum ao se falar sobre as estatísticas de recursos humanos e financeiros dedicados à pesquisa e desenvolvimento experimental. De acordo com a OCDE, este manual é de fundamental importância para a compreensão do papel da ciência, tecnologia e inovação na análise dos Sistemas Nacionais de Inovação dos países, bem como para o entendimento sobre boas práticas para políticas públicas de CT&I, informando e influenciando os debates mundiais sobre o tema e as formulações das políticas de cada país. Seu objetivo é ser um documento técnico que contenha diretrizes que sirvam de referência para os especialistas do mundo todo, visando garantir a comparabilidade dos resultados estatísticos para apoiar a construção de uma infraestrutura mundial de informações estatísticas de P&D relevantes para os formuladores de políticas públicas e demais agentes interessados em seu estudo.

A abordagem básica do manual é centrar o olhar na execução de atividades pelos executores de P&D, bem como os recursos para ela. Ao se acompanhar ao longo do tempo o desempenho em P&D e a evolução das fontes de recursos, é possível compreender o sistema de P&D de um país e suas comparações com o restante do mundo. Além disso, o manual fornece uma série de recomendações que visam facilitar a correta identificação dos resultados de P&D a partir de microdados, uso de registros vinculados e outras classificações que facilitam a análise dos fluxos de conhecimento.

Uma outra característica importante é o fato do Manual Frascati poder ser utilizado como referência em países que se encontram em diferentes estágios de desenvolvimento econômico e com diferentes estruturas internas de pesquisa e estatísticas, sendo que sua última versão foi inclusive elaborada com contribuições de países emergentes. Este fato se

torna importante dentro da expansão dos membros da OCDE e de seu objetivo de maior envolvimento com países não membros.

Desde a sua primeira versão, em 1963, até a sétima e última, seu texto foi se alterando gradativamente conforme novos desafios e avanços de entendimentos. Como exemplo, a terceira edição de 1974 teve o seu escopo aumentado para cobrir também pesquisas nas ciências humanas e sociais, ao passo que a quarta edição de 1987 passou a introduzir o setor de ensino superior em suas coletas devido ao interesse dos formuladores de políticas sobre o papel das universidades nos esforços nacionais de pesquisa. Já a sexta edição, lançada em 2002, surgiu da necessidade de atualização das classificações, bem como sobre os interesses crescentes nas estatísticas do setor de serviços, recursos humanos e o papel da globalização no contexto da inovação.

Em 2015 foi lançada a sétima e última edição, sendo considerada pela OCDE a com maiores mudanças desde a primeira. Além de ser dada uma maior atenção na identificação entre o que é e o que não é P&D, essa versão aborda outros pontos que possuem relevância na atualidade, como os processos contínuos de mudanças organizacionais, papel da globalização nas cadeias de valor e as atuais abordagens de suporte financeiro para P&D, com enfoque para os incentivos fiscais governamentais. Adicionalmente, foram criados capítulos específicos para abordar cada um dos setores em que ocorrem atividades de pesquisa e desenvolvimento na sociedade, objetivando um maior detalhamento na coleta e tratamento de dados. Mesmo que historicamente o Manual Frascati possua como enfoque principal a necessidade de realização de comparações internacionais agregadas de P&D, a atual edição também avançou substancialmente no estabelecimento de diretrizes que atendessem à necessidade de compreensão das dinâmicas e ligações em nível micro deste fenômeno.

De um modo geral, o Manual Frascati apresenta diretrizes específicas para a medição dos recursos financeiros e humanos utilizados nas atividades de P&D, buscando especificar o que deve e o que não deve ser considerado neste processo. Dessa forma, a utilização do manual acaba sendo útil para a realização de medições com bastante precisão em cada unidade em que ocorrem as atividades de pesquisa e desenvolvimento. Seus capítulos se dedicam tanto a identificar e classificar corretamente as atividades de P&D, quanto os setores das unidades institucionais que a realizam, possibilitando dessa forma garantir consistência com as necessidades particulares de cada setor. Adicionalmente, o documento estabelece

conceitos fundamentais sobre a medição dos investimentos em P&D e dos recursos humanos que atuam diretamente e que são externos a esta atividade, explicitando de forma correta o que deve e o que não deve ser medido, bem como estabelecendo orientações para criação de classificações entre as origens dos dados. Uma outra abordagem trazida pelo documento é sobre as metodologias e procedimentos a serem utilizados no processo de medição, orientando questões relacionadas às múltiplas fontes de dados e a realização de amostragens. Esta parte é muito importante tendo em vista que as diferenças nas práticas metodológicas e na aplicação de definições e recomendações afetam diretamente a falta de comparabilidade internacional. Por fim, o restante do texto trata especificamente sobre os aspectos que envolvem cada um dos setores que realizam P&D, bem como aspectos relacionados à medição da globalização da Pesquisa e Desenvolvimento, aspectos relacionados a alocação de recursos e os incentivos fiscais utilizados pelos governos para fomentar as atividades de P&D nas economias.

Como afirmado anteriormente, o manual detalha em capítulos separados as metodologias, classificações particulares e questões específicas de cada um dos setores que participam do processo de P&D na sociedade, podendo dessa forma ocorrer maior detalhamento no processo de coleta. Os setores são as empresas comerciais (empresas residentes, filiais, privadas ou estatais), governo (em todas as esferas, incluindo as agências executoras e financiadoras), ensino superior (universidades, institutos de pesquisa e demais instituições que oferecem programas formais de ensino superior) e empresas sem fins lucrativos (tanto executoras, quanto financiadoras de P&D).

Com relação à medição dos recursos financeiros e humanos, o documento aborda quais os aspectos devem ser considerados na medição, auxiliando também na correta segregação e classificação do recurso. No que diz respeito aos recursos financeiros, por exemplo, o texto especifica que as despesas internas de P&D são todas as despesas correntes (mão de obra e demais custos) em conjunto com os investimentos em capital fixo (terras, construções, máquinas e equipamentos) realizados dentro de uma unidade em um determinado período de tempo, não importando a origem dos fundos (que pode ser interno ou externo). Os demais custos envolvem as compras de insumos necessários à atividade de pesquisa, incluindo-se os gastos com energia, produtos, softwares e direitos de propriedade intelectual. Deve-se ter atenção a apenas incluir os custos do pessoal quando estes realizam atividades diretas de P&D, devendo-se ter atenção aos que não atuam de forma integral. O

mesmo ocorre com os custos com capital fixo, que devem ser estimados com base no uso pretendido de cada equipamento ou espaço da construção que se destine somente às atividades de P&D. Por fim, custos administrativos e indiretos também devem ser considerados, sendo feito o rateio correto com as demais atividades da instituição.

O documento detalha também que para uma correta mensuração do pessoal de P&D, deve-se incluir os pesquisadores e especialistas altamente treinados, além dos técnicos e pessoal de apoio que contribuem diretamente nas atividades de P&D, mesmo que sejam pessoas realizando trabalho voluntário. Devem ser incluídos tanto o pessoal interno a uma unidade, quanto externos, devendo ser feita corretamente a identificação de cada grupo. Pessoas que fornecem suporte indireto e serviços auxiliares devem ser excluídos. Por fim, o manual estabelece que a medição de pessoal envolve os indicadores que se referem ao número de funcionários, tempo de atividades de P&D equivalentes em tempo integral, e as características gerais (gênero, função, idade, qualificação) dos funcionários.

O tempo de atividades de P&D equivalentes em tempo integral é a proporção de horas de trabalho realmente gasta com pesquisa e desenvolvimento em relação ao total de horas trabalhados, sendo o período geralmente de um ano. O manual pondera, entretanto, sobre a dificuldade de aplicação deste princípio e medição correta nas estatísticas que são realizadas. Já o quantitativo de colaboradores pode ser quantificado pelo número de pessoas em uma determinada data, número médio ou total de pessoas durante um ano, sendo que a contagem em uma determinada data é a metodologia recomendada. Em ambas abordagens pode ocorrer algum tipo de estimativa a depender das dificuldades em se obter os dados. O manual recomenda que, para a obtenção do quantitativo de colaboradores, sejam utilizados sempre que possível os dados disponíveis em registros administrativos.

Uma importante abordagem do manual é a relacionada aos aspectos para medição da P&D nas instituições de ensino superior, devido a sua grande complexidade de medição. De acordo com o texto, devem ser consideradas as atividades dos alunos de doutorado, os de mestrado que recebem pagamento por suas atividades, os professores ou supervisores desses alunos, além das atividades de estudos do corpo docente, devendo ser desconsiderado o tempo gasto pelo pessoal da universidade em atividades que não estão relacionadas à P&D. Além disso, as atividades de educação e treinamento gerais devem ser excluídas, devendo ser incluídas apenas as atividades de ensino para os alunos de doutorado por parte de seus

professores e supervisores, bem como as atividades de pesquisa relacionadas, uma vez que é difícil estabelecer os seus limites. O manual pondera, entretanto, que é difícil definir aonde terminam as atividades de educação e onde começam as de pesquisa, sendo que a sua separação é um problema. Com relação aos recursos financeiros, as diretrizes são alinhadas com a dos outros setores, tendo que se ter a atenção em considerar somente o uso do capital fixo nas atividades de P&D e não nas de educação e treinamento sem relação com pesquisa e desenvolvimento.

b) Manual de Oslo (OECD, 2018)

O Manual de Oslo originou-se a partir de reunião ocorrida entre os especialistas nacionais em indicadores de ciência e tecnologia da OCDE em 1991 na cidade de Oslo, sendo que sua publicação ocorreu em 1992. Sendo publicado pela OCDE em conjunto com a Eurostat, o gabinete de estatísticas da União Europeia, ele surgiu em resposta à demanda política existente por evidências empíricas sobre inovação. Sua adoção foi aceita no mundo todo, não somente nos países membros da OCDE e da União Europeia, sendo que mais de 80 países já realizam pesquisas sobre inovação. Diferentemente do Manual Frascati, que tem como objetivo a medição da pesquisa e desenvolvimento, o Manual de Oslo tem como objetivo auxiliar especialistas e institutos nacionais de estatística de todo o mundo a realizar uma correta e harmônica medição da inovação no setor empresarial, servindo como um padrão internacional de referência sobre inovação. A partir de conselhos e diretrizes de melhores práticas para coletar e interpretar os dados, o Manual auxilia na comparabilidade internacional, na criação de uma infraestrutura de informação global e no fornecimento de uma plataforma para pesquisa e experimentação na medição dos fenômenos complexos e diferenciados que envolvem a inovação, independentemente do nível de desenvolvimento econômico do país que o implementar.

Desde a sua primeira edição, o manual vem sendo atualizado após sucessivas revisões a partir das constantes mudanças nos fatores econômicos e sociais, evoluções na natureza da inovação e como ela ocorre, alterações nos entendimentos dos especialistas, análises dos dados das pesquisas de todo o mundo, experiências adquiridas a partir de sua adoção nas diferentes economias e necessidades dos seus usuários, além de um progressivo aumento da consciência social dos fenômenos relacionados à inovação. Cita-se como exemplo as alterações ocorridas na segunda edição, de 1997, que avançou em comparação à edição

anterior ao incluir diretrizes para a medição em vários setores de serviços, e não somente de manufatura. Já a terceira edição, de 2005, expandiu a estrutura de medição da inovação, enfatizou o papel dos vínculos com empresas e demais organizações no processo de inovação, reconheceu a importância da inovação em setores com menos intensidade de P&D e estendeu sua definição para incluir a inovação organizacional e de marketing, além de abordar com detalhes a medição da inovação em países em desenvolvimento.

A última e quarta versão, de 2018, diferencia-se da anterior ao reduzir a complexidade que havia na definição da inovação empresarial baseada em quatro tipos (produto, processo, organizacional e marketing) para dois (produto e inovações de processos de negócios). Outros incrementos importantes foram incluídos: a abordagem sobre as diversas tendências relacionadas à inovação, como o papel da globalização e os fluxos de conhecimento mundiais; a transformação digital através da evolução das tecnologias da informação e da ciência dos dados; e a importância cada vez maior do conhecimento para a formação de capital, além do próprio avanço do conhecimento sobre a inovação, seus processos e o seu impacto no desenvolvimento social e econômico. Além disso, a última edição do manual apresenta a estrutura conceitual e definições de inovação que sejam aplicáveis tanto a setores empresariais quanto não empresariais (governo, organizações sem fins lucrativos e atividades domiciliares), de modo a promover uma visão estatística da inovação em toda a sociedade.

De um modo geral, o texto do manual fornece a base para uma linguagem comum sobre inovação, bem como estabelece diretrizes para entender os fatores que apoiam a inovação e os seus resultados, identificando as melhores práticas para realização de amostragem e a coleta de dados sobre a inovação, orientando como devem ser realizados os questionários e a interpretação das respostas, além de apresentar os desafios existentes para a sua implementação. Além de apresentar e discutir o conceito de inovação, o seu conteúdo apresenta as estruturas existentes para identificar as fronteiras do setor empresarial e os outros setores da economia, identificando as conexões existentes e a contribuição dos demais atores não empresariais ao sistema de inovação.

Outro aspecto importante descrito pelo Manual é sobre o processo de inovação nas empresas, as relações existentes com outras empresas, seu ambiente externo e competitivo, além do sistema de inovação em que elas estão imersas. Adicionalmente, fornece um conjunto de definições para orientar as pesquisas estatísticas no setor empresarial e identificar as

atividades que as empresas podem realizar em busca da inovação, orientando como deve ocorrer a coleta de dados e a contabilização de gastos em cada uma das atividades, sugerindo, por exemplo, que na medida do possível seja realizada a distinção entre os gastos com P&D e gastos com inovação. Além disso, seu texto aborda metodologias para coleta e tratamento de dados sobre as capacidades de inovação empresarial (conhecimentos, competências e recursos acumulados), fluxos de conhecimento para a inovação (internos e externos), fatores externos que influenciam a inovação empresarial (clientes, concorrentes, fornecedores, ambiente regulatório e econômico, etc.) e os objetivos e resultados da inovação empresarial. Por fim, o manual apresenta os diversos elementos para que se realize corretamente a coleta, análise e relatos estatísticos sobre a inovação empresarial, discutindo sobre o uso de pesquisas e suas etapas, a definição dos indicadores estatísticos a serem utilizados e as análises dos resultados.

Sobre os indicadores, o Manual fornece orientações para produção, uso e limitações de um plano para a produção de indicadores de inovação por áreas temáticas, utilizando como base as recomendações constantes em todo o texto. De acordo com o documento, os indicadores de inovação devem ser: relevantes na medida em que atendem às necessidades dos usuários; precisos, fornecendo uma representação imparcial dos fenômenos que envolvem a inovação; confiáveis, devendo os resultados das medições serem idênticos quando repetidos; oportunos, na medida em que estão rapidamente disponíveis para a tomada de decisão; coerentes, devendo ser logicamente conectados, decompostos em diferentes níveis de agregação e coerentes entre setores, tamanhos de empresas, regiões e países, permitindo a comparabilidade internacional; e acessíveis e claros, sendo amplamente disponíveis e de fácil compreensão.

Para a escolha dos indicadores de inovação, são apresentadas diversas áreas temáticas e as principais fontes de dados para a sua construção, as quais envolvem pesquisas de inovação, dados administrativos ou comerciais, dados de propriedade intelectual, entre outros. Como áreas temáticas tem-se: os indicadores de incidência de inovações e suas características, que abordam, por exemplo, a quantidade de empresas que realizaram ou que possuem processos contínuos para inovação ou se a inovação é em produto ou processo; indicadores de capital baseado em conhecimento, podendo ser medido o total de despesas neste tipo de ativo; indicadores de atividades de inovação, indicando tanto as despesas em atividades de inovação quanto o número de projetos de inovação; indicadores de capacidades de inovação, abordando

aspectos como a utilização de tecnologia avançada ou pessoal altamente qualificado; indicadores de fluxos de conhecimento e inovação, que abordam, por exemplo, o quantitativo de empresas que inovam a partir de trocas de conhecimentos com outras organizações ou que relatam dificuldades neste processo; indicadores de fatores externos que influenciam a inovação, apontando a infraestrutura e apoio público existente, além de aspectos mercadológicos; e indicadores de objetivos e resultados de inovação, indicando tanto quais seriam os objetos das atividades inovativas, quanto os resultados em quantidades ou valores monetários referentes à inovação obtida.

c) Manual de Patentes (OECD, 2009)

Desde o final da década de 70, a OCDE atribuiu importância ao uso de estatísticas de patentes para auxiliar na compreensão quantitativa das atividades de ciência e tecnologia. De acordo com a OCDE, tendo como grande vantagem o fato de serem dados administrativos facilmente obtidos, os dados das patentes fornecem informações importantes, exclusivas e detalhadas sobre os processos e resultados das atividades inventivas, podendo-se extrair a partir deles: o desempenho tecnológico de organizações, regiões ou países; a localização das invenções; as tecnologias emergentes; a difusão do conhecimento e a dinâmica da mudança técnica; o valor econômico das invenções; as características e porte das empresas inventivas; a criatividade e as redes de inventores; o desempenho e a mobilidade dos pesquisadores; o papel das universidades no desenvolvimento tecnológico; a globalização das atividades de P&D; etc. Sua utilização em conjunto com outras informações sobre ciência e tecnologia (gastos com P&D e pessoal, dados sobre a inovação, etc.) auxilia na compreensão das diferentes dimensões da inovação, principalmente em um ambiente econômico e político em rápida evolução. Como exemplo, a análise a partir dos dados combinados pode permitir a identificação dos processos existentes após a invenção, como a existência de redes colaborativas entre empresas ou empresas e organismos públicos.

A OCDE publicou a primeira versão do Manual de Patentes em 1994, em um momento no qual crescia o interesse mundial pelo monitoramento da atividade de patenteamento a partir de análises estatísticas. Tendo sido a primeira tentativa no processo de esclarecimento e harmonização de indicadores baseados em patentes, seu uso nos diversos países membros da OCDE proporcionou uma evolução sobre o entendimento de seus conceitos, até que em 2008 foi publicada sua segunda e atual versão. Considerando a

simultânea facilidade em obtenção dos dados e sua complexidade de interpretação e utilização, o manual mostra em quais contextos as estatísticas de patentes podem ser usadas e em quais não podem, buscando orientar como realizar a correta compreensão e contabilização dos resultados das medições, aumentando a qualidade dos resultados e reduzindo a possibilidade de ocorrência de interpretações errôneas. Seu objetivo é apresentar as informações que se consegue obter a partir dos dados de patentes para a medição de ciência e tecnologia, auxiliar na construção de indicadores de atividade tecnológica e estabelecer diretrizes para a correta compilação e interpretação dos indicadores de patentes.

De maneira geral, seu texto aborda tanto os aspectos sobre o significado dos indicadores de patentes, quanto detalha os procedimentos existentes para a atividade de patenteamento nos escritórios de patentes mais importantes do mundo. São apresentados os critérios e metodologias de compilação de indicadores de patentes e as variadas classificações que podem ser aplicadas às patentes, indicando as diferentes análises que podem ser realizadas a partir dos dados existentes nas patentes. Adicionalmente, o documento aborda o significado e uso das citações de patentes em indicadores, possibilitando lastrear o conhecimento a partir das patentes, identificar as conexões entre tecnologias, empresas, países e regiões, e analisar a importância tecnológica e comercial de determinada tecnologia a partir das citações de sua patente. Por fim, o documento aborda tanto os indicadores que podem ser utilizados para evidenciar a internacionalização das atividades de C&T (a partir das informações sobre a residência do inventor e requerente), quando os que auxiliam no levantamento de outras informações relevantes, como o valor (econômico ou social) da patente.

Com relação aos critérios para a compilação dos indicadores, estes dependem do que se quer medir e das necessidades dos usuários, sendo que os resultados variam a depender das escolhas. As metodologias mais comuns associadas à compilação de estatísticas de patentes são: a data de referência, podendo ser a data prioritária (primeira data de pedido em qualquer parte do mundo), de aplicação (depósito em um escritório específico), publicação (informações divulgadas ao público) e concessão (direitos conferidos ao requerente); e o país de referência, podendo serem utilizados indicadores que se referem ao quantitativo de patentes de determinado país, instituição ou por escritório prioritário (indicando a atratividade do processo de patenteamento de um país). Existem também metodologias que objetivam

normalizar os indicadores em nível de país (a partir do tamanho da população, aspectos econômicos e de infraestrutura de P&D) ou que buscam reduzir os vieses e melhorar a comparabilidade internacional. Como exemplo de metodologia para comparação internacional, tem-se a agregação de indicadores comparáveis internacionalmente (procedimento do Tratado de Cooperação de Patentes da Organização Mundial de Propriedade Intelectual) e as famílias de patentes, como a Família de Patentes Triádicas, que indicam o conjunto de patentes relacionadas depositadas em vários países.

d) Manual Camberra (OECD, 1995)

O Manual de Camberra tem como objetivo tanto o fornecimento de diretrizes para a medição de recursos humanos dedicados à ciência e tecnologia, quanto em como realizar a obtenção e análise dos dados. Sendo o quinto documento publicado da Família Frascati, seu conteúdo foi produzido a partir de necessidades políticas relacionadas que fizeram emergir no final dos anos 80 relatórios e recomendações científicas que apontavam para a necessidade de se estabelecer melhores métodos de medição e uma melhor comparabilidade internacional para os recursos humanos para C&T. Seu texto foi elaborado a partir de workshops especializados da OCDE que ocorreram no início da década de 90, tendo sido aprovado e publicado em 1995. Diferentemente dos manuais anteriormente citados, nunca ocorreu nenhuma nova publicação com atualizações em seu conteúdo.

De acordo com a OCDE, a publicação do manual surgiu a partir do ambiente que existia à época em que diversos grupos de interesse de diferentes países estavam interessados nas diversas questões referentes à educação, treinamento e utilização de pessoal de C&T, entretanto sem existir até então nenhuma definição formal sobre o tema, bem como nenhuma estrutura estatística aceita. Embora já fosse comum a existência de conjuntos de dados nacionais e internacionais sobre educação e força de trabalho, sua coleta não objetivava especificamente às políticas de C&T, o que dificultava a análise dos dados e, por consequência, uma correta comparabilidade internacional.

Seu objetivo, portanto, é fornecer uma estrutura para compilar dados que se referem aos estoques e fluxos de recursos humanos em ciência e tecnologia de modo a permitir a correta análise de perfis e tendências. Para isso, ele estabelece as definições das atividades a serem cobertas, as categorias de pessoal a serem incluídas, as fontes de dados a serem

utilizadas e as variáveis a serem monitoradas para uma adequada compreensão do fenômeno. Assim, seu texto tem por objetivo auxiliar os países na adequação dos dados existentes e futuros de modo a facilitar a análise e o estabelecimento de políticas que visem à formação e retenção de recursos humanos nas diferentes áreas de C&T, além de facilitar o intercâmbio e a utilização conjunta de estatísticas internacionalmente comparáveis.

Como exemplo de aplicação dos dados de recursos humanos em C&T, o documento destaca a análise estratégica do estoque, tendência de entrada, tendência demográfica e características dos recursos humanos, apresentando uma medida do potencial da nação em contar com um quantitativo de pessoas formadas em determinadas áreas por determinados períodos de tempo, além de se poder medir sobre a existência de oportunidades iguais para diferentes grupos em uma sociedade. Outra abordagem importante se refere às análises que podem ser feitas a partir das ligações entre a educação e o mercado de trabalho, demonstrando as tendências de preferências de formação das pessoas em C&T, assim como a existência de vagas no mercado de trabalho que possam absorver a mão de obra formada, indicando dessa forma possíveis gargalos e desencontros entre a formação e a utilização da mão de obra qualificada. Como resultado indireto dessa abordagem, é possível também se realizar a medição da existência de fluxos de recursos humanos qualificados entre regiões e países, além da identificação de regiões onde ocorrem um ganho intelectual, ou seja, a mobilidade de mão de obra qualificada advinda de países com menor nível de desenvolvimento.

O texto apresenta duas formas de se realizar a medição, explicitando onde o seu uso irá depender da dimensão do que se quer medir. Se o interesse da análise é em questões de demanda ou utilização, devem ser utilizados os dados de ocupação, ou seja, as pessoas efetivamente empregadas em C&T. Por outro lado, se o interesse é em medir o aspecto da oferta de mão de obra de C&T (pessoas disponíveis para trabalhar em C&T), deve-se analisar os dados de qualificação, ou seja, pessoas que possuem a educação formal superior adequada para atuar nas atividades. De acordo com o manual, mesmo que ocorram distorções relacionadas ao fato de que muitas pessoas que possuem qualificação em C&T acabam não exercendo ocupação, o que interessa no levantamento é a distinção entre ocupações que fazem parte de uma carreira que envolve ciência e tecnologia das que não fazem. O manual ainda enfatiza que as medições podem apresentar pequenos vieses em relação às qualificações devido à maior facilidade e confiabilidade existente na disponibilização desses dados.

Assim, o manual define que devem ser contabilizados como recursos humanos em ciência e tecnologia tanto as pessoas que completaram com sucesso a educação formal superior (graduação ou pós-graduação) em algum campo de estudo de C&T, quanto às que não possuem qualificação, mas atuam em uma ocupação na qual as qualificações de quem realizou qualificação formal são exigidas. Dessa forma, é possível que existam pessoas qualificadas e empregadas em C&T, pessoas qualificadas, mas não empregadas e pessoas empregadas, porém não qualificadas. O documento também sugere a separação da mão de obra entre as de nível universitário e as de nível técnico, sendo que as de nível universitário são as que possuem graduação ou pós-graduação em C&T ou as que não possuem, mas atuam em atividades que exigem os conhecimentos de quem concluiu. Já as de nível técnico são aquelas que possuem formação técnica em C&T e não estejam atuando em outras áreas que exigem outro tipo de qualificação superior, além daquelas que não possuem educação formal, mas atuam em ocupações que exigem os conhecimentos de quem possui educação formal.

Outro aspecto abordado pelo manual é sobre a dificuldade de definição sobre o que vem a ser as competências e qualificações necessárias para as atividades de C&T, devido a multiplicidade de entendimento mais ou menos restrito a depender da cultura ou língua. Para a sua publicação, houve um acordo em que constasse na cobertura central somente as pessoas com formação superior em ciências naturais, engenharia e tecnologia, ciências agrícolas, ciências médicas e ciências sociais, havendo divergências de opiniões com relação às formações em outras áreas. O texto discute outros pontos relevantes que apresentam divergências de entendimentos e dificuldades de consenso e aplicação, como por exemplo: a inserção ou não nas estatísticas de pessoas que realizam atividades de C&T mas sem qualificação formal relevante; contabilização apenas dos recursos humanos com formação universitária ou também aqueles que possuem formação técnica; e em que medida devem ser contabilizadas as pessoas que possuem formação em C&T, mas estão fora da atuação a tempo ou intensidade suficientes para que suas habilidades e compreensões não sejam mais recuperáveis e relevantes.

e) Manual de Balanço de Pagamentos Tecnológicos (OECD, 1990)

O Manual de Balanço de Pagamentos Tecnológicos (BPT) é um documento que tem por objetivo auxiliar tanto em uma definição mais precisa do que o BPT deve conter, quanto em ser um método de padronização para pesquisa, coleta, compilação e interpretação dos

dados sobre as transferências de tecnologia (receitas e despesas) entre os países, podendo-se construir, dessa forma, importantes indicadores sobre as atividades de ciência e tecnologia que podem ser internacionalmente comparáveis. Publicado pela OCDE em 1990, o documento foi elaborado a partir de recomendações e revisões que ocorreram no final da década de 80 e tiveram como motivação a discussão das dificuldades de obtenção de estatísticas comparáveis sobre o balanço tecnológico dos países que pudessem ser analisadas por diferentes aspectos (setor, localização geográfica, tipo de transação e transator, tipo e valor de contrato, país parceiro, etc.) e agrupadas em categorias. Da mesma forma que as patentes, o balanço de pagamentos tecnológicos pode ser muito útil na medição da produção de P&D das indústrias e dos países, entretanto com uma complexidade maior no tratamento de dados e comparabilidade internacional.

De acordo com documento, os fluxos tecnológicos internacionais podem ser divididos em quatro categorias principais: transferência de tecnologia relacionada a uma técnica ou habilidade coberta por um direito de propriedade; serviços de conteúdo técnico, como estudos de engenharia, consultoria, etc.; bens de capital; e difusão do conhecimento através de canais gratuitos ou praticamente gratuitos nos quais a tecnologia é geral (treinamentos e cooperações técnicas) ou os procedimentos de transmissão são informais. Em uma definição ideal, devem ser registrados para fins de contabilização do balanço de pagamentos tecnológicos apenas as transferências de tecnologia no sentido estrito, sendo que muitos balanços podem apresentar uma gama de outros itens ou não contabilizar muitos fluxos de tecnologia entre os países, sendo o manual útil no sentido de trazer melhoria neste aspecto.

Dessa forma, o documento estabelece que devem ser contabilizadas as operações relativas à transferência e circulação internacional de tecnologia, bem como às atividades de difusão da ciência. Sobre a transferência, contabilizam-se os fluxos de transações relativas à propriedade industrial e às prestações de serviços com conteúdo técnico. Com relação à circulação, estes fluxos são complementares aos de transferência, devendo ser contabilizadas as vendas de uma tecnologia ou de seu direito de uso para um parceiro não relacionado, a exportação de um bem com a tecnologia incorporada e a transferência de uma tecnologia para uma empresa subsidiária. Por fim, sobre a difusão do conhecimento científico, o texto enfatiza a sua dificuldade de mensuração, uma vez que em princípio a ciência se difunde gratuitamente e não há registro sistemático dos fluxos de pagamentos. Entretanto, pode haver uma

contabilização através da circulação de publicações científicas e a análise das referências bibliográficas, migração dos engenheiros e pesquisadores, além da ocorrência de conferências científicas e visitas por cientistas.

Ressalta-se, por outro lado, que o texto cita que existem diversas limitações na compilação de BPT para fins de medição das atividades de ciência e tecnologia, como a ocorrência de não contabilização de transferências de tecnologia sem contrapartida financeira (em empresas multinacionais ou com licenciamento cruzado), as distorções existentes no preço total pago por uma tecnologia e o que pode ser identificado (uma vez que muitos encargos são apresentados em outros campos dos balanços de pagamentos), e as discrepâncias que ocorrem devido às taxas, impostos e câmbios, ocasionando um desalinhamento entre o fluxo financeiro declarado e as transferências reais de tecnologia.

Sobre a utilização dos dados como indicadores de ciência e tecnologia, o documento alerta que para que possa ocorrer a devida utilidade, os países devem definir os itens a serem incluídos no balanço da forma mais clara possível, devendo ocorrer uma harmonização no escopo e nos procedimentos de compilação. Além disso, o texto esclarece que dada a ampla variedade de formas com que a tecnologia circula mundialmente, os dados do BPT não são suficientes por si só para serem utilizados como indicadores da difusão e competitividade tecnológica. Assim, para uma correta utilização dos dados como indicadores de C&T, o texto sugere tanto uma abordagem interna com os dados do BPT (transações de patentes, licenças, conhecimentos técnicos, propriedade industrial não relacionada à tecnologia, serviços com conteúdo técnico e P&D realizada no exterior), quanto abordagens combinadas com dados de competitividade tecnológica para a construção de indicadores de saída de C&T (análise macroeconômica), além de pesquisas específicas para a identificação do comportamento dos participantes das transações tecnológicas (análise microeconômica).

4.2.3 Indicadores Abordados na Literatura Recente

Analisar os indicadores abordados na literatura recente é tão importante quanto conhecer os indicadores utilizados pelo MCTI e os abordados nos manuais internacionais, como os da OCDE. Dessa forma, é possível conhecer como que os trabalhos científicos estão tratando do tema, permitindo a identificação de tendências e novas abordagens.

Em um trabalho para medir o nível de eficiência em CT&I das instituições públicas de pesquisa do estado do Rio de Janeiro utilizando variáveis a partir de indicadores, Alves (2014) abordou em seu referencial que os primeiros indicadores foram baseados no modelo linear de inovação, considerando dessa forma que a inovação ocorre a partir da interação entre as entradas e saídas. Assim, para que haja uma medição correta deste fenômeno, tanto os indicadores de entrada e de saída devem ser medidos. Após revisitar alguns trabalhos sobre o tema, a autora realizou um levantamento de referências que abordavam como entrada os recursos financeiros e humanos, havendo citação também ao grau de qualificação dos recursos humanos, e como saída os indicadores de publicação científica e de patentes. Ao final, a autora selecionou como variáveis de entrada os indicadores de investimento em P&D e qualificação dos recursos humanos (número de doutores das instituições), e como saída a produção científica e o quantitativo de patentes de cada instituição.

Já no contexto nacional, em uma pesquisa com o objetivo de caracterizar e analisar o SNI brasileiro, Soares *et al.* (2016) analisaram indicadores da academia, indústria e governo, representando as entradas, saídas e os elementos de mediação. O indicador estudado como entrada foi o que se refere aos investimentos nacionais em P&D. Como saída foram as patentes, percentual de empresas que inovam, e a difusão tecnológica entre universidades e empresas. Já como instrumentos de mediação foram abordados os avanços obtidos a partir da Lei da Informática, Lei da Inovação e Lei do Bem.

Neste mesmo tipo de abordagem, Thielmann e La Rovere (2017), em uma pesquisa para medir os resultados dos esforços recentes em promover a inovação no Brasil, apresentaram os principais indicadores de CT&I que podem ser utilizados na análise de políticas de CT&I. Considerando a subdivisão dos indicadores entre os que medem os esforços e os que medem os resultados da inovação, os autores apresentaram um total de treze indicadores separados em quatro objetivos pragmáticos, a saber: desempenho do país em CT&I (com indicadores sobre o quantitativo de cientistas, número de interações entre universidades e empresas, publicações científicas, dispêndio nacional em relação ao PIB e pedidos de patentes); formação de recursos humanos (com indicadores sobre o número de alunos diplomados, número de programas de pós-graduação e índice de concessão de bolsas); evolução dos recursos específicos para CT&I (evolução dos valores arrecadados para fundos setoriais, relação entre recursos pagos e arrecadados e relação entre os recursos aprovados e

arrecadados); e a evolução do processo de inovação nas empresas (taxa de inovação das empresas e a relação entre o gasto em P&D e a receita líquida de vendas das empresas).

Em um contexto internacional, Mendonça *et al.* (2018) realizaram uma análise comparativa sobre os principais indicadores de ciência, tecnologia e inovação utilizados no Brasil e no exterior. A pesquisa comparou tanto os indicadores utilizados pelo MCTI, quanto os observados nas bases de dados da OCDE, e concluiu que enquanto os descritores citados pela OCDE dimensionam seus indicadores por área tecnológica ou setor produtivo, no Brasil a dimensão se dá pelo tipo de recurso ou produto. Dessa forma, segundo os autores, por não haver uma padronização, a análise dos dados a partir dos indicadores brasileiros em comparação com o restante do mundo dificulta o estabelecimento de estratégias para uma boa gestão das políticas públicas no país.

Outro aspecto importante desta pesquisa foi a de apresentar também indicadores que representam o quanto a tecnologia e a inovação estão presentes em toda a sociedade, e não somente os indicadores utilizados nos âmbitos das organizações. Dessa forma, foram descritos os indicadores utilizados nas bases de dados da OCDE, separados em cinco categorias. Além das categorias clássicas que se referem a atividade industrial e às de pesquisa e desenvolvimento na economia, também foram apresentadas as categorias de tecnologia da informação e comunicação (que inclui indicadores de população com computadores e empregadas em empresas de tecnologia), acesso à banda larga pelas famílias e empreendedorismo (que inclui indicadores de população autônoma e de ambiente propício à abertura de negócios) (MENDONÇA *et al.*, 2018).

Outra pesquisa mais recente analisou os indicadores de ciência, tecnologia e inovação do Brasil e da Espanha sob a ótica dos processos culturais e de produção e compartilhamento de conhecimento científico, buscando analisar a eficiência destes na mensuração e análise do conhecimento para o desenvolvimento da CT&I. Como premissa, os autores abordaram estudos que realizam críticas sobre a predominância das atividades de P&D para a medição das atividades de inovação de uma nação, sendo que para haver a devida profundidade e abrangência neste fenômeno, seria preciso considerar também outros aspectos importantes do sucesso das políticas de CT&I, como a produção e compartilhamento do conhecimento, interação entre universidade e empresa, mobilidade de pessoas envolvidas nas atividades e difusão da tecnologia e conhecimento. Como resultado da análise, os autores concluíram que

os conjuntos de indicadores oficiais de ambos os países medem os aspectos relacionados aos recursos e resultados, sendo que o conjunto espanhol ainda apresenta indicadores relacionados à cultura científica e de inovação, medindo por exemplo o interesse e percepção da população por temas relacionados à CT&I. Em ambos os países, entretanto, não foram observados conjuntos de indicadores que se relacionam a sistematização, apropriação e compartilhamento de conhecimento científico e tecnológico nos sistemas de inovação, impossibilitando o entendimento sobre as etapas posteriores à produção do conhecimento e, dessa forma, a sua análise com relação a sua contribuição para o SNI (DA SILVA; VALENTIM; GONZÁLEZ, 2020).

Adicionalmente, os autores evidenciaram outros aspectos importantes com relação aos indicadores oficiais nacionais, como o fato de os indicadores apenas apresentarem os resultados das inovações nas empresas, excluindo outros tipos de organizações. Outro aspecto citado é a inexistência de elementos que consigam correlacionar a produção científica predominantemente universitária com a geração de inovação, impossibilitando dessa forma a análise da difusão do conhecimento. Além disso, a pesquisa teceu críticas ao fato dos resultados monitorados sobre as patentes não segregarem a origem do depositante, impossibilitando a análise sobre o tipo de origem da inovação (universidade, empresa ou pesquisador individual) ou sobre a existência de colaboração neste processo (a partir da análise de uma combinação de depositantes). Por fim, os autores sugerem que os indicadores de ambos países sejam ampliados para cobrir outros aspectos e de abordagem sistêmica, tais quais a integração entre os agentes do SNI, os ambientes políticos, regulatório, de infraestrutura, de competitividade, e financeiro, além dos processos de criação, difusão e impacto do conhecimento (DA SILVA; VALENTIM; GONZÁLEZ, 2020).

Ribeiro (2019) apresenta em seu estudo outra pesquisa que realiza uma comparação entre os resultados de CT&I de alguns países, como Brasil, Japão, Suíça e México. Assim, o trabalho estabeleceu como indicadores a serem utilizados o Produto Interno Bruto (PIB), gastos em P&D em relação ao PIB, número de publicações científicas, percentual de exportações de bens de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) sobre o total e pedidos de patentes por residentes. Além desses indicadores, o autor comparou os países com base no Índice Global de Inovação, um indicador mundial que leva em consideração diversos

aspectos da economia dos países, como as exportações de tecnologia, infraestrutura, colaboração entre universidade e indústria, capital humano e ambiente de negócios.

Em um estudo da OCDE que analisa o nível da CT&I no Brasil, são listados 23 indicadores separados nas categorias de universidades e instituições de pesquisa, P&D e inovação nas empresas, empreendedorismo inovador, infraestrutura tecnológica e de TIC, redes e difusões de tecnologia, e habilidades para a inovação. Além dos indicadores clássicos de P&D e inovação, são analisados indicadores de capital de risco, empreendedorismo, governo digital, investimentos privados com pesquisas públicas, gastos com ensino terciário e performance de jovens com ciências. Com relação às universidades, são abordados os indicadores de gastos em P&D, classificação de universidades e publicações em revistas prestigiadas, além das patentes dentro da categoria de redes e difusões (OECD, 2016).

Por fim, é importante citar a pesquisa realizada por De Negri, Cavalcante e Alves (2013) que realizou um levantamento com diversos laboratórios ligados a institutos de pesquisa no país, buscando compreender como ocorrem as relações entre as instituições de pesquisa e empresas no contexto do sistema de inovação nacional. Como variáveis de entrada, foram utilizados o número de pesquisadores e o percentual destes que são mestres e doutores, números de patentes depositadas no INPI, número de artigos disponíveis na Plataforma Lattes, valor total do conjunto de equipamentos e se houve investimento recente no laboratório, além de algumas variáveis para descrever as características do laboratório. Por outro lado, o indicador de saída utilizado foi se o laboratório prestou algum tipo de serviço tecnológico a alguma empresa.

5 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) COMO FERRAMENTA DE MEDIÇÃO DA EFICIÊNCIA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE CT&I

5.1 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS

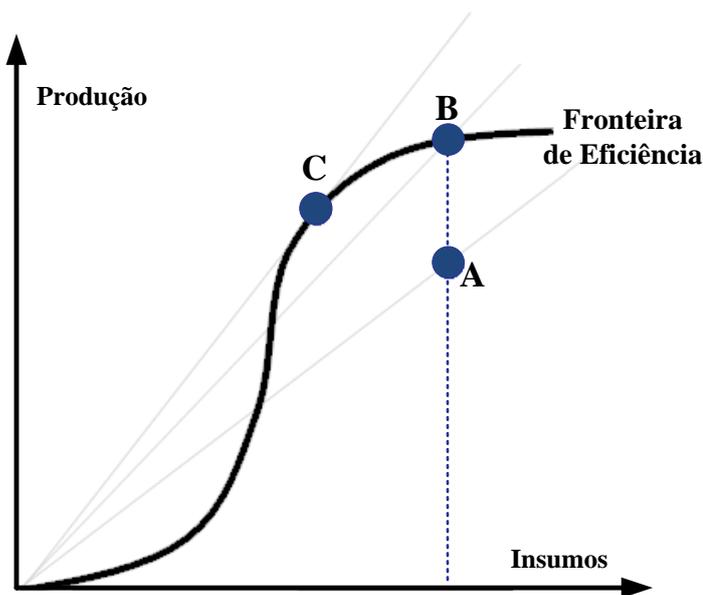
Sendo a eficiência um dos princípios constitucionais a serem seguidos pela administração pública, a realização de avaliações de políticas públicas utilizando a análise de eficiência surge da combinação entre a maior cobrança da sociedade por resultados melhores e a natural escassez de recursos existente na economia. Tendo em vista que a eficiência é um conceito que relaciona os produtos obtidos a partir dos insumos, com este tipo de análise é possível comparar diferentes implementações de políticas públicas e, a partir da identificação das diferenças de eficiência existentes, buscar uma melhoria dos resultados de determinada implementação a partir da identificação de ineficiências que possam ser melhoradas com a redução dos recursos ou com o aumento dos produtos (BRASIL, 2018b).

Para um melhor entendimento da análise de eficiência, é preciso compreender e diferenciar alguns conceitos importantes da teoria da produção que muitas vezes são confundidos, como eficácia, produtividade e os diferentes tipos de eficiência, como a técnica, alocativa e de escala. Enquanto a eficácia simplesmente está relacionada ao atingimento dos objetivos estabelecidos como meta, não se levando em consideração os recursos utilizados, a produtividade está relacionada com a maneira de utilização dos insumos na realização da produção, sendo obtida dessa forma pela divisão entre a produção e os insumos, ou seja, entre a combinação linear de saídas pela combinação linear das entradas. Dessa forma, a produtividade possui como unidade de medida a definida pelo seu denominador (FERREIRA; GOMES, 2020; PLANELLS, 2018).

A eficiência técnica (ou produtiva), por outro lado, é um conceito relativo que compara a produção por unidade de insumo de determinada unidade produtiva com o que poderia ser produzido. Ou seja, eficiência técnica é a razão entre a produtividade desta unidade com a produtividade máxima que poderia ser obtida, sendo dessa forma uma medida adimensional. Já a eficiência alocativa (ou econômica) se refere à capacidade de uma unidade obter uma produção em um nível ótimo, mas com o menor custo possível. Por fim, a eficiência de escala é o resultado do nível de produção máximo mais adequado, considerando a tecnologia adotada (FERREIRA; GOMES, 2020).

A melhor compreensão dos conceitos pode ser obtida a partir da figura 3, que apresenta a produção de diferentes unidades, ou seja, o processo de produção de insumos em produtos ou serviços. Como as diferentes unidades possuem capacidades diferentes de produzir produtos a partir de quantidades distintas de insumos, é possível estabelecer a fronteira de eficiência (ou fronteira de produção), que delimita as unidades que maximizam a quantidade de produtos a partir de determinado nível de insumos (BRASIL, 2018b).

Figura 3: Produção e fronteira de eficiência de diferentes unidades



Fonte: Adaptado de Brasil (2018b, pg. 302)

No gráfico, a curva representa a fronteira de eficiência. O nível de eficiência das unidades é determinado pela sua maior proximidade à fronteira. Dessa forma B e C conseguem maximizar a criação de produtos a partir das entradas, sendo eficientes, enquanto A é ineficiente tecnicamente. As retas radiais representam a razão entre os produtos e insumos, ou seja, a produtividade. Sob uma mesma reta estão as unidades com a mesma produtividade, sendo que a reta de maior ângulo é a que possui a maior produtividade. A partir da observação dos pontos, é possível compreender as diferenças conceituais com maior facilidade. Mesmo B e C sendo tecnicamente eficientes, C é mais produtivo. Dessa forma, para aumentar a sua produtividade mantendo-se eficiente, B teria que se deslocar até C, reduzindo a utilização de insumos e a produção.

A partir da análise da dinâmica envolvendo o ponto A é possível avançar na compreensão das possibilidades para uma unidade obter a eficiência técnica. Como pode ser verificado, a partir da constatação da ineficiência de A, é possível torná-lo eficiente deslocando-o de diversas formas em direção à curva. Em especial, pode-se deslocá-lo de forma orientada ao insumo, ou seja, reduzindo-se os insumos e mantendo os produtos no mesmo nível, obtendo assim a eficiência técnica com orientação ao *input*. Paralelamente, é possível aumentar os produtos mantendo-se os insumos constantes, sendo dessa forma um descolamento em direção ao produto, ou seja, uma eficiência técnica com orientação ao *output* (FERREIRA; GOMES, 2020; PLANELLS, 2018).

5.2 A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS, SUAS CARACTERÍSTICAS, MODELOS PRINCIPAIS E IMPLEMENTAÇÕES ADICIONAIS

Dentre as diversas técnicas existentes para a medição da eficiência de organizações produtivas, destaca-se a Análise Envoltória de Dados, do inglês *Data Envelopment Analysis* (DEA), tendo em vista a sua utilização crescente na análise de eficiência nos mais diversos tipos de agentes econômicos, sendo utilizada na realização de diversas avaliações de políticas públicas de diferentes abordagens.

Tendo como origem a teoria da produção microeconômica e, mais especificamente nos estudos sobre métodos de programação matemática para o desenvolvimento de formas de alocação eficiente dos recursos econômicos, a DEA surgiu em 1978 a partir dos estudos sobre avaliações de programas públicos realizados por Abraham Charnes, Edwardo Rhodes e William Cooper, tendo grande importância as contribuições iniciais em 1957 de Michael Farrel. Assim, a DEA foi criada a partir da necessidade de desenvolvimento de um método que realizasse a comparação de diferentes unidades produtivas homogêneas com múltiplos insumos e produtos em comum através mensuração da eficiência relativa entre elas (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978).

Dessa forma, com a utilização de técnicas de programação linear, o modelo consegue avaliar a partir de um conjunto de unidades produtivas que tomam decisões, denominadas de *Decision-Making Units* (DMU), àquelas que são eficientes e as que são padrões de eficiência (*benchmarks*) em comparação com as demais. Para as outras, a DEA indica quais as mudanças que devem ocorrer em termos dos insumos (minimização) ou produtos (maximização) para que se tornem eficientes, ou seja, se desloquem até a fronteira de

eficiência. De acordo com Charnes, Cooper e Rhodes (1978), o termo DMU foi escolhido como uma forma de justamente enfatizar que as unidades avaliadas podem ser tanto entidades sem fins lucrativos quanto as organizações mais habituais, como empresas e indústrias. Adicionalmente, esta nomenclatura auxilia a destacar o fato de que as entradas e saídas a serem consideradas não necessitam ser prontamente referenciadas em valores de mercado ou em qualquer tipo de referência econômica.

Um aspecto importante sobre a construção do modelo é que ele permite o cálculo da eficiência relativa sem necessitar estabelecer funções que relacionam as entradas com as saídas, podendo-se dessa forma trabalhar com variáveis de qualquer complexidade e com as mais diversas unidades de medida. Além disso, o cálculo permite que cada unidade maximize a sua eficiência em termos de suas variáveis, não necessitando o estabelecimento de definições de pesos arbitrários para estas e nem um delineamento de formas presumidas para as relações entre as entradas e as saídas (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984; FERREIRA; GOMES, 2020).

Uma característica importante da DEA é o fato dela ser um modelo matemático não paramétrico, não possibilitando dessa forma a inferência estatística, ou seja, sendo somente válido para a amostra analisada. Ressalta-se, entretanto, que os métodos não paramétricos possuem algumas vantagens, como por exemplo o fato de não precisarem de construção de premissas com relação às estruturas produtivas de cada DMU. Além disso, o método também é vantajoso ao se trabalhar com diversos insumos e produtos que não podem ser modelados linearmente em função de sua estrutura, o que é especialmente relevante na avaliação de políticas públicas em organizações, como é o caso das universidades (PLANELLS, 2018).

Por fim, cabe destacar que a DEA é uma técnica útil em diversos contextos. Golany e Roll (1989) citam que os objetivos de uma análise DEA podem variar amplamente, incluindo-se de forma típica: (i) identificação da ineficiência relativa das unidades avaliadas; (ii) classificação das unidades a partir dos resultados da eficiência; (iii) avaliação dos aspectos gerenciais das unidades comparadas; (iv) diferenciação, dentro de programas ou políticas públicas, entre a ocorrência de ineficiências gerenciais ou de ineficiências dos programas; (v) criação de uma base quantitativa para auxiliar na realocação de recursos entre as unidades avaliadas dentro de uma mesma política pública; (vi) identificação de relações eficientes de

entrada-saída para diversos propósitos, como na criação de novos produtos; e (vii) análise e comparação de resultados com estudos anteriores.

5.2.1 Modelos Principais

Existem diversos tipos de modelos DEA, desde os mais clássicos, criados pelos desenvolvedores do método, até os mais recentes. As diferenças entre os modelos se dão em função das diferenças que ocorrem com relação ao tipo de retorno de escala, orientação, forma de combinação entre entradas e saídas e forma de representação da programação linear (MARIANO, 2012).

Quanto ao tipo de retorno de escala, os modelos podem assumir como hipótese que as produções das DMU's ocorrem com rendimentos constantes ou variáveis de escala, dependendo da característica produtiva das unidades analisadas. Nos modelos com retornos constantes de escala considera-se que a produção de todas as unidades varia de forma proporcional à variação dos insumos para todas as regiões. De modo diferente, os modelos com retornos variáveis de escala consideram que a variação das saídas não ocorre necessariamente proporcionalmente em relação às entradas, podendo existir dessa forma unidades em regiões com rendimentos crescentes (variações dos produtos mais que proporcionais aos insumos), constantes (proporcionais) ou decrescentes (variações dos produtos menos que proporcionais) de escala. Além desses, também existem os modelos híbridos, que consideram a existência de regiões constantes e crescentes ou constantes e decrescentes (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007; FERREIRA; GOMES, 2020).

Neste contexto, Mariano (2012) afirma que é possível interpretar o tipo de eficiência obtida dependendo do tipo de modelo implementado. Enquanto a implementação da DEA com retornos constantes de escala apresenta como resultado a eficiência total, ou seja, sem haver a separação dos ganhos ou perdas de escala, a implementação do modelo com retornos variáveis de escala propicia uma eficiência técnica pura, ou seja, isolada do impacto da escala de produção. O autor complementa que a eficiência de escala é obtida a partir da divisão da eficiência total obtida pelo modelo com retornos constantes de escala pela eficiência técnica obtida pelo modelo com retornos variáveis de escala.

Com relação à orientação, os modelos podem ser radiais ou não radiais, sendo que enquanto os radiais objetivam à minimização das entradas ou maximização das saídas de

forma distinta, os não radiais trabalham nos dois movimentos ao mesmo tempo. Sobre os modelos radiais, estes podem ser orientados às entradas (*inputs*) ou às saídas (*outputs*). Enquanto que os orientados às entradas determinam quanto que estas podem ser reduzidas considerando o atual nível de saídas, os orientados às saídas determinam o quanto que estas podem ser aumentadas considerando o atual nível de entradas. Além disso, existem os modelos que assumem que a combinação entre as entradas e saídas ocorrem a partir de combinações lineares (lineares) e os que consideram que essa combinação é não-linear (multiplicativos) (MARIANO, 2012).

Sobre a forma de representação do problema de programação linear, há a forma dos multiplicadores e a forma do envelope³ (ou modelo envoltório). Ambos apresentam o mesmo resultado para as eficiências técnicas das unidades, uma vez que são duais. Entretanto, o formato de multiplicadores permite a obtenção dos pesos de cada entrada e saída das unidades em análise, sendo que o formato envoltório permite a obtenção das metas a serem atingidas por cada unidade, bem como quais DMU's que são padrões de eficiência para uma unidade ineficiente (FERREIRA; GOMES, 2020; MARIANO, 2012).

Os principais modelos DEA foram o CCR e o BCC. O primeiro desenvolvido foi o CCR, que possui esta nomenclatura devido aos seus autores Charnes, Cooper e Rhodes (1978). Este modelo é aplicável somente para produções caracterizadas com retornos constantes de escala, sendo dessa forma também denominado de CRS, do inglês (*Constant Returns to Scale*). Por outro lado, o modelo BCC, cuja sigla também remete aos seus criadores, foi desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984). Sendo uma evolução do primeiro, este modelo se aplica para produções em que ocorrem retornos variáveis de escala, sendo assim também denominado de VRS, do inglês (*Variable Returns to Scale*). Ambos os modelos são radiais e lineares. O quadro 3 apresenta ambos os modelos, tanto na forma dos multiplicadores, quanto na do envelope.

³ As duas formas ocorrem em função da dualidade existente nos problemas de programação linear. Todo problema de programação linear (primal) está associado a um outro problema (dual) cujo resultado da função objetivo é o mesmo, alternando apenas as análises complementares possíveis de serem obtidas a partir das variáveis de decisão. Ambas formas podem ser relacionadas a partir de correspondências existentes entre seus elementos: enquanto o problema de uma forma é de maximização, o da outra é de minimização; todas as restrições de um formato correspondem às variáveis do outro (e vice-versa); e os termos independentes de uma forma são os coeficientes da função objetivo da outra (e vice-versa) (MARIANO; ALMEIDA; REBELATTO, 2006).

Quadro 3: Modelos DEA CCR e BCC

Modelo	Forma dos Multiplicadores	Forma do Envelope
<p>CCR com orientação ao input</p>	<p>MAX $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{i0}$</p> <p>Sujeito a:</p> $\sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{j0} = 1$ $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} \leq 0 \quad ,\text{para } k = 1, 2, \dots, h$	<p>MIN θ</p> <p>Sujeito a:</p> $\sum_{k=1}^h x_{jk} \cdot \lambda_k - \theta \cdot x_{j0} \leq 0 \quad ,\text{para } j = 1, 2, \dots, n$ $\sum_{k=1}^h y_{ik} \cdot \lambda_k \geq y_{i0} \quad ,\text{para } i = 1, 2, \dots, m$
<p>CCR com orientação ao output</p>	<p>MIN $\sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{j0}$</p> <p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{i0} = 1$ $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} \leq 0 \quad ,\text{para } k = 1, 2, \dots, h$	<p>MAX η</p> <p>Sujeito a:</p> $\sum_{k=1}^h x_{jk} \cdot \lambda_k \leq x_{j0} \quad ,\text{para } j = 1, 2, \dots, n$ $\sum_{k=1}^h y_{ik} \cdot \lambda_k - \eta \cdot y_{i0} \geq 0 \quad ,\text{para } i = 1, 2, \dots, m$
<p>BCC com orientação ao input</p>	<p>MAX $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{i0} + w$</p> <p>Sujeito a:</p> $\sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{j0} = 1$ $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} + w \leq 0 \quad ,\text{para } k = 1, 2, \dots, h$ <p>w não possui restrição de sinal</p>	<p>MIN θ</p> <p>Sujeito a:</p> $\sum_{k=1}^h x_{jk} \cdot \lambda_k - \theta \cdot x_{j0} \leq 0 \quad ,\text{para } j = 1, 2, \dots, n$ $\sum_{k=1}^h y_{ik} \cdot \lambda_k \geq y_{i0} \quad ,\text{para } i = 1, 2, \dots, m$ $\sum_{k=1}^h \lambda_k = 1$

Modelo	Forma dos Multiplicadores	Forma do Envelope
BCC com orientação ao output	MIN $\sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{j0} - w$ Sujeito a: $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{i0} = 1$ $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} + w \leq 0 \quad ,\text{para } k = 1, 2, \dots, h$ w não possui restrição de sinal	MAX η Sujeito a: $\sum_{k=1}^h x_{jk} \cdot \lambda_k \leq x_{j0} \quad ,\text{para } j = 1, 2, \dots, n$ $\sum_{k=1}^h y_{ik} \cdot \lambda_k - \eta \cdot y_{i0} \geq 0 \quad ,\text{para } i = 1, 2, \dots, m$ $\sum_{k=1}^h \lambda_k = 1$
	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; v_j : Peso do <i>input</i> j ; u_i : Peso do <i>output</i> i ; θ : Eficiência da DMU em análise; η : Inverso da eficiência da DMU em análise; 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; w : Variável de escala.	

Fonte: Mariano (2012, pg. 138)

5.2.2 Etapas e Definições para a Implementação de uma Modelagem DEA

De acordo com Golany e Roll (1989) existem três etapas principais para a realização de uma análise de eficiência por meio da modelagem DEA. A primeira etapa deve ser a definição e seleção de quais DMU's serão utilizadas. A segunda é a determinação de quais os fatores relacionados às entradas ou saídas são relevantes e adequados para que se possa

calcular adequadamente a eficiência desejada de acordo com o objetivo a ser analisado. Por fim, deve-se aplicar o modelo DEA e analisar os resultados.

Com relação às DMU's, deve ser considerado que o modelo somente pode ser aplicado em unidades homogêneas nas quais a realização de comparações faz sentido. Como homogêneas, compreende-se que são unidades que realizam as mesmas tarefas com os mesmos objetivos e sob as mesmas condições (GOLANY; ROLL, 1989). Ainda sobre as DMU's, deve-se ter atenção na relação entre a quantidade de unidades a serem avaliadas e o número de variáveis consideradas, uma vez que distorções e reduções do poder de discriminação do modelo podem ocorrer ao se realizar análises com muitas entradas e saídas e poucas DMU's (MARIANO, 2012). De acordo com Cooper, Seiford e Tone (2007), uma regra empírica geral que pode servir de guia para uma correta modelagem é utilizar um número de unidades que seja igual ou superior ao maior valor entre: a multiplicação entre o número de entradas e o número de saída; a soma do número de entradas e saídas multiplicado por três. Leta *et al.* (2005) complementa que situações nas quais essa regra não pode ser cumprida não inviabilizam a utilização do método, entretanto recomenda-se a utilização de técnicas adicionais para aumentar a discriminação do resultado.

Um aspecto importante na utilização dos modelos clássicos (CCR ou BCC) é sobre a escolha na utilização entre o tipo de modelo (rendimentos constantes de escala ou rendimentos variáveis de escala) e o tipo de orientação (aos *inputs* ou aos *outputs*). A escolha irá depender do tipo de unidade produtiva que está sendo avaliada, considerando as relações existentes entre as variáveis, bem como as características existentes para promoção de mudanças nos insumos ou nos produtos. Assim, com relação à escolha de orientação, deve ser realizada uma análise com orientação à entrada caso as DMU's possuam controle sobre essas entradas. Caso contrário, uma análise com orientação aos produtos deve ser realizada (PLANELLS, 2018).

Por outro lado, a determinação entre o tipo do modelo será aquele mais adequado para a forma como ocorre a produção entre as unidades em análise a partir da transformação dos insumos em produtos, bem como com relação às suas diferenças de tamanho. De acordo com Ray (2004), é improvável que muitos casos realistas apresentem retornos constantes de escala, sendo assim o modelo CCR não deve ser utilizado em uma ampla variedade de situações. Mesmo assim, é comum a utilização deste modelo na literatura. Enquanto muitas pesquisas

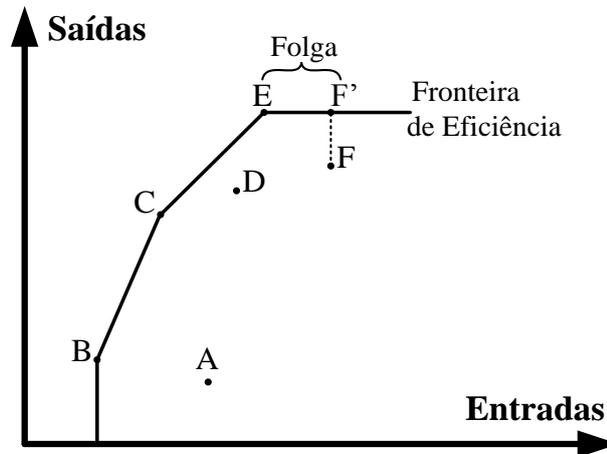
assumem o retorno de escala a ser utilizado sem nenhuma metodologia ou a partir de estudos prévios semelhantes, outras utilizam de procedimentos matemáticos para que se possa identificar se existe uma relação constante ou variável entre as entradas e saídas a serem utilizadas no modelo, definindo o tipo de modelo a partir do resultado da análise (ALVES, 2014; PLANELLS, 2018).

5.2.3 Determinação e Tratamento das Folgas

Uma questão importante que envolve a modelagem DEA é a ocorrência de folgas nos *inputs* ou *outputs* a partir da implementação dos modelos radiais (RAY, 2004), sendo este um viés que deve ser devidamente considerado e tratado para a correta interpretação dos resultados. De acordo com Coelli *et al.* (2005), esta disfunção ocorre como uma consequência do fato da fronteira de eficiência construída pelo DEA ser linear por partes. Assim, nos segmentos onde a fronteira é traçada em paralelo com os eixos coordenados podem ocorrer tanto cenários em que a projeção radial das unidades ineficientes conduza a pontos também ineficientes, quanto situações em que a DMU encontra-se na fronteira de eficiência, mas apresentando folgas, sendo dessa forma caracterizada como fracamente eficiente (FERREIRA; GOMES, 2020).

A figura 4 apresenta um exemplo que auxilia no melhor entendimento deste cenário. A partir da fronteira de eficiência construída pela DEA, tem-se que alguns pontos estão localizados sobre a fronteira, sendo eficientes, enquanto outros não, sendo dessa forma ineficientes. Ao se realizar, por exemplo, a projeção do ponto F (ineficiente) para a fronteira com orientação ao *output*, percebe-se que a DMU projetada (F') encontra-se sobre a fronteira, entretanto este ponto não é de fato eficiente pois ainda é possível reduzir a quantidade de *input* produzindo a mesma quantidade de produto, que é justamente o que ocorre no ponto E. Dessa forma, mesmo que a projeção radial tenha projetado a DMU na fronteira, ainda existe alguma ineficiência que é caracterizada pela folga do *input*, que é justamente a redução que ainda pode ser feita nos insumos após a projeção radial.

Figura 4: Exemplo de ocorrência de folga em modelagem DEA



Fonte: Elaborado pelo Autor

A mesma situação também pode ocorrer com relação aos *outputs*, sendo que neste caso a folga se caracteriza como um aumento que pode ser feito na quantidade produzida após a projeção na fronteira realizada pela DEA. Portanto, as folgas são o excesso de utilização de insumos que devem ser reduzidos ou a ausência de produção que deve ser aumentada (FERREIRA; GOMES, 2020).

As folgas existentes na análise da eficiência a partir da programação DEA podem ser determinadas a partir de diferentes métodos encontrados na literatura. Muitos autores utilizam o método de dois estágios para contornar este problema. Neste método, é construído um modelo envoltório de programação linear que objetiva em maximizar a soma das folgas, sendo que os valores das folgas e os λ são utilizados como variáveis de decisão. Os valores das eficiências obtidos no primeiro estágio (DEA padrão) são utilizados como dados para os cálculos (FERREIRA; GOMES, 2020). Assim, as eficiências não fazem mais parte da função objetivo e nem das variáveis de decisão do novo modelo implementado. O quadro 4 apresenta os modelos de segundo estágio com orientação ao *input* e ao *output*.

Quadro 4: Modelos DEA segundo estágio

Orientação ao <i>Input</i>	Orientação ao <i>Output</i>
<p>MAX $\sum_{i=1}^m S_i + \sum_{j=1}^n S_j$</p> <p>Sujeito a:</p> $\sum_{k=1}^h x_{jk} \cdot \lambda_k + S_j = \theta \cdot x_{j0} \text{ ,para } j = 1, 2, \dots, n$ $\sum_{k=1}^h y_{ik} \cdot \lambda_k - S_i = y_{i0} \text{ ,para } i = 1, 2, \dots, m$ $\sum_{k=1}^h \lambda_k = 1$	<p>MAX $\sum_{i=1}^m S_i + \sum_{j=1}^n S_j$</p> <p>Sujeito a:</p> $\sum_{k=1}^h x_{jk} \cdot \lambda_k + S_j = x_{j0} \text{ ,para } j = 1, 2, \dots, n$ $\sum_{k=1}^h y_{ik} \cdot \lambda_k - S_i = \eta \cdot y_{i0} \text{ ,para } i = 1, 2, \dots, m$ $\sum_{k=1}^h \lambda_k = 1$
<p>Considerando:</p> <p>S_j: Folga do <i>input</i> j; S_i: Folga do <i>output</i> i; 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; θ: Eficiência da DMU em análise; η: Inverso da eficiência da DMU em análise; 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.</p>	

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

5.2.4 Melhoria na Discriminação do Modelo

Uma dificuldade comum que ocorre ao se implementar uma modelagem DEA é a ocorrência de muitos empates de unidades que são classificadas como eficientes, sobretudo nas situações em que existem poucas DMU's para um grande conjunto de variáveis (LETA *et al.* 2005). De acordo com Mariano (2012), isto ocorre em função da liberdade que ocorre na atribuição dos pesos de cada unidade sob análise, o que faz com que o modelo seja

benevolente com as unidades avaliadas. Essa característica pode ser um entrave para situações nas quais existe o interesse de realização da classificação das unidades avaliadas de acordo com as eficiências apresentadas pelo modelo.

Para tratar desta característica, diversos métodos foram desenvolvidos a partir da década de 1990, sendo que alguns utilizam de informações prévias, sendo assim mais subjetivos, enquanto outros não fazem uso dessas informações para seus cálculos. Entre os métodos objetivos, cita-se o que faz uso da fronteira invertida como um método simples e de aplicação quase universal, sendo utilizado em diversas aplicações práticas (LETA *et al.* 2005).

Apresentada inicialmente em 1994 por Yamada, Matui e Sugiyama, a modelagem da fronteira invertida propõe a realização da troca entre as variáveis de entrada e saída do modelo DEA original de modo a se realizar uma avaliação pessimista das DMU's em análise, ou seja, indicando àquelas que apresentam as piores práticas gerenciais (ou as melhores práticas a partir de uma visão oposta) (PIMENTA; MACEDO; MELLO, 2004).

Conforme abordado por Leta *et al.* (2005), a partir do cálculo da eficiência sob a ótica padrão e da fronteira invertida é possível estabelecer o índice de eficiência agregado que permite a realização da discriminação dos resultados originalmente obtidos com a eficiência padrão. Este índice é calculado como sendo a média aritmética entre a eficiência padrão e o valor resultante da subtração da unidade pela eficiência da fronteira invertida. Dessa forma, o índice agregado classifica as unidades não somente com relação ao seu elevado grau de adequação à fronteira padrão (otimista), mas também com relação ao seu baixo grau de pertinência à fronteira invertida (pessimista), possibilitando a realização do desempate das unidades e, por consequência, a classificação dos resultados (PIMENTA; MACEDO; MELLO, 2004).

5.3 DEA PARA MEDIÇÃO DA EFICIÊNCIA DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR BRASILEIRAS

Diversas são as pesquisas recentes que realizaram a análise de eficiência das instituições de ensino superior brasileiras com a utilização da DEA, demonstrando a utilidade da técnica para este tipo de avaliação de política pública. De acordo com Cohen, Paixão e Oliveira (2018) e Letti, Bittencourt e Vila (2020), tais estudos iniciaram na década de 1990, mas sempre com o desafio de mensuração adequada dos insumos e produtos para utilização

no modelo, o que vem melhorando nos últimos anos com o incremento das fontes de informação. Deve ser considerado, adicionalmente, que não há uniformidade entre as metodologias adotadas nos trabalhos encontrados, concluindo-se que existem inúmeras abordagens possíveis de serem utilizadas.

Letti, Bittencourt e Vila (2020), por exemplo, analisaram 56 universidades federais brasileiras entre os anos de 2010 e 2016 considerando a sua distribuição regional e com foco nas três dimensões da atividade universitária (ensino, pesquisa e extensão), além da inovação. Foram desenvolvidos três diferentes modelos com diferentes combinações entre as variáveis para análise em diferentes dimensões, utilizando para tal o modelo BCC com orientação à entrada ou à saída, dependendo do modelo. Como resultado, a pesquisa identificou que 47% das universidades foram eficientes para o período, sendo que a eficiência média da região sudeste foi a maior, com 90%, enquanto a da região norte a pior, com 75%.

Com um escopo similar de análise, ou seja, 56 universidades federais brasileiras, só que apenas para o ano de 2016, Cohen, Paixão e Oliveira (2018) analisaram a eficiência com base em variáveis de entrada que indicam o quantitativo e custo de alunos, além da qualificação dos docentes, tendo como variável de saída o conceito obtido pelas universidades para a graduação e pós-graduação. Foi utilizado o modelo DEA-SBM (*Slacks-Based Measure*), que é um modelo não radial. A orientação utilizada foi com relação ao *output* e o retorno de escala foi variável. Além disso, cabe citar que a pesquisa separou as unidades em dois grupos de acordo com o resultado das variáveis que indicam a qualidade da produção científica, de modo a tornar a análise comparativa mais homogênea. Como resultado, observou-se que enquanto em um grupo 53,12% das universidades foram eficientes, no outro apenas 37,5%.

Outra pesquisa similar utilizou DEA para a medição da eficiência de 63 universidades federais no ano de 2015, utilizando indicadores similares que a pesquisa anterior, ou seja, medidas de quantidade e qualidade dos recursos utilizados como entrada e as realizações das universidades como saída. De maneira diferente, entretanto, o modelo utilizado foi o CCR, com orientação ao *output*. Como resultado, foi identificado que 44% das universidades analisadas foram consideradas eficientes (MELONIO; LUCAS, 2019). Neste mesmo contexto, Pereira (2020) também utilizou o modelo CCR com orientação ao *output*, entretanto para o ano de 2017 e com a segregação em dois grupos da mesma forma que o trabalho

desenvolvido por Cohen, Paixão e Oliveira (2018). As eficiências dos grupos foram próximas, ou seja, 31% e 35%.

Todos os trabalhos citados anteriormente não utilizaram nenhuma técnica no processo de determinação do modelo utilizado, o que ocorreu de forma diferente com a pesquisa de Planells (2018), que analisou a eficiência de 50 Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) entre os anos de 2012 e 2016. Através da construção de diagramas de dispersão entre diferentes variáveis de entrada com diferentes variáveis de saída, o trabalho concluiu que as relações entre as variáveis de entrada e de saída eram variáveis, optando dessa forma pela utilização do modelo BCC com orientação ao *output*, sendo esta escolha condizente com as diferenças de estrutura existentes entre todas as instituições analisadas. Como resultado, a pesquisa concluiu que 48% das instituições analisadas foram eficientes na relação entre a utilização de recursos e a obtenção de resultados.

De maneira análoga, Alves (2014) fez uso de uma análise comparativa entre os indicadores, identificando indícios de diferença de escala entre as variáveis de entrada e de saída, optando dessa forma pela utilização do modelo BCC, com orientação ao *output*. Em sua pesquisa, oito instituições de ensino e pesquisa do estado do Rio de Janeiro foram comparadas com relação a sua eficiência na produção de CT&I para os anos de 2008 a 2012, tendo sido identificado que 47,5% das instituições foram eficientes considerando os seus resultados em cada ano.

6 METODOLOGIA

Uma vez que o objetivo geral desta pesquisa foi avaliar o nível de eficiência em CT&I de parte das universidades federais brasileiras, ela é classificada como uma pesquisa descritiva. De acordo com (GIL, 2002), este tipo de pesquisa tem como finalidade a descrição dos aspectos de determinado conjunto de elementos ou fenômeno a ser estudado, podendo também ocorrer quando há o intuito de se estabelecer as relações entre variáveis. Com relação à abordagem e aos procedimentos, ela se subdivide em duas etapas distintas.

A primeira etapa, de abordagem qualitativa, teve como objetivo o levantamento de informações que proporcionassem o correto entendimento sobre as universidades federais localizadas no país e os seus resultados em CT&I. Para que esta parte do objetivo pudesse ter sido alcançada, esta etapa utilizou de diversos procedimentos para facilitar a compreensão do fenômeno. Assim, além das pesquisas bibliográficas e documentais já apresentadas nos capítulos anteriores, foram realizados dois procedimentos distintos para melhor compreensão da CT&I nas universidades federais estudadas: primeiramente, foi realizada uma coleta de dados primários e secundários disponíveis sobre as atividades de CT&I nas universidades; em segundo lugar, foi realizado um levantamento com as FAPs presentes em cada Unidade da Federação de modo a se obter dados não disponíveis publicamente.

A partir dos dados coletados e descritos na primeira etapa, foi realizada a segunda parte, de abordagem quantitativa. Para que esta parte do objetivo fosse alcançado, os dados coletados foram trabalhados com a utilização de técnicas matemáticas de modo a se avaliar qual o nível de eficiência em CT&I de cada universidade estudada e, dessa forma, buscar compreender quais apresentaram melhores resultados, além de se poder analisar sobre a existência ou não de regiões ou Unidades Federativas do país com melhores resultados que as demais.

Para a realização da avaliação da eficiência em CT&I das universidades, a presente pesquisa partiu do estudo desenvolvido por Alves (2014) que, conforme descrito nos capítulos anteriores, analisou a eficiência em CT&I das Instituições de Ensino Superior localizadas no estado do Rio de Janeiro através da DEA. Esta escolha ocorreu por esta ser uma pesquisa científica desenvolvida em um escopo específico, já tendo sido implementada e com resultados satisfatórios. O objetivo, portanto, foi além de aumentar o escopo da pesquisa,

abordando mais universidades em outras UF, atualizar os indicadores e os seus resultados, tendo em vista que ela foi realizada entre 2008 e 2012.

Dentre todos os tipos de instituições de ensino superior existentes no país, esta pesquisa foi realizada considerando apenas as Universidades Federais. Essa abordagem é comum na literatura, conforme pode ser constatado no referencial realizado no capítulo anterior para descrever as pesquisas que utilizaram DEA em Instituições de Ensino Superior (IES). De acordo com Letti, Bittencourt e Vila (2020), essa escolha ocorre devido à relevância dessas instituições, bem como pelo fato delas seguirem a mesma legislação, tendo dessa forma, por exemplo, as mesmas regras de financiamento. Adicionalmente, há uma maior facilidade de disponibilização dos dados referentes aos indicadores que foram utilizados nesta pesquisa, o que corrobora com esta escolha. A pesquisa foi realizada com base nos dados referentes aos anos de 2015, 2016 e 2017, de modo a auxiliar também futuros estudos que visem a realização de análises sobre a influência dessas instituições para o SNI brasileiro, em especial os resultados de inovação medidos pela Pintec.

6.1 PROCEDIMENTOS

Diversos procedimentos foram executados de modo a se obter os resultados desta pesquisa. Após a definição das variáveis e formas de coleta dos dados, estabeleceu-se quais universidades fariam parte do escopo da pesquisa. Posteriormente, após a coleta, os dados foram tratados para possibilitar a obtenção de melhores resultados. Por fim, foi definido a partir das características e objetivos da pesquisa qual o modelo DEA seria o mais adequado a ser implementado, bem como quais implementações complementares seriam necessárias para a obtenção dos resultados almejados.

6.1.1 Definição das Variáveis e Fontes de Dados

Com base na literatura referenciada e considerando aspectos como a disponibilidade e facilidade na obtenção de dados, optou-se pela construção do modelo DEA com a utilização de variáveis de *input* representando os investimentos em CT&I e os recursos humanos utilizadas pelas universidades na execução das atividades de CT&I, enquanto como *output* a produção técnica e a produção científica. Adicionalmente, buscou-se especificar as variáveis e os dados coletados de modo que estes se aproximassem o máximo possível das

recomendações de medição da P&D em instituições de ensino superior propostas pelo Manual Frascati (recursos financeiros e humanos).

a) Investimentos em CT&I (*input*)

No que diz respeito ao investimento em CT&I, a presente pesquisa utilizou o montante de investimentos utilizados pelas universidades e obtidos tanto com recursos próprios quanto captados via FAP, Finep, Capes e CNPq. Neste contexto cabe destacar que, com o objetivo de se adequar às orientações do Manual Frascati, limitou-se, sempre que possível, aos recursos utilizados somente nas pesquisas realizadas em nível de pós-graduação. Este procedimento foi adotado tendo em vista que o manual cita que para a correta medição das atividades de P&D no ensino superior devem ser consideradas somente as atividades realizadas por alunos de doutorado e mestrado (que recebem pagamento), além da supervisão desses alunos e a educação pessoal do corpo docente (leitura própria). Dessa forma, foram excluídas, quando possível, as atividades de educação e treinamento, bem como os recursos gastos em outros níveis, como o de graduação.

Adicionalmente, deve ser frisado que de acordo com o manual os custos trabalhistas e de infraestrutura também devem ser considerados na mensuração das atividades de P&D pelas universidades, sendo que inclusive estes valores representam uma parte significativa dos investimentos em P&D do setor de educação superior. Caso esses dispêndios não fossem utilizados na análise, ocorreria uma grande diferença na magnitude dos valores dos investimentos realizados com recursos da própria universidade, o que poderia impactar os resultados e prejudicar a comparabilidade internacional.

Com relação aos dados, foi utilizada uma fonte distinta para cada tipo diferente de recurso. Os dados referentes aos investimentos realizados pelo CNPq, Capes e Finep foram obtidos, respectivamente, no Portal de Dados Abertos do CNPq (CNPQ, 2021b), Portal de Transparência da Capes (CAPES, 2021b) e no site da Finep (FINEP, 2021b).

Quanto aos recursos advindos a partir das instituições de fomento estaduais, como apenas algumas poucas FAPs possuem dados de repasse de recursos disponíveis publicamente através dos seus Relatórios de Gestão, estes foram solicitados para os governos estaduais e distrital correspondentes com base na Lei de Acesso à Informação (LAI) através das

plataformas existentes em cada UF. Nos casos em que não houve resposta ou a resposta foi negativa, tentativas adicionais foram realizadas através de contatos diretos com cada FAP.

Por fim, os investimentos realizados com os recursos da própria universidade foram mais desafiadores de serem obtidos de forma satisfatória para utilização na pesquisa. Uma possibilidade seria utilizar os dados disponíveis nos relatórios de gestão das universidades. Entretanto, o fato de não haver nos relatórios uma separação dos recursos referentes apenas às atividades P&D (inclusive os custos de mão de obra), fez com que a sua utilização pudesse trazer resultados pouco confiáveis. Dessa forma, optou-se pela utilização dos valores estimados pelo MCTI na página dos indicadores nacionais de CT&I (MCTI, 2020b) para os dispêndios em P&D realizados pelas instituições de ensino superior, mesmo que não existam dados para algumas universidades federais que estariam no escopo desta pesquisa. Ressalta-se que, de acordo com o Ministério, a metodologia utilizada para a sua estimativa segue as orientações do Manual Frascati (MCTI, 2021b).

b) Recursos Humanos (*Input*)

Com relação à medição dos recursos humanos, como abordado anteriormente, o Manual Frascati sugere a contabilização dos alunos de doutorado, de mestrado com pagamento, além das atividades de supervisão desses alunos e a educação pessoal dos docentes. Assim, foram considerados o quantitativo desses alunos, bem como os professores das universidades dedicados às atividades de pós-graduação, representando dessa forma a supervisão desses alunos e as atividades de educação pessoal dos docentes

Os dados sobre o quantitativo de docentes, alunos de doutorado e bolsistas de mestrado com bolsas da Capes foram coletados pelo Sistema de Informações Georreferenciadas da Capes, o Geocapes (CAPES, 2021c). Adicionalmente, foram incluídos também os bolsistas de mestrado com bolsas do CNPq a partir dos dados obtidos no Portal de Dados Abertos do CNPq (CNPQ, 2021b).

c) Produção Técnica e Científica (*Output*)

Para representar a produção técnica e científica foi utilizado, respectivamente, o quantitativo de patentes e artigos publicados em periódicos. Os dados contendo as produções que representam ambas as variáveis para as universidades foram obtidos através do Portal

Brasileiro de Dados Abertos (BRASIL, 2021), em compilações realizadas pela Capes através dos dados contidos na Plataforma Sucupira.

O quadro 5 apresenta as variáveis, sua representação, especificidade do dado e a fonte de obtenção.

Quadro 5: Variáveis a serem utilizadas

Variável	Representação	Dado	Fonte
Investimento em P&D	<i>Input</i>	Investimento CNPq	Dados Abertos do CNPq
		Investimento Capes	Portal de Transparência da Capes
		Investimento Finep	Site da Finep
		Investimento FAP	Solicitação via LAI
		Investimento Universidade	Indicadores de CT&I do MCTI
Recursos Humanos	<i>Input</i>	Docentes de pós-graduação	Geocapes
		Alunos de doutorado	Geocapes
		Alunos de mestrado bolsistas	Geocapes e Dados Abertos do CNPq
Produção Técnica	<i>Output</i>	Patentes	Portal Brasileiro de Dados Abertos
Produção Científica	<i>Output</i>	Artigos publicados em periódicos	Portal Brasileiro de Dados Abertos

Fonte: Elaborado pelo Autor

6.1.2 Definição das Universidades Federais Pesquisadas

Como abordado anteriormente, nem todas as universidades federais existentes no país possuem os dados dos próprios investimentos realizados em P&D para os anos de 2015, 2016 e 2017 apresentados na página indicadores nacionais em CT&I mantidos pelo MCTI, o que reduziu o escopo das instituições possíveis de serem avaliadas. Além disso, não foi possível obter as informações dos recursos repassados por algumas FAPs, optando-se por não incluir as universidades das respectivas UF dessas fundações de modo que todas as unidades

avaliadas estivessem sob a mesma base de comparação. Assim, do total de 63 universidades federais existentes até 2017, foram analisadas 45, o que representa um total de 71,43%.

Como foi abordado, é recomendável que na análise DEA o número de unidades seja igual ou superior ao maior valor entre: a multiplicação entre o número de entradas e saídas; a soma do número de entradas e saídas multiplicado por três. Como foram utilizadas duas entradas e duas saídas, a análise de 45 unidades foi suficiente já que este valor é superior à 12, maior valor entre os calculados a partir do número de variáveis que foram utilizadas no modelo.

O quadro 6 apresenta as 45 universidades federais que são objeto de estudo da presente pesquisa com as suas siglas e respectivas Unidades da Federação.

Quadro 6: Universidades federais utilizadas na pesquisa

UF	Universidade	Sigla
AL	Universidade Federal de Alagoas	UFAL
BA	Universidade Federal da Bahia	UFBA
BA	Universidade Federal do Recôncavo Baiano	UFRB
CE	Universidade Federal do Ceará	UFC
DF	Universidade de Brasília	UnB
ES	Universidade Federal do Espírito Santo	UFES
GO	Universidade Federal de Goiás	UFG
MA	Universidade Federal do Maranhão	UFMA
MT	Universidade Federal de Mato Grosso	UFMT
MS	Universidade Federal da Grande Dourados	UFGD
MS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul	UFMS
MG	Universidade Federal de Alfenas	UNIFAL-MG
MG	Universidade Federal de Itajubá	UNIFEI
MG	Universidade Federal de Juiz de Fora	UFJF
MG	Universidade Federal de Lavras	UFLA
MG	Universidade Federal de Ouro Preto	UFOP
MG	Universidade Federal de São João del-Rei	UFSJ
MG	Universidade Federal de Uberlândia	UFU

UF	Universidade	Sigla
MG	Universidade Federal de Viçosa	UFV
MG	Universidade Federal do Triângulo Mineiro	UFTM
MG	Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri	UFVJM
PA	Universidade Federal do Oeste do Pará	UFOPA
PA	Universidade Federal do Pará	UFPA
PA	Universidade Federal Rural da Amazônia	UFRA
PB	Universidade Federal da Paraíba	UFPB
PB	Universidade Federal de Campina Grande	UFCG
PR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	UTFPR
PR	Universidade Federal do Paraná	UFPR
PE	Universidade Federal de Pernambuco	UFPE
PE	Universidade Federal Rural de Pernambuco	UFRPE
RJ	Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro	UNIRIO
RJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro	UFRJ
RJ	Universidade Federal Fluminense	UFF
RJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro	UFRRJ
RS	Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre	UFCSPA
RS	Universidade Federal de Pelotas	UFPeI
RS	Universidade Federal de Santa Maria	UFSM
RS	Universidade Federal do Pampa	UNIPAMPA
RS	Universidade Federal do Rio Grande	FURG
RS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	UFRGS
RO	Universidade Federal de Rondônia	UNIR
SC	Universidade Federal de Santa Catarina	UFSC
SP	Universidade Federal de São Carlos	UFSCar
SP	Universidade Federal de São Paulo	UNIFESP
SP	Universidade Federal do ABC	UFABC

Fonte: Elaborado pelo Autor

Por fim, o quadro 7 apresenta as 19 FAPs existentes nas respectivas UF das universidades que estão no escopo desta pesquisa.

Quadro 7: FAPs existentes em cada UF da pesquisa

UF	Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa	Sigla
AL	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas	Fapeal
BA	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia	Fapesb
CE	Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico	Funcap
DF	Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal	FAPDF
ES	Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo	Fapes
GO	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás	Fapeg
MA	Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão	Fapema
MT	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso	Fapemat
MS	Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul	Fundect
MG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais	Fapemig
PA	Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas	Fapeam
PB	Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba	Fapesq
PR	Fundação Araucária	FA
PE	Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco	Facepe
RJ	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro	Faperj
RS	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul	Fapergs
RO	A Fundação Rondônia de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e à Pesquisa do Estado de Rondônia	Fapero
SC	Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina	Fapesc
SP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo	Fapesp

Fonte: Elaborado pelo Autor

6.1.3 Tratamento dos Dados

Os dados coletados foram tratados de modo a atender aos pressupostos definidos para as variáveis, realizar conversão de moedas estrangeiras e corrigir eventuais inconsistências.

a) Recursos Financeiros – Capes

Os dados obtidos dos investimentos realizados pela Capes precisaram ser tratados de modo a se filtrar, da melhor maneira possível, apenas os recursos destinados ao nível de pós-graduação. Para tanto, foram excluídas as modalidades de bolsa destinadas aos níveis de especialização, aperfeiçoamento e graduação, além das modalidades referentes às atividades de educação e treinamento. Assim, foram mantidas apenas as bolsas de nível de pós-graduação, pesquisas neste nível e as que são difíceis de realizar a distinção de nível. O Apêndice A apresenta a tabela com as modalidades de fomentos incluídas na contagem.

Adicionalmente, os dados precisaram ser tratados de modo a se realizar a conversão de moedas estrangeiras, tendo em vista que os valores são disponibilizados em dez tipos diferentes de moedas. Para a realização da conversão, adotou-se como critério a taxa de câmbio para venda média de cada ano da pesquisa com base no histórico de cotações disponibilizado na página do Banco Central do Brasil (BACEN, 2021). O Apêndice B apresenta as taxas médias utilizadas.

Por fim, o Apêndice C contém o quantitativo total de recursos repassados pela Capes em bolsas de pesquisa para as universidades federais desta pesquisa nos anos de 2015, 2016 e 2017.

b) Recursos Financeiros – CNPq

Da mesma forma que os recursos oriundos dos investimentos realizados pela Capes, os dados dos recursos obtidos via CNPq precisaram ser filtrados para atender ao critério de se contabilizar apenas os recursos em nível de pós-graduação, além dos recursos com a finalidade de fomentar publicações e eventos científicos. O Apêndice D apresenta a tabela com as modalidades de fomentos incluídas na contagem, enquanto o Apêndice E lista quantitativo total de recursos repassados pelo CNPq para as universidades.

c) Recursos Financeiros – Finep

A partir dos dados obtidos pela Finep não é possível a realização da segregação do nível de pesquisa utilizado a partir dos recursos. Assim, optou-se por contabilizar todos os recursos liberados em todas as demandas existentes para as universidades contidas nesta pesquisa. Os valores são apresentados no Apêndice F.

d) Recursos Financeiros – FAP

Da mesma forma que ocorrido para os recursos obtidos via Finep, os recursos obtidos via FAP não permitiram uma adequada segregação do nível de pesquisa para a maioria das fundações pesquisadas, optando-se assim pela contabilização total dos investimentos. Os recursos são apresentados no Apêndice G.

e) Recursos Financeiros – Universidades

Nenhum tratamento foi necessário nos dados referentes às estimativas dos dispêndios em P&D realizados pelas instituições de ensino superior obtidos pelo MCTI. Os valores são apresentados no Apêndice H.

f) Recursos Humanos

Para os dados referentes aos docentes foram considerados tanto os permanentes, quanto os colaboradores e os visitantes. Quanto aos alunos de doutorado, foram contabilizados os dados referentes aos alunos matriculados em cada ano. Por fim, para os alunos de mestrado com bolsa foram contabilizados a partir dos dados da Capes os alunos de mestrado e mestrado profissional e a partir dos dados do CNPq os alunos de mestrado. O quantitativo de recursos humanos separado por cada modalidade é apresentado no Apêndice I.

g) Produção Técnica e Científica

Os dados de patentes e artigos publicados em periódicos apresentaram quantidades elevadas de repetições de produções com nomenclaturas iguais listadas como se fossem registros diferentes, indicando a necessidade de tratamento para reduzir a existência de múltiplas contagens repetidas. Como a ferramenta de remoção de linhas duplicadas existente no Microsoft Excel não é capaz de remover itens que são quase totalmente semelhantes, foi desenvolvido um *script* em Visual Basic para remover caracteres especiais, detectar e indicar

registros semelhantes, facilitando dessa forma a identificação e exclusão de itens iguais. O Apêndice J contém o total de produções técnica e científica de cada universidade.

O quantitativo total de recursos financeiros, recursos humanos, produção técnica e produção científica é apresentado na tabela 1. Nota-se que os recursos financeiros é o somatório total de todas as fontes de recursos apresentada. Já nos recursos humanos se incluem os professores, alunos de doutorado e de mestrado com bolsa.

Tabela 1: Quantitativo total de recursos humanos, recursos financeiros, produção técnica e produção científica

Universidade	Entradas						Saídas					
	Recursos Financeiros			Recursos Humanos			Produção Técnica			Produção Científica		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
UFAL	R\$ 169.575.565,94	R\$ 176.913.060,44	R\$ 159.768.277,04	1866	1844	1967	24	39	26	684	881	850
UFBA	R\$ 444.281.266,25	R\$ 455.039.153,82	R\$ 442.755.073,03	5509	5900	6032	28	45	35	2301	2201	2375
UFRB	R\$ 46.077.095,87	R\$ 43.023.404,46	R\$ 39.747.064,21	451	440	438	2	2	2	244	246	305
UFC	R\$ 469.066.580,59	R\$ 522.679.370,92	R\$ 492.204.035,65	5074	5179	5280	21	53	69	2139	2298	2537
UnB	R\$ 692.707.359,04	R\$ 743.010.942,56	R\$ 671.285.572,78	6670	6928	7051	31	31	26	3533	3414	3669
UFES	R\$ 289.646.966,32	R\$ 323.779.084,47	R\$ 300.640.562,58	2711	2878	2957	7	12	20	1669	1704	1913
UFG	R\$ 341.628.738,95	R\$ 368.773.856,14	R\$ 374.576.379,32	3938	4124	4356	20	28	25	2166	2300	2617
UFMA	R\$ 106.915.178,79	R\$ 129.892.922,46	R\$ 138.504.610,53	1160	1298	1373	18	15	22	616	690	781
UFMT	R\$ 169.187.148,49	R\$ 189.524.805,64	R\$ 196.528.347,28	1793	1870	2114	10	9	6	1313	1202	1343
UFGD	R\$ 68.285.796,33	R\$ 76.093.574,58	R\$ 75.449.394,32	887	915	930	4	4	7	509	600	609
UFMS	R\$ 138.027.907,72	R\$ 180.549.552,74	R\$ 180.760.340,56	1754	1778	1922	11	6	22	864	985	1277
UNIFAL-MG	R\$ 58.173.185,38	R\$ 71.720.046,56	R\$ 76.540.662,16	471	504	534	4	3	6	387	411	435
UNIFEI	R\$ 57.877.896,51	R\$ 64.389.897,40	R\$ 65.145.470,36	754	770	808	6	17	8	220	243	279
UFJF	R\$ 228.017.332,95	R\$ 262.269.508,75	R\$ 290.923.533,65	1946	2046	2225	12	12	15	1155	1195	1337
UFLA	R\$ 208.686.319,88	R\$ 241.415.583,59	R\$ 251.779.100,39	2004	1980	2095	10	8	17	1140	1132	1267
UFOP	R\$ 117.432.193,34	R\$ 117.259.625,42	R\$ 110.785.025,51	1092	1145	1175	6	7	23	578	618	707
UFSJ	R\$ 96.245.155,51	R\$ 101.717.851,76	R\$ 105.056.092,38	653	718	810	4	13	34	443	505	644
UFU	R\$ 281.024.808,09	R\$ 308.250.730,20	R\$ 315.345.564,12	2632	2808	2926	20	25	26	1495	1417	1564
UFV	R\$ 320.152.607,06	R\$ 336.793.149,75	R\$ 329.909.451,09	3111	3113	3196	8	25	27	1775	1714	1746
UFTM	R\$ 60.855.937,75	R\$ 74.968.159,04	R\$ 63.759.502,55	458	503	529	0	2	4	284	307	414
UFVJM	R\$ 56.952.032,83	R\$ 62.233.415,03	R\$ 69.140.954,88	516	501	643	4	6	3	429	364	485
UFOPA	R\$ 31.793.506,92	R\$ 47.293.281,99	R\$ 40.404.594,23	281	357	394	0	2	3	212	215	203
UFPA	R\$ 322.867.025,25	R\$ 384.309.163,55	R\$ 418.928.143,29	4235	4666	4982	20	20	28	1971	2085	2248
UFRA	R\$ 29.954.907,17	R\$ 27.031.859,04	R\$ 27.487.575,68	335	382	382	0	0	1	272	312	276

Universidade	Entradas						Saídas					
	Recursos Financeiros			Recursos Humanos			Produção Técnica			Produção Científica		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
UFPB	R\$ 329.243.602,37	R\$ 363.289.158,37	R\$ 343.690.584,50	4280	4416	4534	21	34	76	1865	1807	2171
UFCG	R\$ 124.200.636,47	R\$ 123.458.597,00	R\$ 128.927.697,78	1822	1760	1934	8	20	58	866	731	917
UTFPR	R\$ 157.063.826,17	R\$ 159.759.509,02	R\$ 171.239.406,66	1446	1611	1768	20	27	21	1041	1045	1318
UFPR	R\$ 499.681.202,62	R\$ 549.149.789,23	R\$ 550.053.896,17	5504	5573	5794	49	58	30	3423	3264	3576
UFPE	R\$ 406.522.043,10	R\$ 432.422.843,94	R\$ 420.589.619,80	6588	6785	6881	49	55	53	2573	2573	2913
UFRPE	R\$ 134.467.084,12	R\$ 165.329.446,67	R\$ 196.828.232,23	1856	1930	1943	19	22	39	1116	998	1173
UNIRIO	R\$ 123.042.683,06	R\$ 134.493.500,98	R\$ 141.605.743,06	1086	1161	1217	2	0	0	620	582	663
UFRJ	R\$ 1.247.306.243,04	R\$ 1.381.909.802,28	R\$ 1.342.666.599,95	11074	11358	11437	35	32	47	5691	5392	6145
UFF	R\$ 442.302.093,90	R\$ 508.160.776,18	R\$ 496.576.543,16	5086	5313	5544	5	12	8	2860	2720	2902
UFRRJ	R\$ 203.773.276,87	R\$ 233.784.805,22	R\$ 236.530.224,08	1510	1564	1663	3	3	5	893	920	981
UFCSPA	R\$ 53.499.157,12	R\$ 71.960.612,11	R\$ 77.600.809,66	381	415	478	4	1	0	369	375	427
UFPEl	R\$ 187.638.324,58	R\$ 195.213.527,16	R\$ 203.477.530,31	2354	2425	2507	23	42	23	1778	1757	1987
UFSM	R\$ 299.078.834,81	R\$ 329.884.535,44	R\$ 332.403.184,89	3617	3680	3698	25	11	24	2620	2613	2603
UNIPAMPA	R\$ 38.907.728,87	R\$ 45.046.368,14	R\$ 56.858.102,90	312	316	379	4	0	1	282	319	371
FURG	R\$ 155.869.891,79	R\$ 163.081.136,08	R\$ 160.204.758,57	1454	1486	1454	5	9	8	858	789	928
UFRGS	R\$ 795.762.771,23	R\$ 834.964.448,99	R\$ 813.911.534,46	9499	9476	9705	50	31	29	5078	4925	5357
UNIR	R\$ 48.620.020,41	R\$ 56.211.712,79	R\$ 50.513.962,39	487	522	559	2	0	1	262	236	390
UFSC	R\$ 586.876.953,80	R\$ 666.248.596,86	R\$ 653.973.165,56	6917	7073	7173	27	25	16	3494	3413	3846
UFSCar	R\$ 365.486.693,00	R\$ 375.681.648,40	R\$ 371.928.498,60	3688	3772	3861	24	25	11	2140	2306	2480
UNIFESP	R\$ 601.937.497,01	R\$ 654.382.194,03	R\$ 589.020.723,61	4169	4122	4271	11	10	15	2744	2605	2680
UFABC	R\$ 190.852.968,18	R\$ 201.479.850,48	R\$ 192.175.714,26	1078	1164	1273	11	13	7	811	734	933

Fonte: Elaborado pelo Autor

6.1.4 Definição do Modelo DEA

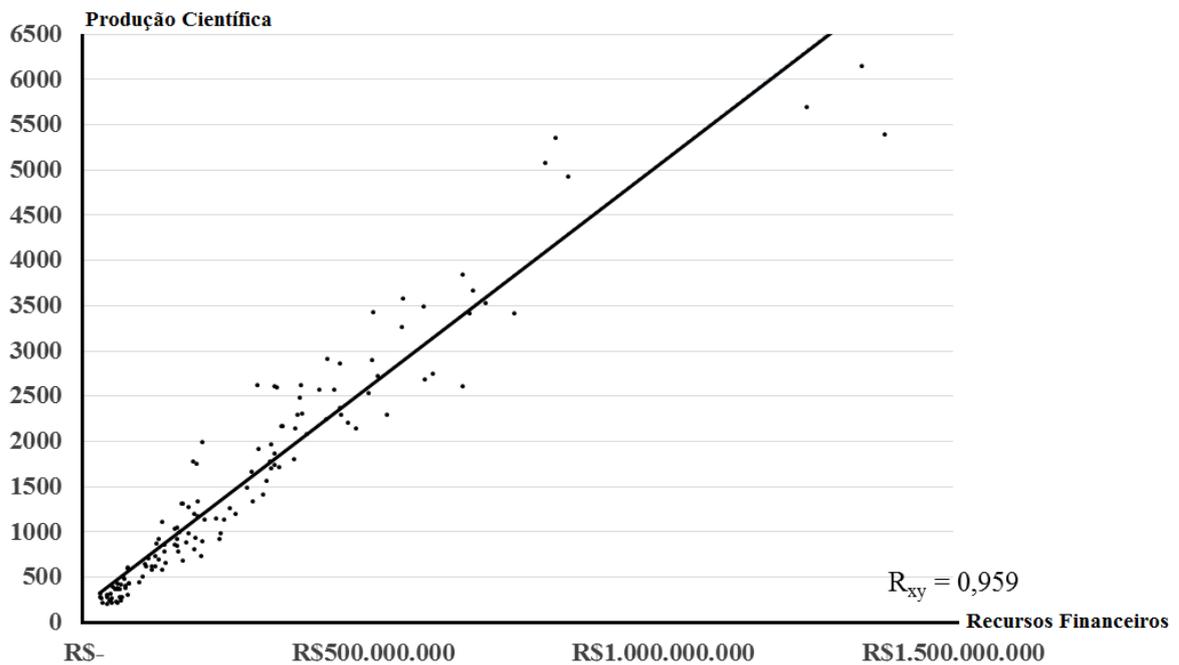
Como fora apresentado, existem inúmeros modelos DEA em diferentes formas e orientações a depender do problema de pesquisa sob estudo. Embora seja possível implementar diversos modelos diferentes, podendo-se inclusive comparar os resultados, optou-se por implementar apenas um modelo que melhor se adequasse às características desta pesquisa.

No que diz respeito à decisão entre o tipo de modelo (rendimentos constantes ou rendimentos variáveis de escala), foi apresentado que é improvável que o modelo DEA-CCR (rendimentos constantes) se mantenha para todas as unidades avaliadas em muitos casos realistas, não devendo ser aplicado em uma ampla variedade de situações. Dessa forma, a escolha natural seria pelo modelo DEA-BCC (rendimentos variáveis), sendo essa inclusive a abordagem adotada por Alves (2014) em sua pesquisa sobre a eficiência em CT&I nas instituições de ensino e pesquisa do estado do Rio de Janeiro.

Entretanto, como algumas das pesquisas citadas utilizaram o modelo DEA-CCR no estudo da eficiência das universidades federais existentes no país, optou-se por seguir alguma metodologia para confirmar a decisão de utilização do modelo DEA-BCC. Para tanto, foi utilizado o método descrito em Planells (2018), que avaliou a correlação entre algumas variáveis de entrada e de saída a serem utilizadas no modelo, conseguindo optar pela utilização do modelo com retornos variáveis de escala a partir da constatação de que a relação entre os *inputs e outputs* não é constante para todas as situações traçadas.

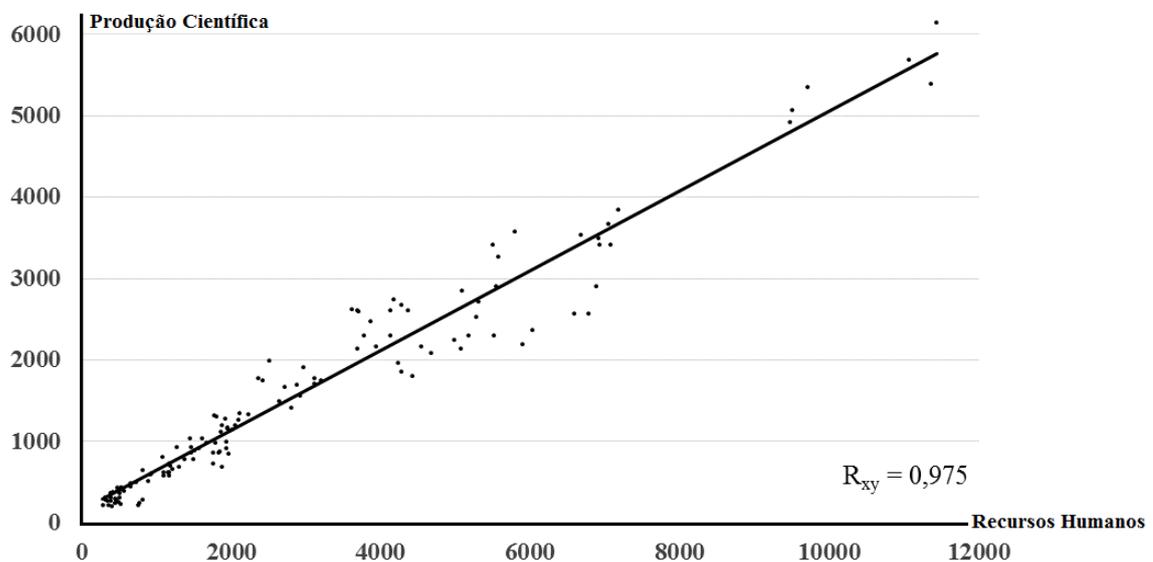
Primeiramente foi traçado tanto o diagrama de dispersão e a reta de regressão linear entre a variável de entrada recursos financeiros e a variável de saída produção científica, quanto entre a variável de entrada recursos humanos e a variável de saída produção científica. Adicionalmente foi calculado o coeficiente de correlação linear de Pearson (R_{xy}) em ambos os casos. Os gráficos 2 e 3 apresentam os resultados de ambas as situações.

Gráfico 2: Diagrama de dispersão entre os recursos financeiros e a produção científica



Fonte: Elaborado pelo Autor

Gráfico 3: Diagrama de dispersão entre os recursos humanos e a produção científica

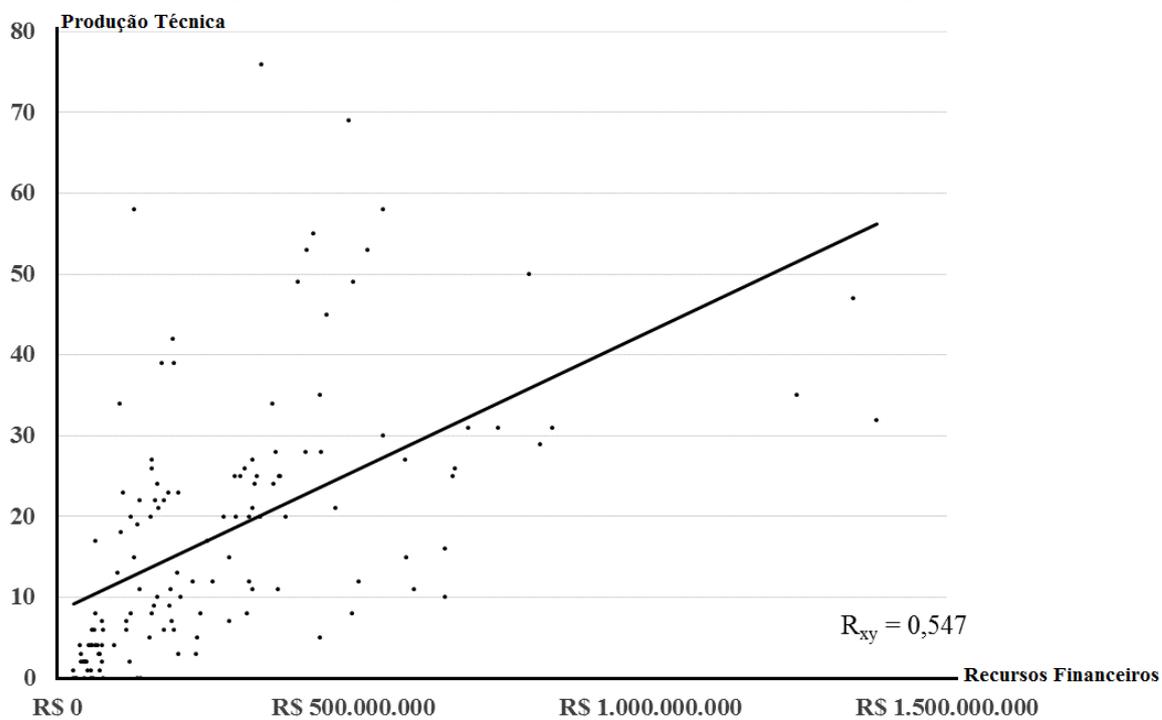


Fonte: Elaborado pelo Autor

A partir da análise de ambas as situações, percebe-se que a correlação em ambas as situações é forte positiva (DANCEY; REIDY, 2006), sendo que a correlação entre os recursos humanos e a produção científica (0,975) é um pouco maior que a entre os recursos financeiros e a produção científica (0,959). Posteriormente foram traçados os mesmos cenários alterando

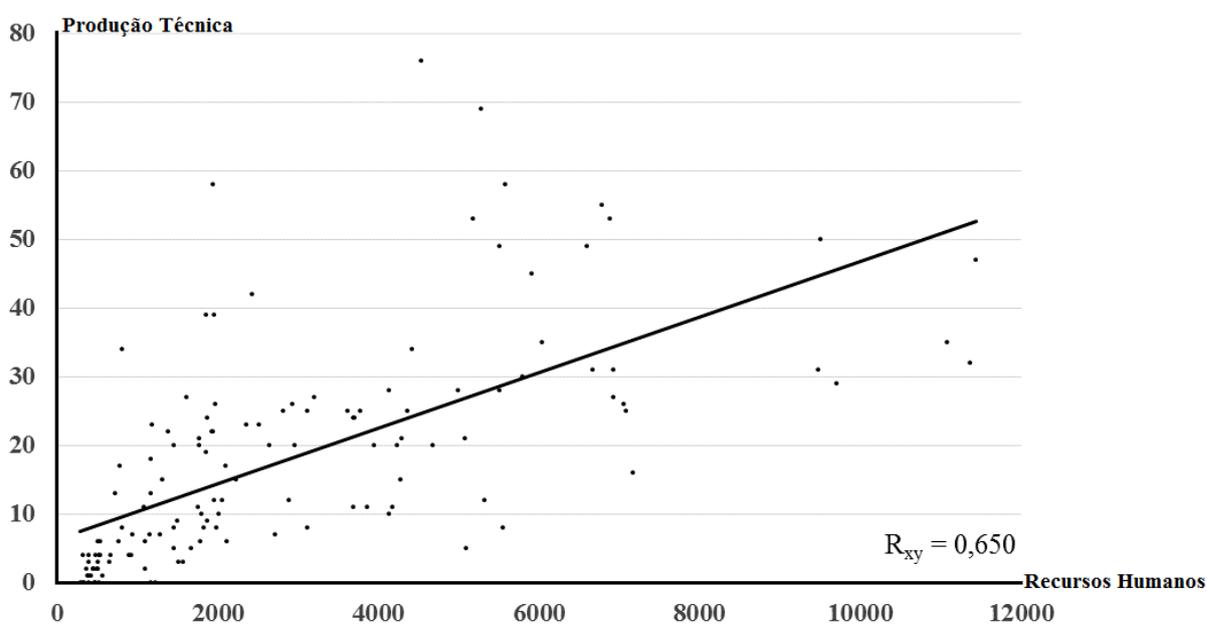
a variável de saída produção científica pela produção técnica. Os resultados são apresentados nos gráficos 4 e 5.

Gráfico 4: Diagrama de dispersão entre os recursos financeiros e a produção técnica



Fonte: Elaborado pelo Autor

Gráfico 5: Diagrama de dispersão entre os recursos humanos e a produção técnica



Fonte: Elaborado pelo Autor

Da análise das relações entre as variáveis de entrada e a variável de saída produção técnica conclui-se que nestes casos a correlação é diferente, ou seja, moderada positiva, constatando graficamente a existência de muita dispersão entre os pontos em relação à reta de regressão linear. A correlação entre as variáveis recursos financeiros e produção técnica (0,547) é menor do que a entre as variáveis recursos humanos e produção técnica (0,650).

Dessa forma, é possível constatar que a partir da análise da correlação entre as variáveis que a relação não é constante em todas as situações apresentadas, confirmando-se dessa forma a opção pela utilização do modelo com retornos variáveis de escala, ou seja, o DEA-BCC. Adicionalmente foi decidido sobre o tipo de orientação (*input* ou *output*), optando-se pelo modelo orientado ao *output*, uma vez que as universidades federais possuem um maior controle sobre as variáveis de saída do que sobre as variáveis de entrada.

6.1.5 Implementações Adicionais

Para que se pudesse atingir aos objetivos específicos da pesquisa, implementações adicionais ao modelo DEA escolhido tiveram que ser definidas para se conseguir realizar adequadamente a comparação da evolução da eficiência nas universidades dentro do período analisado, bem como para poder comparar as eficiências das instituições na totalidade do período e classificar as universidades em caso de obtenção de múltiplas unidades na fronteira de eficiência.

Para auxiliar na compreensão da evolução da eficiência ao longo do período da pesquisa, optou-se por implementar inicialmente um modelo com dados de todo o período, ou seja, contabilizando os dados de cada universidade em cada ano como se fossem unidades autônomas e, dessa forma, construindo apenas uma fronteira de eficiência. De acordo com Ferreira e Gomes (2020), essa implementação pode ser realizada em situações nas quais é possível pressupor que não há mudanças na tecnologia no período analisado. Assim, tendo em vista o intervalo de tempo de estudo de apenas três anos, essa pesquisa considerou como hipótese a não existência de mudança de tecnologia na implementação das políticas públicas de CT&I por parte das universidades para realizar a análise da evolução da eficiência a partir deste método.

Para realizar a comparação das eficiências das instituições em todo intervalo de tempo foi construída uma análise consolidada, ou seja, considerando todo o período. Nesta pesquisa

foi adotado para a construção deste modelo o somatório dos valores de cada variável em todos os anos, estabelecendo dessa forma como unidades avaliadas as universidades com os dados agregados de todo o período.

Por fim, para a realização da classificação de todas as unidades em caso de empates foi obtido o índice agregado a partir da implementação adicional do modelo DEA com a fronteira invertida, conforme apresentado no referencial teórico desta pesquisa.

7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir do procedimento metodológico definido, os dados foram tabulados e os modelos programados no software Microsoft Excel. Para a realização da programação linear necessária pela DEA foi utilizada a ferramenta de otimização Solver contida no próprio Excel. Todos os resultados obtidos estão detalhados e analisados nos próximos subitens.

7.1 EFICIÊNCIA DAS UNIVERSIDADES EM CT&I A PARTIR DA ANÁLISE TEMPORAL

O primeiro modelo implementado foi o contendo a análise temporal, considerando todas as universidades em todos os anos. A tabela 2 contém as eficiências técnicas obtidas para cada unidade. O código de cada unidade avaliada contém a sigla da universidade e o ano correspondente. Valores de eficiências iguais a “1” significam que as unidades atingiram a fronteira da eficiência. Valores entre “0” e “1” significam que as unidades não são eficientes, sendo que quanto mais perto de “1”, mais próximas da fronteira se localizam as unidades.

Tabela 2: Eficiência técnica das universidades através da análise temporal

Universidade	Eficiência Técnica	Universidade	Eficiência Técnica	Universidade	Eficiência Técnica
UFCG_2017	1,0000	UFG_2017	0,8877	UFU_2015	0,7395
UFCSPA_2015	1,0000	UNB_2015	0,8852	UFU_2017	0,7391
UFOPA_2015	1,0000	UNIFAL_2016	0,8846	UFBA_2016	0,7335
UFPB_2017	1,0000	UFRJ_2016	0,8826	UFJF_2016	0,7300
UFPEL_2016	1,0000	UNIFEI_2016	0,8821	UFRRJ_2017	0,7288
UFPEL_2017	1,0000	UNB_2017	0,8807	UFRRJ_2015	0,7261
UFPR_2015	1,0000	UFRPE_2015	0,8761	UFPA_2015	0,7250
UFPR_2016	1,0000	UFF_2015	0,8717	UFGD_2015	0,7245
UFRA_2015	1,0000	UFSCAR_2016	0,8654	UFRRJ_2016	0,7239
UFRA_2016	1,0000	UFTM_2017	0,8592	UFPA_2017	0,7232
UFRA_2017	1,0000	UFVJM_2017	0,8536	FURG_2015	0,7226
UFRGS_2015	1,0000	UFSC_2015	0,8533	UFMA_2017	0,7184
UFRGS_2017	1,0000	UFES_2017	0,8526	UFLA_2016	0,7134
UFRJ_2017	1,0000	UTFPR_2016	0,8378	UFLA_2015	0,7103
UFSJ_2017	1,0000	UFMS_2017	0,8373	UFBA_2015	0,7099
UFSM_2015	1,0000	UFF_2017	0,8322	UFMA_2015	0,7069
UNIPAMPA_2015	1,0000	UNB_2016	0,8317	UFCG_2015	0,7015
UNIPAMPA_2016	1,0000	UFSJ_2016	0,8300	UFU_2016	0,6947
UNIPAMPA_2017	1,0000	UFGD_2017	0,8238	UFPB_2015	0,6872

Universidade	Eficiência Técnica	Universidade	Eficiência Técnica	Universidade	Eficiência Técnica
UFPE_2017	0,9977	UNIR_2017	0,8235	UFMS_2016	0,6872
UFPR_2017	0,9937	UFRB_2017	0,8219	UFPA_2016	0,6853
UFSM_2016	0,9866	UFG_2016	0,8197	UFPB_2016	0,6837
UFSM_2017	0,9799	UFSCAR_2015	0,8191	UNIRIO_2015	0,6829
UFPEL_2015	0,9784	UFSC_2016	0,8174	UFRPE_2016	0,6827
UFC_2017	0,9611	UFC_2016	0,8115	UFCG_2016	0,6692
UFCSPA_2017	0,9570	UFOP_2017	0,8109	UFTM_2016	0,6612
UNIFESP_2015	0,9565	UFVJM_2016	0,8071	UFTM_2015	0,6602
UFRJ_2015	0,9516	UFGD_2016	0,8062	UFMA_2016	0,6596
UFCSPA_2016	0,9414	UFF_2016	0,8038	UNIRIO_2017	0,6581
UFRGS_2016	0,9387	UFAL_2016	0,8022	UFC_2015	0,6547
UFVJM_2015	0,9355	UFMT_2016	0,7996	FURG_2016	0,6520
UTFPR_2017	0,9331	UFMT_2017	0,7954	UFOP_2016	0,6502
UNIFESP_2017	0,9194	UFES_2015	0,7935	UFRB_2016	0,6494
UNIFESP_2016	0,9148	UFG_2015	0,7835	UFMS_2015	0,6421
UFSC_2017	0,9114	FURG_2017	0,7816	UFOP_2015	0,6344
UFPE_2015	0,9093	UFES_2016	0,7750	UFOPA_2016	0,6339
UFMT_2015	0,9088	UFABC_2016	0,7699	UFAL_2017	0,6297
UFSCAR_2017	0,9084	UFV_2017	0,7692	UNIR_2015	0,6206
UFABC_2015	0,9055	UFSJ_2015	0,7672	UFRB_2015	0,6203
UNIFAL_2017	0,9008	UFV_2016	0,7623	UFOPA_2017	0,6075
UTFPR_2015	0,8957	UFV_2015	0,7613	UNIRIO_2016	0,6032
UFPE_2016	0,8957	UFLA_2017	0,7599	UFAL_2015	0,5481
UFRPE_2017	0,8927	UFBA_2017	0,7566	UNIR_2016	0,5059
UNIFAL_2015	0,8916	UFJF_2017	0,7542	UNIFEI_2017	0,5036
UFABC_2017	0,8887	UFJF_2015	0,7399	UNIFEI_2015	0,4347

Fonte: Elaborado pelo Autor

Constata-se pelos resultados que 19 das 135 (14,07 %) unidades analisadas apresentaram eficiência técnica igual a 1, estando dessa forma sobre a fronteira de eficiência. Ao se analisar o restante dos resultados, verifica-se que 75 das 135 unidades apresentaram eficiência técnica superior ao patamar definido de 0,80 e 60 foram inferiores, representando respectivamente 55,56 % e 44,44 % do total de unidades.

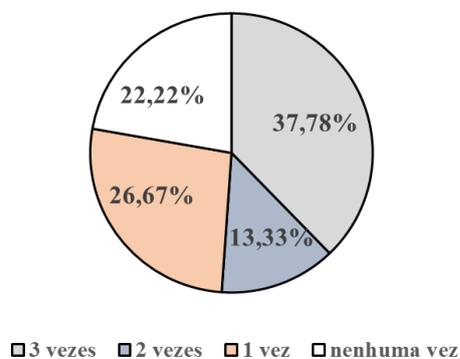
O resultado da programação linear resultou que ao todo 12 das 45 universidades localizaram-se sobre a fronteira de eficiência, ou seja, 26,67%. Dentre essas, apenas a UFRA e a UNIPAMPA foram tecnicamente eficientes em todos os anos analisados. Em seguida com eficiência técnica obtida em dois anos distintos tem-se a UFPel, UFPR e UFRGS. Por fim,

com resultado em apenas um ano o modelo apresentou como resultado a UFCG, UFCSPA, UFOPA, UFPB, UFRJ, UFSJ e UFSM.

No outro extremo é possível constatar que 28 das 135 unidades avaliadas apresentaram eficiência técnica inferior a 0,70 (20,74%), sendo que apenas uma apresentou o valor abaixo de 0,50 (UNIFEI_2015). Dessas, apenas a Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro esteve presente em todos os anos avaliados. A universidade que apresentou as duas piores eficiências foi a Universidade Federal de Itajubá, resultando 0,5036 e 0,4347 para os anos de 2015 e 2017, respectivamente.

Uma outra abordagem interessante a ser realizada é visualizar quantas universidades conseguiram superar determinado nível de eficiência técnica em pelo menos um dos anos analisados. Utilizando o valor de 0,80 como métrica, observa-se que 35 universidades (77,78%) atingiram esse valor ao menos uma vez, enquanto 10 (22,22%) nenhuma. Das que atingiram, 17 universidades atingiram 3 vezes (37,78%), 6 alcançaram duas vezes (13,33%) e 12 apenas uma vez (26,67%). O gráfico 6 ilustra esses resultados.

Gráfico 6: Percentual de vezes que cada universidade atingiu a eficiência superior a 0,80



Fonte: Elaborado pelo Autor

7.2 EVOLUÇÃO DA EFICIÊNCIA ENTRE OS ANOS DA PESQUISA

Para auxiliar o entendimento da evolução da eficiência ao longo dos anos avaliados para as universidades, a tabela 3 contém os respectivos valores em cada ano para cada universidade, além da indicação da existência ou não de tendência nos resultados e qual o melhor ano (ou melhores anos) em que cada universidade apresentou o maior nível de eficiência. Nota-se que pouco mais da metade das universidades (57,77%) apresentou alternância na melhora ou piora da eficiência técnica entre os anos. Dentre as universidades

que apresentaram tendência nos resultados, tem-se a UFBA, UFRB, UFC, UFG, UFGD, UFMS, UFLA, UFOP, UFSJ, UFV, UFTM, UFPel e UFSCar que tiveram crescimento na eficiência entre 2015 e 2016 e entre 2016 e 2017, enquanto a UFMT, UFOPA, UFPR e UFSM apresentaram redução entre cada um dos períodos. Por fim, as universidades UFRA e UNIPAMPA, tecnicamente eficientes em todos os anos, apresentaram tendência constante.

Tabela 3: Eficiências técnicas por ano, tendência e ano com melhor resultado

Universidade	Eficiência 2015	Eficiência 2016	Eficiência 2017	Tendência	Melhor Ano
UFAL	0,5481	0,8022	0,6297	Alternado	2016
UFBA	0,7099	0,7335	0,7566	Crescente	2017
UFRB	0,6203	0,6494	0,8219	Crescente	2017
UFC	0,6547	0,8115	0,9611	Crescente	2017
UnB	0,8852	0,8317	0,8807	Alternado	2015
UFES	0,7935	0,7750	0,8526	Alternado	2017
UFG	0,7835	0,8197	0,8877	Crescente	2017
UFMA	0,7069	0,6596	0,7184	Alternado	2017
UFMT	0,9088	0,7996	0,7954	Decrescente	2015
UFGD	0,7245	0,8062	0,8238	Crescente	2017
UFMS	0,6421	0,6872	0,8373	Crescente	2017
UNIFAL-MG	0,8916	0,8846	0,9008	Alternado	2017
UNIFEI	0,4347	0,8821	0,5036	Alternado	2016
UFJF	0,7399	0,7300	0,7542	Alternado	2017
UFLA	0,7103	0,7134	0,7599	Crescente	2017
UFOP	0,6344	0,6502	0,8109	Crescente	2017
UFSJ	0,7672	0,8300	1	Crescente	2017
UFU	0,7395	0,6947	0,7391	Alternado	2015
UFV	0,7613	0,7623	0,7692	Crescente	2017
UFTM	0,6602	0,6612	0,8592	Crescente	2017
UFVJM	0,9355	0,8071	0,8536	Alternado	2015
UFOPA	1	0,6339	0,6075	Decrescente	2015
UFPA	0,7250	0,6853	0,7232	Alternado	2015
UFRA	1	1	1	Constante	Todos
UFPB	0,6872	0,6837	1	Alternado	2017
UFCG	0,7015	0,6692	1	Alternado	2017
UTFPR	0,8957	0,8378	0,9331	Alternado	2017
UFPR	1	1	0,9937	Decrescente	2015 e 2016
UFPE	0,9093	0,8957	0,9977	Alternado	2017
UFRPE	0,8761	0,6827	0,8927	Alternado	2017
UNIRIO	0,6829	0,6032	0,6581	Alternado	2015
UFRJ	0,9516	0,8826	1	Alternado	2017
UFF	0,8717	0,8038	0,8322	Alternado	2015

Universidade	Eficiência 2015	Eficiência 2016	Eficiência 2017	Tendência	Melhor Ano
UFRRJ	0,7261	0,7239	0,7288	Alternado	2017
UFCSPA	1	0,9414	0,9570	Alternado	2015
UFPeI	0,9784	1	1	Crescente	2017
UFSM	1	0,9866	0,9799	Decrescente	2015
UNIPAMPA	1	1	1	Constante	Todos
FURG	0,7226	0,6520	0,7816	Alternado	2017
UFRGS	1	0,9387	1	Alternado	2015 e 2017
UNIR	0,6206	0,5059	0,8235	Alternado	2017
UFSC	0,8533	0,8174	0,9114	Alternado	2017
UFSCar	0,8191	0,8654	0,9084	Crescente	2017
UNIFESP	0,9565	0,9148	0,9194	Alternado	2015
UFABC	0,9055	0,7699	0,8887	Alternado	2015

Fonte: Elaborado pelo Autor

Ao analisar os resultados, é possível constatar que 30 das 45 universidades avaliadas (66,67%) apresentaram a melhor (ou uma entre as melhores) eficiência técnica no ano de 2017. Para que se possa obter um melhor entendimento sobre as possíveis causas que possam explicar a ocorrência deste fenômeno, foi calculado o quantitativo total referente a cada variável para todas as universidades em cada ano, obtendo-se posteriormente a média para todos os anos. Com isso, foi possível determinar com qual magnitude percentual os resultados obtidos em 2017 foram superiores em relação à média de todos os anos. Os resultados são apresentados na tabela 4.

Tabela 4: Percentual superior dos resultados de 2017 em comparação com a média

Ano	Recursos Financeiros	Recursos Humanos	Produção Técnica	Produção Científica
2015	R\$ 11.797.566.045,45	124509	667	67783
2016	R\$ 12.954.844.859,68	128569	814	67143
2017	R\$ 12.768.201.860,19	133192	927	74642
Média	R\$ 12.506.870.921,77	128756,67	802,67	69856
% 2017*	2,09%	3,33%	15,49%	6,85%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Como a tabela ilustra, a produção científica e a produção técnica no ano de 2017 é 15,49% e 6,85% superior aos valores médios ocorridos para o conjunto de anos analisados. Enquanto isso, os recursos financeiros e recursos humanos empregados por todas as universidades foi superior em apenas 2,09% e 3,44% do que os valores médios. Este resultado é condizente com os valores das eficiências técnicas obtidas, mostrando que em média as

universidades pesquisadas conseguiram produzir mais resultados utilizando recursos com um incremento em menor proporção.

7.3 EFICIÊNCIA DAS UNIVERSIDADES EM CT&I A PARTIR DA ANÁLISE CONSOLIDADA

Após os resultados anuais foi realizada a análise consolidada, ou seja, considerando todo o período. Essa análise é importante para a construção de uma classificação das eficiências das universidades, tendo em vista que corrige eventuais discrepâncias ocasionadas, por exemplo, por algum investimento elevado em determinado ano ou a publicação em determinado ano de um conjunto de patentes ou artigos científicos resultantes de pesquisas que se referem a todo o período. Nesta pesquisa foi adotado para a construção deste modelo o somatório dos valores de cada variável em todos os anos. A tabela 5 apresenta os dados consolidados para todas as universidades.

Tabela 5: Somatório dos valores das universidades para o período

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

Universidade	Recursos Financeiros	Recursos Humanos	Produção Técnica	Produção Científica
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
UFPEl	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
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 pelo Autor

A Tabela 6 contém as eficiências técnicas encontradas para cada universidade considerando todo o período em análise. Adicionalmente são apresentados os *benchmarks* (ou pares) com a respectiva contribuição (λ_k) de cada unidade eficiente em relação às unidades ineficientes. Cada unidade ineficiente possui pelo menos uma unidade como referência, enquanto as unidades eficientes possuem como *benchmark* elas próprias (λ igual a 1). Os valores de λ_k iguais a zero não são apresentados⁴.

⁴ Um *benchmark* é uma DMU_k que pode ser adotada como padrão para outra DMU se tornar eficiente. Um *benchmark* é identificado quando o valor de λ_k é diferente de zero, sendo que a DEA apresenta como resultado uma matriz de λ_k , onde para cada DMU analisada há um valor de λ_k para cada DMU_k contida na análise (inclusive ela mesma). A soma de todos os λ_k de uma determinada DMU é igual a 1 (restrição do modelo BCC). A meta de uma DMU é a combinação linear dos *inputs* e *outputs* de seus *benchmarks*. Assim, quanto maior o valor de λ_k , maior a contribuição da DMU_k resultante como *benchmark* para a DMU analisada. Quando uma DMU_k apresenta λ_k nulo para a DMU em análise, significa que ela não exerce influência para a sua meta (MARIANO; ALMEIDA; REBELATTO, 2006).

Tabela 6: Eficiências técnicas e *benchmarks* com a respectiva contribuição (λ_k) para as universidades

Universidade	Eficiência	<i>Benchmark</i>₁ (λ_1)*	<i>Benchmark</i>₂ (λ_2)*	<i>Benchmark</i>₃ (λ_3)*	<i>Benchmark</i>₄ (λ_4)*
UFAL	1,000	UFAL (1,000)	-	-	-
UFC	1,000	UFC (1,000)	-	-	-
UNIFEI	1,000	UNIFEI (1,000)	-	-	-
UFSJ	1,000	UFSJ (1,000)	-	-	-
UFOPA	1,000	UFOPA (1,000)	-	-	-
UFRA	1,000	UFRA (1,000)	-	-	-
UFPB	1,000	UFPB (1,000)	-	-	-
UFCG	1,000	UFCG (1,000)	-	-	-
UFPR	1,000	UFPR (1,000)	-	-	-
UFPE	1,000	UFPE (1,000)	-	-	-
UFRJ	1,000	UFRJ (1,000)	-	-	-
UFCSPA	1,000	UFCSPA (1,000)	-	-	-
UFPeI	1,000	UFPeI (1,000)	-	-	-
UFSM	1,000	UFSM (1,000)	-	-	-
UNIPAMPA	1,000	UNIPAMPA (1,000)	-	-	-
UFRGS	1,000	UFRGS (1,000)	-	-	-
UFRPE	0,965	UFAL (0,433)	UFPeI (0,356)	UFSJ (0,146)	UFCG (0,065)
UTFPR	0,961	UFPeI (0,486)	UFSJ (0,468)	UFAL (0,046)	-
UNIFESP	0,944	UFSM (0,911)	UFRGS (0,089)	-	-
UNIFAL-MG	0,935	UNIPAMPA (0,860)	UFSJ (0,074)	UFPeI (0,066)	-
UFVJM	0,892	UNIPAMPA (0,842)	UFPeI (0,097)	UFSJ (0,035)	UFRA (0,026)
UnB	0,890	UFRGS (0,482)	UFSM (0,326)	UFPR (0,192)	-
UFABC	0,887	UFCSPA (0,627)	UFPeI (0,373)	-	-
UFSC	0,884	UFRGS (0,575)	UFSM (0,425)	-	-
UFSCar	0,874	UFSM (0,851)	UFPR (0,092)	UFPeI (0,057)	-
UFMT	0,871	UFPeI (0,749)	UFCSPA (0,251)	-	-
UFG	0,862	UFSM (0,464)	UFPeI (0,290)	UFPR (0,157)	UFRGS (0,089)

Universidade	Eficiência	Benchmark₁ (λ_1)*	Benchmark₂ (λ_2)*	Benchmark₃ (λ_3)*	Benchmark₄ (λ_4)*
UFF	0,853	UFSM (0,720)	UFRGS (0,280)	-	-
UFMA	0,840	UFSJ (0,601)	UFCG (0,177)	UFPeI (0,176)	UFAL (0,046)
UFES	0,838	UFPeI (0,660)	UFSM (0,340)	-	-
UFGD	0,819	UFRA (0,690)	UFPeI (0,265)	UNIPAMPA (0,045)	-
UFBA	0,779	UFPR (0,491)	UFPE (0,384)	UFPeI (0,125)	-
UFJF	0,776	UFPeI (0,822)	UFCSPA (0,178)	-	-
UFV	0,771	UFPeI (0,503)	UFSM (0,448)	UFPR (0,049)	-
UFLA	0,761	UFPeI (0,799)	UFCSPA (0,201)	-	-
UFRRJ	0,760	UFPeI (0,576)	UFCSPA (0,424)	-	-
UFTM	0,758	UFCSPA (0,566)	UNIPAMPA (0,381)	UFPeI (0,053)	-
UFU	0,754	UFPeI (0,881)	UFPR (0,072)	UFC (0,047)	-
FURG	0,751	UFPeI (0,519)	UFCSPA (0,481)	-	-
UFPA	0,749	UFPeI (0,621)	UFRGS (0,268)	UFSM (0,111)	-
UFMS	0,745	UFPeI (0,695)	UFCSPA (0,305)	-	-
UFRB	0,741	UFRA (0,645)	UNIPAMPA (0,255)	UFSJ (0,072)	UFPeI (0,028)
UFOP	0,727	UFSJ (0,418)	UFPeI (0,305)	UNIPAMPA (0,277)	-
UNIR	0,680	UNIPAMPA (0,515)	UFRA (0,402)	UFPeI (0,083)	-
UNIRIO	0,677	UFCSPA (0,636)	UFPeI (0,364)	-	-

*As universidades são os *benchmarks*. Os valores entre parênteses são os λ que indicam qual a contribuição dessa universidade (DMU_k) para a meta da DMU em análise (universidade da primeira coluna).

Fonte: Elaborado pelo Autor

A partir da análise do resultado das eficiências técnicas, constata-se que 16 das 45 universidades (35,56%) são tecnicamente eficientes, estando dessa forma sobre a fronteira de eficiência. Novamente, utilizando como parâmetro o valor de 0,80, pode-se verificar que ao todo 31 universidades (68,89%) apresentaram eficiência superior a este valor, demonstrando um grande conjunto de unidades com eficiências próximas aos valores superiores. No outro extremo, apenas 2 universidades apresentaram eficiência inferior do que 0,7, ou seja, 4,44%.

Da análise dos *benchmarks* é possível visualizar que das 16 universidades que atingiram a fronteira da eficiência, 12 resultam como referências para as demais unidades. A UFPel foi a que apresentou maior resultado, sendo referência para ao todo 25 universidades, sendo que para 11 ela é a unidade com maior valor de λ , exercendo assim uma maior influência em comparação às demais unidades de referência. Em seguida tem-se a UFSM e a UFCSPA que exercem contribuição para 9 das demais unidades. Novamente empatadas tem-se a UNIPAMPA e a UFSJ com 7 e a UFRGS e a UFPR com 6. Por fim, com menos aparições, estão a UFRA (4), UFAL (3), UFCG (2), UFC (1) e UFPE (1).

Por fim, é pertinente traçar para cada uma das universidades ineficientes quais são as suas metas, ou seja, quais são os seus valores projetados na fronteira de eficiência. Esse resultado é útil no sentido em que permite a compreensão do quanto que as universidades precisam aumentar os seus *outputs* de modo a se tornarem tão eficientes quanto as que atingiram a fronteira de eficiência. Nota-se que, como foi implementado um segundo estágio do modelo, foi possível a obtenção dos resultados das folgas. Com base na análise das folgas, é possível perceber que em alguns casos os valores projetados também indicaram, além do acréscimo dos *outputs*, a necessidade de redução dos *inputs*. O apêndice K contém os resultados completos para as variáveis de entrada e de saída, com as respectivas segmentações entre o quanto da meta ocorre em função do movimento radial e o quanto pela contribuição das folgas. A tabela 7 ilustra apenas os resultados das metas das variáveis de saída com os respectivos percentuais de aumento necessários. As universidades estão classificadas de acordo com a eficiência obtida e os valores estão arredondados para facilitar a leitura.

Tabela 7: Metas para as universidades com os aumentos percentuais necessários

Universidade	E.T	Valores Originais		Metas			
		Prod. Técnica	Prod. Científica	Prod. Técnica	%	Prod. Científica	%
UFAL	1,000	89	2415	89	0,00%	2415	0,00%
UFC	1,000	143	6974	143	0,00%	6974	0,00%
UNIFEI	1,000	31	742	31	0,00%	742	0,00%
UFSJ	1,000	51	1592	51	0,00%	1592	0,00%
UFOPA	1,000	5	630	5	0,00%	630	0,00%
UFRA	1,000	1	860	1	0,00%	860	0,00%
UFPB	1,000	131	5843	131	0,00%	5843	0,00%
UFCG	1,000	86	2514	86	0,00%	2514	0,00%
UFPR	1,000	137	10263	137	0,00%	10263	0,00%
UFPE	1,000	157	8059	157	0,00%	8059	0,00%
UFRJ	1,000	114	17228	114	0,00%	17228	0,00%
UFCSPA	1,000	5	1171	5	0,00%	1171	0,00%
UFPEl	1,000	88	5522	88	0,00%	5522	0,00%
UFSM	1,000	60	7836	60	0,00%	7836	0,00%
UNIPAMPA	1,000	5	972	5	0,00%	972	0,00%
UFRGS	1,000	110	15360	110	0,00%	15360	0,00%
UFRPE	0,965	80	3287	83	3,63%	3406	3,63%
UTFPR	0,961	68	3404	71	4,04%	3541	4,04%
UNIFESP	0,944	36	8029	64	78,97%	8503	5,90%
UNIFAL-MG	0,935	13	1233	14	6,94%	1319	6,94%
UFVJM	0,892	13	1278	15	12,09%	1433	12,09%
UNB	0,890	88	10616	99	12,37%	11929	12,37%
UFABC	0,887	31	2478	36	15,93%	2793	12,71%
UFSC	0,884	68	10753	89	30,51%	12162	13,10%
UFSCar	0,874	60	6926	69	14,44%	7926	14,44%
UFMT	0,871	25	3858	67	168,67%	4430	14,82%
UFG	0,862	73	7083	85	16,01%	8217	16,01%
UFF	0,853	25	8482	74	195,96%	9941	17,20%
UFMA	0,840	55	2087	65	19,03%	2484	19,03%
UFES	0,838	39	5286	78	101,25%	6308	19,34%
UFGD	0,819	15	1718	24	61,35%	2099	22,16%
UFBA	0,779	108	6877	139	28,31%	8824	28,31%
UFJF	0,776	39	3687	73	87,80%	4748	28,79%
UFV	0,771	60	5235	78	29,75%	6793	29,75%
UFLA	0,761	35	3539	71	103,82%	4648	31,35%
UFRRJ	0,760	11	2794	53	380,08%	3677	31,61%
UFTM	0,758	6	1005	9	56,46%	1325	31,85%
UFU	0,754	71	4476	94	32,56%	5934	32,56%

Universidade	E.T	Valores Originais		Metas			
		Prod. Técnica	Prod. Científica	Prod. Técnica	%	Prod. Científica	%
FURG	0,751	22	2575	48	118,52%	3429	33,17%
UFPA	0,749	68	6304	91	33,50%	8416	33,50%
UFMS	0,745	39	3126	63	60,79%	4196	34,23%
UFRB	0,741	6	795	8	35,02%	1073	35,02%
UFOP	0,727	36	1903	50	37,59%	2618	37,59%
UNIR	0,680	3	888	10	243,96%	1307	47,15%
UNIRIO	0,677	2	1865	35	1661,73%	2756	47,77%

E.T = Eficiência Técnica

Fonte: Elaborado pelo Autor

Analisando os resultados é possível constatar que nenhuma das unidades apresentou folga na variável produção científica, sendo os resultados a própria projeção radial, ou seja, o valor original multiplicado pelo inverso da eficiência (η). Dessa forma, a unidade que teve a pior eficiência (UNIRIO), por exemplo, precisa aumentar a quantidade de artigos publicados de 1865 para 2765 (aumento de 47,77%) de modo a atingir a se tornar tecnicamente eficiente. Por outro lado, com relação à produção técnica, 15 universidades apresentaram folga nos resultados, necessitando dessa forma de um incremento maior nos valores além do movimento radial. Novamente tendo a UNIRIO como exemplo, é possível notar que a folga resultou em 32 unidades, fazendo com que a quantidade de patentes precise ser de 35, sendo que seria necessária apenas uma a mais se fosse levar em consideração apenas o movimento radial.

7.4 DESEMPATE DAS EFICIÊNCIAS A PARTIR DA ANÁLISE CONSOLIDADA

Como abordado na análise anterior, 16 das 45 universidades (35,56%) se encontram na fronteira de eficiência, apresentando dessa forma o mesmo resultado. Como havia sido abordado no capítulo 5, essa situação é comum na DEA tendo em vista que o modelo de programação linear acaba sendo benevolente com as unidades, atribuindo pesos para os *inputs* e *outputs* que melhor maximizem as suas eficiências. Sendo assim, optou-se por realizar o desempate para classificar adequadamente as instituições. A partir da implementação da fronteira invertida, foi realizado o cálculo do índice agregado de modo que o desempate fosse obtido adequadamente. A tabela 8 apresenta a classificação final das unidades a partir o índice agregado encontrado.

Tabela 8: Classificação dos resultados com base no índice agregado

Nº	Universidade	Eficiência	Eficiência (Fronteira Invertida)	Índice Agregado
1	UFPeI	1,000	0,528	0,736
2	UFSM	1,000	0,664	0,668
3	UTFPR	0,961	0,627	0,667
4	UNIPAMPA	1,000	0,698	0,651
5	UFPR	1,000	0,737	0,632
6	UFRPE	0,965	0,706	0,629
7	UFVJM	0,892	0,652	0,620
8	UFSJ	1,000	0,779	0,611
9	UNIFAL-MG	0,935	0,728	0,604
10	UFCSPA	1,000	0,814	0,593
11	UFCG	1,000	0,824	0,588
12	UFMT	0,871	0,722	0,575
13	UFSCar	0,874	0,765	0,554
14	UFPB	1,000	0,896	0,552
15	UFG	0,862	0,781	0,540
16	UFGD	0,819	0,744	0,537
17	UFMA	0,840	0,767	0,537
18	UFRGS	1,000	0,932	0,534
19	UFAL	1,000	0,945	0,528
20	UFES	0,838	0,785	0,526
21	UFC	1,000	0,986	0,507
22	UNIFEI	1,000	1,000	0,500
23	UFRJ	1,000	1,000	0,500
24	UFPE	1,000	1,000	0,500
25	UFRA	1,000	1,000	0,500
26	UFOPA	1,000	1,000	0,500
27	UFMS	0,745	0,756	0,495
28	UFOP	0,727	0,760	0,483
29	UnB	0,890	0,929	0,480
30	UNIFESP	0,944	1,000	0,472
31	UFV	0,771	0,831	0,470
32	FURG	0,751	0,825	0,463
33	UFLA	0,761	0,844	0,459
34	UFABC	0,887	0,976	0,456
35	UFSC	0,884	0,982	0,451
36	UFJF	0,776	0,894	0,441
37	UFU	0,754	0,873	0,441
38	UFF	0,853	1,000	0,427
39	UFRB	0,741	0,907	0,417
40	UFTM	0,758	0,927	0,416

Nº	Universidade	Eficiência	Eficiência (Fronteira Invertida)	Índice Agregado
41	UFPA	0,749	0,963	0,393
42	UFBA	0,779	1,000	0,390
43	UFRRJ	0,760	1,000	0,380
44	UNIR	0,680	1,000	0,340
45	UNIRIO	0,677	1,000	0,338

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com base nos resultados do índice agregado é possível compreender que tanto as duas universidades melhores colocadas (UFPE e UFPA) quanto as duas piores colocadas (UNIR e UNIRIO) já estavam nestas posições a partir do cálculo da eficiência inicial, sendo que a UFPE e a UFPA estavam empatadas com as outras 14. Percebe-se também que as duas universidades com melhor colocação foram também as que resultaram como *benchmark* para a maior parte das universidades ineficientes. Um outro aspecto interessante é que das dez primeiras colocadas, quatro (UFPR, UFRPE, UFVJM e UNIFAL-MG) não estavam na fronteira de eficiência, demonstrando que além de realizar o desempate, o índice agregado também reorganizou a classificação inicial. Por fim, é importante destacar que 6 universidades (UFC, UNIFEI, UFRJ, UFPE, UFPA e UFOPA) foram tecnicamente eficientes tanto para o modelo inicial quanto no modelo invertido, resultando no final empatados na 22ª posição com um índice agregado de 0,500.

7.5 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS REGIONAIS

Para finalizar os objetivos previstos neste trabalho, resta realizar a análise por região, buscando a identificação de quais foram as que apresentaram melhores resultados. Tendo em vista que alguns estados não fizeram parte desta pesquisa, optou-se por uma análise regional, considerando o fato de que em algumas regiões o percentual de universidades analisadas foi superior do que nas outras. Deve ser observado, entretanto, que além de algumas regiões terem tido menos análises do que outras, o próprio número de universidades federais existentes em cada região possui uma diferença significativa. Assim, os resultados a partir dessa ótica devem ser interpretados com cautela.

Para a construção desta análise, optou-se por calcular o índice agregado médio das universidades de cada região. A tabela 9 apresenta os resultados, informando também o

percentual de universidades federais, dentre as existentes no período da pesquisa, que foram pesquisadas em cada uma das regiões do país.

Tabela 9: Classificação dos resultados regionais

Região	Índice Agregado Médio	Universidades Federais (Total)	Universidades Federais (Pesquisadas)	%
Sul	0,599	11	9	82%
Centro-Oeste	0,525	5	5	100%
Nordeste	0,516	18	9	50%
Sudeste	0,483	19	18	95%
Norte	0,433	10	4	40%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Conclui-se que a região Sul (0,599) apresenta a melhor resultado com base no índice agregado, sendo que nesta região foi possível a realização da análise de 9 das 11 (82%) universidades federais existentes na época da pesquisa. A região Centro-Oeste (0,525), segunda colocada, foi a única das regiões que teve 100% das universidades avaliadas. Em seguida encontram-se as regiões Nordeste (0,516) e Sudeste (0,483), regiões do país que contém o maior número de universidades federais. Por fim, a região Norte foi a última colocada (0,433), sendo que também foi a região com a menor quantidade de universidades analisadas (40%).

O resultado médio regional é condizente com o fato de que cinco das nove universidades localizadas na região Sul foram as mais bem colocadas a partir do índice agregado (UFPEL, UFSM, UTFPR, UNIPAMPA e UFPR), sendo que outras duas (UFCSPA e UFRGS) situam-se ainda entre as melhores vinte colocadas. Como exceção, tem apenas a FURG e a UFSC, que se encontram mais próximas dos piores resultados.

Com relação à região Norte, que apresentou os piores resultados médios, constata-se que esta região contém duas dentre cinco as universidades federais com os menores índices agregados (UNIR e UFPA). Enquanto isso, as outras duas universidades dessa região (UFRA e UFOPA) atingiram o índice agregado de 0,500, tendo resultado como empatadas na 22ª posição.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi realizar a análise de eficiência em CT&I das universidades federais do país entre os anos de 2015 e 2017 para o correto entendimento das diferenças entre as instituições estudadas. Para tanto, estabeleceu-se como objetivos específicos a identificação e seleção dos indicadores a serem utilizados para a descrição do fenômeno de CT&I nas universidades, a coleta dos dados que descrevessem os resultados das universidades estudadas no período de pesquisa e a seleção de uma ferramenta matemática capaz de estabelecer adequadamente o nível de eficiência examinado. Por fim, foi definido que, a partir dos resultados obtidos para as instituições pesquisadas, as regiões do país iriam ser comparadas a fim de identificar as que apresentaram melhores resultados.

Escolhendo os recursos financeiros e recursos humanos como indicadores de entrada e as publicações de artigos e obtenções de patentes como indicadores de saída, foram coletados os dados de 45 universidades federais para os anos de 2015, 2016 e 2017. Com relação à ferramenta matemática, foi selecionada a Análise Envoltória de Dados (DEA) por meio do modelo com retornos variáveis de escala (BCC). A partir das universidades federais brasileiras estudadas, mediu-se a eficiência técnica relativa entre todas as unidades nos anos de 2015, 2016 e 2017, analisando a sua evolução entre os anos. Por fim, foi elaborada uma classificação da eficiência entre todas as universidades para o conjunto de anos (2015 a 2017), obtendo ao final os resultados por região.

Como principais resultados, a pesquisa apresentou na análise temporal (com cada unidade em cada ano) que 19 das 135 (14,07%) unidades analisadas apresentaram eficiência técnica igual a 1, estando assim localizadas na fronteira de eficiência. Usando como métrica uma eficiência técnica de 0,80, constatou-se que 75 unidades (55,56%) superaram esse valor. Analisando individualmente as universidades, o modelo resultou que no total 12 das 45 (26,67%) atingiram a fronteira de eficiência, sendo que a UFRA e a UNIPAMPA foram as únicas que atingiram a eficiência igual a 1 em todos os anos.

A partir da análise temporal, foi realizada a avaliação da evolução da eficiência entre os períodos estudados, resultando que 30 das 45 (66,67%) universidades avaliadas apresentaram em 2017 a melhor ou uma entre as melhores eficiências com relação aos outros anos. Ao avaliar os valores totais das variáveis para todas as universidades no ano de 2017 em

relação à média, foi possível concluir que as variáveis de saída foram superiores em maior magnitude do que a elevação das variáveis de entrada, mostrando que na média as universidades conseguiram produzir mais com menos recursos neste ano.

A análise consolidada (com os valores de todos os anos somados) resultou que 16 das 45 (35,56%) universidades apresentaram eficiência técnica igual a 1, sendo que 31 (68,89%) foram superiores ao parâmetro escolhido de 0,80. Dentre as piores, 2 (4,44%) foram inferiores do que 0,7. A partir da análise dos *benchmarks*, 12 dentre as 16 universidades tecnicamente eficientes resultaram como referência para as ineficientes, sendo que a UFPel apresentou o melhor resultado, servindo de modelo para 25 universidades. Por fim, foram traçadas as metas para cada universidade, constatando que a UNIRIO, universidade com a pior eficiência, deveria aumentar seus resultados globais em produção técnica de 2 para 35 (aumento de 1661,73%), e em produção científica de 1865 para 2756 (aumento de 47,77%). Como foi discutido, a indicação de necessidade do aumento expressivo da produção técnica ocorreu devido à folga apresentada pelo modelo.

Como 16 universidades ficaram empatadas na fronteira de eficiência, foi realizado o desempate através da implementação da fronteira invertida com o posterior cálculo do índice agregado. A classificação foi apresentada na tabela 8, sendo as 5 primeiras a UFPel (1ª), UFSM (2ª), UTFPR (3ª), UNIPAMPA (4ª) e UFPR (5ª), enquanto que as 5 últimas foram a UFPA (41ª), UFBA (42ª), UFRRJ (43ª), UNIR (44ª) e UNIRIO (45ª). Os resultados finais foram condizentes com os obtidos na análise consolidada padrão, sendo que as 5 melhores universidades foram as que estiveram entre as que mais se apresentaram como *benchmark* para as demais, com exceção da UTFPR que não havia atingido a fronteira de eficiência.

Por fim, foi calculada a média do índice agregado de eficiência para todas as universidades por região, obtendo dessa forma o resultado regional. A região Sul foi a que apresentou o melhor resultado médio (0,599), sendo este valor condizente com o fato de que as cinco universidades com os melhores resultados estão nessa região. Em seguida a região Centro-Oeste, que foi a única que teve todas as universidades federais avaliadas, apresentou resultado médio de 0,525. As regiões Nordeste e Sudeste, que contêm as maiores quantidades de universidades federais, resultaram em 0,516 e 0,483 respectivamente, sendo que a região Nordeste foi pouco avaliada (apenas 50% das universidades existentes). Por fim, a região

Norte foi a que teve o pior resultado (0,433), mas deve ser levado em consideração o fato de que ela teve apenas 40% das universidades federais avaliadas.

Os resultados foram importantes no sentido que permitiram a realização de uma análise completa da eficiência em CT&I de 71,43% das universidades federais do país, permitindo a realização de comparações e classificações entre os resultados das universidades e das regiões. Demonstra-se que de fato há diferenças na implementação das políticas públicas de CT&I pelas universidades federais estudadas, havendo espaço para melhorias importantes nos resultados de diversas universidades de modo que estas venham a atingir resultados tão eficientes quanto os das outras universidades que foram pesquisadas e atingiram a fronteira de eficiência.

Como contribuições importantes desta pesquisa, é possível citar o fato dela ter adaptado uma metodologia aplicada em um contexto estadual para um contexto nacional, ampliando e trazendo mais complexidades para as análises. Além disso, ela utilizou uma metodologia de coleta de dados quase que totalmente baseada em dados secundários, sendo facilmente reproduzida por outros pesquisadores em diferentes anos ou contextos. Adicionalmente, ressalta-se que ela alinhou, na medida do possível, as suas ferramentas de medição em CT&I com o Manual Frascati da OCDE, buscando obter resultados mais consistentes que possam ser comparados internacionalmente.

Como limitações, primeiramente deve ser considerado o fato de a pesquisa não ter conseguido abordar todas as universidades federais do país existentes nos anos que foram considerados na pesquisa, dificultando dessa forma a obtenção de resultados mais consistentes na análise por região. Isso ocorreu tanto pelo fato de não haver informações disponíveis para muitas universidades na página de indicadores em CT&I do MCTI, quanto por muitas FAPs não terem conseguido responder às solicitações e não possuírem relatórios gerenciais disponíveis, demonstrando a importância do país manter informações públicas consistentes disponíveis que possibilitem a realização de avaliações de políticas públicas.

Outra limitação importante foi o fato de que apenas parte dos recursos foram contabilizados a partir da metodologia contida no Manual Frascati, não havendo dessa forma uma total uniformização dessa variável, embora a quantidade mais relevante tenha sido feita de acordo com a metodologia. Ainda sobre recursos, ressalta-se que foram utilizados apenas

os recursos provenientes de financiamento público (próprias universidades e órgãos de fomento), não sendo contabilizados possíveis investimentos privados. Por fim, com relação aos recursos humanos, deve ser considerado o fato de que foram contabilizadas apenas os alunos de mestrado com bolsas via CNPq ou Capes, não sendo contabilizados possíveis alunos com bolsas oriundas de outras fontes de financiamento.

Diversas futuras pesquisas podem ser elaboradas a partir desta, como a realização de uma ampliação ainda maior do escopo, incluindo tanto as Universidades Federais não abordadas nesta pesquisa, quanto as Universidades Estaduais e os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia. Ressalta-se que muitas dessas instituições possuem as estimativas de investimentos em CT&I na página de indicadores do MCTI, facilitando a ampliação da quantidade de instituições. É possível realizar ainda a ampliação do intervalo de anos pesquisados, tendo como vantagem a obtenção de resultados que consigam demonstrar os efeitos dos investimentos ao longo de um prazo maior.

Outra possibilidade seria realizar a inclusão de outras variáveis de entrada ou saída que sejam significativas para a CT&I nas universidades e que não foram abordadas nesta pesquisa. Uma possibilidade de inclusão bastante pertinente seria a realização da medição da eficiência com a inclusão de uma variável de saída que indique o quanto que as universidades realizaram interações com empresas. Para tanto, poderia ser utilizada tanto a quantidade de relacionamentos, quanto o montante de recursos captados ou gerados através de acessos, prestação de serviços tecnológicos e acordos de parcerias realizados com empresas dentro do contexto da Lei de Inovação.

Sobre as influências das universidades dentro do contexto dos Sistemas Nacionais de Inovação, pode ser realizada uma pesquisa que procure comparar os níveis de eficiência das universidades do país com os resultados de inovação obtidos através da Pesquisa de Inovação (PINTEC) para empresas localizadas nos mesmos estados, proporcionando um entendimento do quanto que os bons resultados de inovação das empresas podem estar sendo influenciados pela capacidade de promoção em CT&I das universidades do país.

Por fim, é importante salientar que, mesmo após décadas de pesquisas e estatísticas nacionais sobre o tema, a disponibilização de dados e a medição das políticas públicas de CT&I nas universidades federais e nos demais atores do SNI do país é ainda incipiente,

necessitando passar por relevantes evoluções. Dessa forma, espera-se que esta pesquisa possa contribuir com futuros trabalhos sobre o tema e venha auxiliar na construção de melhores métodos de medição para a realização de avaliações de políticas públicas de CT&I nas universidades brasileiras.

REFERÊNCIAS

ALVES, Camila Guimarães Monteiro de Freitas. **Análise do Desempenho em Ciência e Tecnologia de Instituições Públicas: um Panorama das Instituições Públicas de Ensino Superior do Estado do Rio de Janeiro**. 2014. 158 p. Dissertação (Mestrado em Gestão e Estratégia). Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2014.

ALVES, Camila Guimarães Monteiro de Freitas; OLIVEIRA, Murilo Alvarenga. 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, JORGE. A Inovação, o Desenvolvimento e o Papel da Universidade. **Estudos Avançados**, v. 31, p. 75-87, 2017.

BACEN. Banco Central do Brasil. 2021. **Cotações e boletins**. Disponível em: < <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/historicocotacoes> >. Acesso em 30 de novembro de 2021.

BANKER, Rajiv D.; CHARNES, Abraham; COOPER, William Wager. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BARROS, Cristiana Ramalho. **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.

BORGES, Mario N. Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento do Brasil. **Scientia Plena**, v. 12, n. 8, 2016.

BRASIL, Constituição Federal. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm >. Acesso em 30 de julho de 2021.

BRASIL. **Livro branco: ciência, tecnologia e inovação.** Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília, 2002.

BRASIL, Constituição Federal. **Emenda Constitucional nº 85, de 26 de fevereiro de 2015.** Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc85.htm >. Acesso em 30 de julho de 2021.

BRASIL. **Portal Brasileiro De Dados Abertos.** 2021. Disponível em: < <https://dados.gov.br/> >. Acesso em 30 de julho de 2021.

BRASIL. **Avaliação de Políticas Públicas: Guia Prático de Análise Ex Ante.** 2018a. Casa Civil da Presidência da República, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, DF, 2018.

BRASIL. **Avaliação de Políticas Públicas: Guia Prático de Análise Ex Post.** 2018b. Casa Civil da Presidência da República. Brasília, DF, 2018.

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 e dá Outras Providências.** Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm > Acesso em 30 de julho de 2021.

BRASIL. Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016. **Dispõe sobre Estímulos ao Desenvolvimento Científico, à Pesquisa, à Capacitação Científica e Tecnológica e à Inovação.** Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2016/lei/113243.htm >. Acesso em 30 de julho de 2021.

BUFREM, Leilah Santiago; SILVEIRA, Murilo; FREITAS, Juliana Lazzarotto. Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil: Panorama Histórico e Contemporâneo. **P2P E INOVAÇÃO**, v. 5, n. 1, p. 6-25, 2018.

CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. 2021a. **Acesso à Informação.** Disponível em: < <https://www.gov.br/capes/pt-br/acesso-a-informacao> >. Acesso em 30 de julho de 2021.

CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. 2021b. **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. 2021c. **Geocapes. Sistema de Informações Georreferenciadas – Capes**. Disponível em: < <https://geocapes.capes.gov.br/geocapes/> >. Acesso em 30 de julho de 2021.

CHAIS, Cassiane; GANZER, Paula Patrícia; OLEA, Pelayo Munhoz. Technology Transfer Between Universities and Companies: Two Cases of Brazilian Universities. **Innovation & Management Review**, 2018.

CHARNES, Abraham; COOPER, William W.; RHODES, Edwardo. 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. 2021a. **Acesso à Informação**. Disponível em: < <https://www.gov.br/cnpq/pt-br/acesso-a-informacao/> >. Acesso em 24 de julho de 2021.

CNPQ. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 2021b. **Portal de Dados Abertos do CNPQ**. Disponível em: < http://dadosabertos.cnpq.br/pt_PT/ >. Acesso em 24 de julho de 2021.

COELLI, Timothy J. *et al.* **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Springer science & business media, 2005.

COHEN, Maria de los Angeles Martinez; PAIXÃO, Adriano Nascimento; OLIVEIRA, Nilton Marques. Eficiência nas Universidades Federais Brasileira: Uma Aplicação da Análise Envoltória de Dados. **Informe Gepec**, v. 22, n. 1, p. 133-149, 2018.

COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; TONE, Kaoru. **Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software**. New York: Springer, 2007.

DA SILVA, Elaine; VALENTIM, Marta Lúgia Pomim; GONZÁLEZ, Marta de La Mano. Avaliação de Indicadores de Ciência, tecnologia e Inovação do Brasil e da Espanha: Estudo Comparativo. **Em Questão**, v. 26, n. 2, p. 83-105, 2020.

DE MACÊDO FILHO, Vicente Landim. **Políticas industriais e de ciência e tecnologia para inovação no Brasil: o caso do modelo de fomento da EMBRAPPII**. Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Inovação) - Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Inovação. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Rio de Janeiro, RJ, 2016.

DE MATTOS, João Roberto Loureiro; GUIMARÃES, Leonam dos Santos. **Gestão da Tecnologia e Inovação: Uma Abordagem Prática**. 2.ed. Saraiva, 2013.

DE NEGRI, Fernanda *et al.* **Redução Drástica na Inovação e no Investimento em P&D no Brasil: O Que Dizem os Indicadores da Pesquisa de Inovação 2017**. Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA). Brasília, DF, 2020.

DE NEGRI, Fernanda; CAVALCANTE, Luiz Ricardo; ALVES, Patrick Franco. **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.

DE OLIVEIRA, Joelmo Jesus. Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil: Poder, Política e Burocracia na Arena Decisória. **Revista de Sociologia e Política**, v. 24, p. 129-147, 2016.

DANCEY, Christine; REIDY, John. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows** (3rd ed.). Porto Alegre, 2006.

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.

FERREIRA, Carlos Mauricio de Carvalho; GOMES, Adriano Provezano. **Introdução à Análise Envoltória de Dados: Teoria, Modelos e Aplicações**. 2.ed. UFV, 2020.

FERREIRA, João Batista; FERREIRA, Thaís Stefanni. Inovação em Países em Desenvolvimento: Avanços e Possibilidades. **Revista Geintec - Gestão Inovação e Tecnologias**, v. 6, n. 2, p. 3005-3018, 2016.

FINEP. Financiadora de Estudos e Projetos. 2021a. **O Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**. Disponível em: < <http://www.finep.gov.br/a-finep-externo/fndct> >. Acesso em 30 de julho de 2021.

FINEP. Financiadora de Estudos e Projetos. 2021b. **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.

FREEMAN, Christopher; SOETE, Luc. Developing Science, Technology and Innovation Indicators: What We Can Learn from the Past. **Research Policy**, v. 38, n. 4, p. 583-589, 2009.

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

GARCIA, Rosineide Pereira Mubarack (Coord.). **Avaliação de Políticas Públicas: Concepções, Modelos e Casos**. Editora UFRB. Cruz das Almas, BA, 2020.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª Edição. Editora Atlas. São Paulo, SP, 2002.

GIMENEZ, Ana Maria Nunes; BONACELLI, Maria Beatriz Machado; BAMBINI, Martha Delpino. 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, Benoit. The who, what, why and how of S&T measurement. **Project on**, 2004.

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

GOMES, Myller Augusto Santos; KOVALESKI, João Luiz. Políticas de Ciência e Tecnologia e a Relação Universidade-Indústria-Governo: Uma Abordagem Sobre Transferência de Tecnologia. **Interciencia**, v. 42, n. 7, p. 471-476, 2017.

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.

JANNUZZI, Paulo de Martino. **Indicadores Sociais no Brasil**. 6ª Edição. Editora Alínea. Campinas, SP, 2017.

KLINE, Stephen J.; ROSENBERG, Nathan. An overview of innovation. IN: LANDAU, R; ROSENBERG, N. (Orgs.) **The Positive Sum Strategy**, Washington, DC: National Academy of Press, 1986.

LETA, Fabiana Rodrigues *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, Ariel Gustavo; BITTENCOURT, Mauricio Vaz Lobo; VILA, Luis E. Análise Comparativa da Eficiência das Universidades Federais entre as Regiões Brasileiras (2010 a 2016). **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. 2020.

LOWI, Theodore J. Four systems of policy, politics, and choice. **Public administration review**, v. 32, n. 4, p. 298-310, 1972.

LUNDVALL, Bengt-Åke. **The learning economy and the economics of hope**. Anthem Press, 2016.

MARIANO, Enzo Barbeiro. **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.

MARIANO, Enzo B.; ALMEIDA, Mariana R.; REBELATTO, Daisy A.N. Princípios da Dualidade para Análise por Envoltória de Dados. **XII SIMPEP**. Bauru, SP, Brasil, 2006.

MAZZETTI, Antônio Carlos; GAZOLLA, Marcio; MARINI, Marcos Junior. 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.

MCT, Ministério da Ciência e Tecnologia. **Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação – Principais Resultados e Avanços 2007 – 2010**. Brasília, DF, 2010.

MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012–2015. Balanço das Atividades Estruturantes do MCTI 2011**. Brasília, DF, 2012.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. 2020a. **Indicadores Nacionais de CT&I. Recursos Aplicados. Indicadores Consolidados**. Disponível em: < https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos_aplicados/indicadores_consolidados/2.1.1.html >. Acesso em 30 de julho de 2021.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. 2020b. **Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação. Recursos Aplicados. Pós-Graduação**. Disponível em: < https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos_aplicados/pos_graduacao/2_4_2.html >. Acesso em 30 de julho de 2021.

MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações. 2020c. **Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação – 2020**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: < https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/indicadores/arquivos/Indicadores_CTI_2020.pdf >. Acesso em 30 de novembro de 2021.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. 2021a. **Indicadores Nacionais de Ciência Tecnologia e Inovação - Indicadores CT&I**. Disponível em: < https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/indicadores_cti.html >. Acesso em 30 de julho de 2021.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. 2021b. **Acesso à Informação. Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação. NUP: 01217.003306/2021-88**. Resposta recebida em 08 de junho de 2021.

MCTIC, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) – 2016/2022**. Brasília, DF, 2016.

MELONIO, Antonio Marcos Correia *et al.* Análise de Eficiência das IFES no Uso de Recursos Financeiros: Uma Aplicação DEA em Dois Estágios. **Ciências da Administração**, v. 21, n. 55, p. 86-100, 2019.

MENDONÇA, Valéria Melo *et al.* Indicadores Nacionais e Internacionais de Ciência, Tecnologia & Inovação. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 5, p. 1293, 2018.

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

NICHOLSON, Norman. Policy choices and the uses of state power: The work of Theodore J. Lowi. **Policy Sciences**, v. 35, n. 2, p. 163-177, 2002.

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development. **“Brazil”, in OECD Science, Technology and Industry Outlook 2016**. OECD Publishing, Paris, França, 2016.

Disponível em: < https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2016/brazil_sti_in_outlook-2016-49-en#page1 >.

Acesso em 30 de julho de 2021.

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development. **Camberra Manual: The Measurement of Scientific and Technological Activities. Manual of the Measurement of Human Resources Devoted to S&T**. Paris, França, 1995.

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.

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development. **OECD Patent Statistics Manual**. Paris, França, 2009.

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development. **Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities**. Luxembourg: OECD Publishing, Paris, França. Eurostat, Luxemburgo. 2018.

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development. **TBP Manual: Proposed Standard Method of Compiling and Interpreting Technology Balance of Balanced Payments Data**. Paris, França, 1990.

PEREIRA, Denise Pinho. **Análise da Eficiência das Universidades Federais Brasileiras: Uma Aplicação da Análise Envoltória de Dados. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional).** Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. Universidade Federal do Tocantins. Palma, TO, 2020.

PIMENTA, Hugo; MACEDO, Marco; MELLO, João. Decisão da realização de investimentos em tecnologia da informação com análise envoltória de dados. **Revista Produção Online**, v. 4, n. 2, 2004.

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

RAMOS, Marília Patta; SCHABBACH, Letícia Maria. O estado da arte da avaliação de políticas públicas: conceituação e exemplos de avaliação no Brasil. **Revista de administração pública**, v. 46, p. 1271-1294, 2012.

RAMOS, Milena Yumi. 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, Subhash C. **Data envelopment analysis: theory and techniques for economics and operations research.** Cambridge university press, 2004.

RIBEIRO, Luana da Silva. **O Marco Legal (CT&I) no Sistema Nacional de Inovação do Brasil: Uma Avaliação de Indicadores Selecionados.** Dissertação (Mestrado em Economia). Programa de Pós-Graduação em Economia. Universidade Estadual Paulista. Araraquara, SP, 2019.

SANTIAGO, Luciana Santos. **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.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung Dunker & Humblot, Berlim, Alemanha, 1964. Traduzido por Maria Silvia Possas, São Paulo: Editora Nova Cultura, 1997.

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

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

SOARES, Thiago J.C.C *et al.* O Sistema de Inovação Brasileiro: Uma Análise Crítica e Reflexões. *Interciencia*, v. 41, n. 10, p. 713-721, 2016.

SOBRAL, Fernanda Antônia da Fonseca; SANTOS, Gilberto Lacerda. 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.

SOETE, Luc; VERSPAGEN, Bart; TER WEEL, Bas. **Systems of Innovation**. United Nations University-Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (UNU-MERIT), 2009.

SOUZA, Celina. Estado da arte da pesquisa em políticas públicas. **Políticas públicas no Brasil**. Rio de Janeiro. Fiocruz, p. 65-86, 2007.

SPERONI, Rafael de Moura *et al.* Estado da Arte da Produção Científica sobre Indicadores e Índices de Inovação. **RAI - Revista de Administração e Inovação**, v. 12, n. 4, p. 49-75, 2015.

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

TAKAHASHI, Tadao (Org.). **Sociedade da informação no Brasil: livro verde**. Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília, 2000.

THIELMANN, Ricardo. **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.

THIELMANN, Ricardo; LA ROVERE, Renata Lèbre. As Mudanças nos Instrumentos de Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação no Período de 1999 a 2010: Uma Visão a Partir da Trajetória Recente dos Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Ciência Política**, v. 12, n. 23, p. 79-113, 2017.

TURCHI, Lenita Maria; DE MORAIS, José Mauro (organizadores). **Políticas de Apoio à Inovação Tecnológica no Brasil: Avanços Recentes, Limitações e Propostas de Ações.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). 2017.

VARRICHIO, Pollyana Carvalho; RAUEN, Cristiane Vianna. Promoção à Inovação por Meio das Políticas Institucionais nas Universidades Brasileiras: Uma Reflexão sobre as Iniciativas Aprovadas entre 2016 e 2020. **Textos de Economia**, v. 23, n. 2, p. 1-28, 2020.

VIOTTI, Eduardo Baumgratz; 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.

APÊNDICE A – MODALIDADES DE FOMENTOS DA CAPES CONSIDERADAS

Modalidade	Código
Cátedra	CAT
Cátedra Europa	CAT-EUROP
Doutorado	DOU
Doutorado Sanduíche	SAN
Escola de Altos Estudos	EAE
Estágio Pós-Doutoral	P.D
Estágio Pós-Doutoral	POS
Estágio Sênior	EST
Jovens Talentos – A	JTA
Jovens Talentos – B	JTB
Mestrado	MEP
Mestrado	MES
Mestrado Profissional	MEP
Mestrado Profissional no Exterior	MPE
Mestrado Sanduíche	MSA
Pesquisador Visitante	PVE
Pesquisador Visitante Especial	PVE
Pós-Doutorado	PD
Professor Visitante Nacional Sênior	PVS
Professor Visitante	PRV
Professor Visitante do Exterior Sênior	PVX

Fonte: Elaborado pelo Autor a Partir de Capes (2021a)

APÊNDICE B – TAXAS DE CÂMBIO UTILIZADAS PARA CONVERSÃO DOS VALORES DOS RECURSOS CAPES

Moeda	2015	2016	2017
Coroa Dinamarquesa	0,496	0,518	0,485
Coroa Norueguesa	0,412	0,414	0,386
Coroa Sueca	0,396	0,408	0,374
Dólar Americano	3,339	3,483	3,192
Dólar Australiano	2,498	2,588	2,447
Dólar Canadense	2,602	2,628	2,462
Euro	3,699	3,854	3,609
Franco	3,463	3,536	3,245
Iene	0,028	0,032	0,028
Libra	5,104	4,735	4,115

Fonte: Elaborado pelo Autor a Partir de Bacen (2021)

APÊNDICE C – RECURSOS ORIUNDOS DE AÇÕES DE FOMENTO DA CAPES

Universidade	2015	2016	2017
UFAL	R\$ 17.137.960,68	R\$ 18.007.740,31	R\$ 16.727.952,17
UFBA	R\$ 47.821.544,96	R\$ 41.955.637,94	R\$ 43.851.598,64
UFRB	R\$ 6.200.455,50	R\$ 5.695.884,76	R\$ 5.402.797,95
UFC	R\$ 48.164.213,90	R\$ 46.481.366,91	R\$ 45.742.318,09
UnB	R\$ 66.368.246,55	R\$ 60.853.357,73	R\$ 60.124.035,64
UFES	R\$ 32.197.139,38	R\$ 30.801.665,71	R\$ 30.294.933,66
UFG	R\$ 39.260.740,32	R\$ 37.634.110,45	R\$ 37.937.241,89
UFMA	R\$ 10.211.603,02	R\$ 9.706.022,99	R\$ 10.001.470,02
UFMT	R\$ 16.299.546,52	R\$ 15.895.535,19	R\$ 18.315.933,90
UFGD	R\$ 9.863.372,66	R\$ 8.952.102,40	R\$ 8.401.596,24
UFMS	R\$ 16.271.413,07	R\$ 15.975.870,88	R\$ 16.292.503,33
UNIFAL-MG	R\$ 4.098.438,74	R\$ 4.185.782,38	R\$ 4.386.756,51
UNIFEI	R\$ 7.358.475,23	R\$ 7.877.860,42	R\$ 7.738.369,64
UFJF	R\$ 19.361.554,73	R\$ 19.046.950,50	R\$ 20.438.721,23
UFLA	R\$ 29.737.693,90	R\$ 26.256.564,18	R\$ 26.834.354,99
UFOP	R\$ 11.644.862,91	R\$ 12.228.690,11	R\$ 12.301.469,52
UFSJ	R\$ 5.637.306,78	R\$ 5.662.850,99	R\$ 5.640.058,01
UFU	R\$ 24.446.744,04	R\$ 24.109.483,73	R\$ 24.165.545,49
UFV	R\$ 39.795.917,84	R\$ 35.893.038,97	R\$ 36.748.838,71
UFTM	R\$ 4.219.100,96	R\$ 4.364.860,45	R\$ 4.415.251,81
UFVJM	R\$ 3.857.478,78	R\$ 3.916.986,24	R\$ 4.084.912,85
UFOPA	R\$ 2.710.646,34	R\$ 3.181.731,09	R\$ 3.433.888,86
UFPA	R\$ 36.712.927,89	R\$ 37.703.115,28	R\$ 44.442.257,29
UFRA	R\$ 3.754.271,86	R\$ 3.815.108,41	R\$ 4.016.263,38
UFPB	R\$ 44.352.557,65	R\$ 42.327.911,26	R\$ 45.098.965,26
UFCG	R\$ 21.118.712,89	R\$ 21.042.001,68	R\$ 21.904.341,14
UTFPR	R\$ 11.953.260,68	R\$ 11.622.096,73	R\$ 12.071.952,96
UFPR	R\$ 74.555.457,79	R\$ 69.568.678,10	R\$ 71.108.713,92
UFPE	R\$ 53.836.423,01	R\$ 51.354.543,58	R\$ 53.895.793,34
UFRPE	R\$ 21.652.008,36	R\$ 20.818.042,32	R\$ 21.195.184,99
UNIRIO	R\$ 8.635.948,47	R\$ 7.816.102,46	R\$ 8.124.834,01
UFRJ	R\$ 111.726.476,65	R\$ 99.166.829,31	R\$ 101.802.992,84
UFF	R\$ 54.361.951,92	R\$ 51.965.460,24	R\$ 53.697.186,27
UFRRJ	R\$ 16.931.774,85	R\$ 16.389.674,20	R\$ 16.312.182,40
UFCSPA	R\$ 4.018.608,84	R\$ 3.713.553,85	R\$ 4.144.455,61
UFPEl	R\$ 30.236.555,82	R\$ 27.522.313,12	R\$ 27.042.289,72
UFSM	R\$ 41.853.718,25	R\$ 37.916.941,24	R\$ 37.524.184,69
UNIPAMPA	R\$ 2.275.111,64	R\$ 2.104.820,82	R\$ 2.083.318,14
FURG	R\$ 19.185.217,56	R\$ 17.723.217,87	R\$ 17.386.729,96

Universidade	2015	2016	2017
UFRGS	R\$ 112.067.357,33	R\$ 96.689.683,69	R\$ 91.894.473,74
UNIR	R\$ 4.294.120,89	R\$ 4.772.363,81	R\$ 4.909.377,52
UFSC	R\$ 85.895.852,91	R\$ 78.871.018,76	R\$ 76.948.914,53
UFSCar	R\$ 37.094.062,71	R\$ 35.115.481,11	R\$ 37.105.093,01
UNIFESP	R\$ 36.335.533,25	R\$ 34.960.137,03	R\$ 35.574.638,00
UFABC	R\$ 9.790.545,39	R\$ 9.566.267,47	R\$ 9.475.671,25

Fonte: Elaborado pelo Autor a Partir de Capes (2021b)

APÊNDICE D – MODALIDADES DE FOMENTOS DO CNPQ CONSIDERADAS

Modalidade	Código
Atração de Jovens Talentos	BJT
Auxílio a Editoração e Publicação	AED
Auxílio a Pesquisa	APQ
Auxílio a Pesquisa	AI
Bolsa Especialista Visitante	BEV
Bolsa Pesquisador-Avaliador	PAV
Desenvolvimento Científico Regional	DCR
Desenvolvimento Tecnológico Industrial	DTI
Doutorado	GD
Doutorado no Exterior	GDE
Doutorado Sanduíche no Exterior	SWE
Doutorado-Sanduíche Empresarial	SWI
Doutorado-Sanduíche no País	SWP
Especialista Visitante	EV
Extensão no País	EXP
Fixação de Recursos Humanos	SET
Mestrado	GM
Pesquisador Visitante	PV
Pesquisador Visitante	APV
Pesquisador Visitante Estrangeiro	PVE
Pós-doutorado	PDP
Pos-doutorado Empresarial	PDI
Pós-doutorado Júnior	PDJ
Pós-doutorado no Exterior	PDE
Pós-doutorado Sênior	PDS
Produtividade Desen. Tec. e Extensão Inovadora	DT
Produtividade em Pesquisa	PQ
Promoção de Eventos Científicos	ARC

Fonte: Elaborado pelo Autor a Partir de CNPq (2021a)

APÊNDICE E – RECURSOS ORIUNDOS DE AÇÕES DE FOMENTO DO CNPQ

Universidade	2015	2016	2017
UFAL	R\$ 5.283.819,84	R\$ 5.196.672,08	R\$ 4.803.035,04
UFBA	R\$ 20.270.182,62	R\$ 20.680.133,87	R\$ 19.948.083,21
UFRB	R\$ 1.723.733,12	R\$ 1.292.825,00	R\$ 1.248.925,00
UFC	R\$ 24.496.636,67	R\$ 22.804.934,41	R\$ 20.943.329,54
UnB	R\$ 32.134.225,20	R\$ 30.958.282,41	R\$ 24.217.740,11
UFES	R\$ 6.520.071,42	R\$ 7.939.185,75	R\$ 7.046.668,38
UFG	R\$ 14.985.628,18	R\$ 11.930.310,52	R\$ 11.546.054,34
UFMA	R\$ 2.682.080,34	R\$ 2.824.551,64	R\$ 2.956.832,41
UFMT	R\$ 5.147.383,36	R\$ 3.431.640,95	R\$ 3.873.750,64
UFGD	R\$ 2.447.554,35	R\$ 1.511.555,47	R\$ 1.402.224,23
UFMS	R\$ 5.243.540,87	R\$ 4.263.519,45	R\$ 3.409.120,61
UNIFAL-MG	R\$ 927.774,12	R\$ 739.456,53	R\$ 542.844,21
UNIFEI	R\$ 1.633.434,37	R\$ 1.599.116,81	R\$ 1.352.085,18
UFJF	R\$ 3.415.145,82	R\$ 3.602.774,85	R\$ 2.961.027,15
UFLA	R\$ 12.632.416,83	R\$ 12.300.584,64	R\$ 13.219.607,47
UFOP	R\$ 2.975.545,03	R\$ 2.609.535,21	R\$ 2.482.439,32
UFSJ	R\$ 1.160.703,86	R\$ 919.940,44	R\$ 960.007,00
UFU	R\$ 7.739.313,70	R\$ 8.515.530,89	R\$ 7.271.113,94
UFV	R\$ 24.457.704,66	R\$ 25.167.430,63	R\$ 22.104.093,16
UFTM	R\$ 1.073.895,27	R\$ 891.743,87	R\$ 788.292,11
UFVJM	R\$ 900.346,60	R\$ 767.587,19	R\$ 712.582,82
UFOPA	R\$ 712.501,12	R\$ 566.276,07	R\$ 204.156,67
UFPA	R\$ 16.982.556,75	R\$ 17.297.148,00	R\$ 14.754.825,84
UFRA	R\$ 2.510.674,52	R\$ 1.728.071,70	R\$ 1.635.352,00
UFPB	R\$ 17.735.529,15	R\$ 15.573.650,96	R\$ 14.046.896,60
UFCG	R\$ 9.398.646,42	R\$ 7.815.006,83	R\$ 5.800.192,14
UTFPR	R\$ 3.270.882,94	R\$ 2.946.755,29	R\$ 3.647.543,31
UFPR	R\$ 19.025.113,26	R\$ 18.996.476,16	R\$ 17.481.308,14
UFPE	R\$ 35.607.508,46	R\$ 36.166.301,54	R\$ 33.703.270,12
UFRPE	R\$ 8.240.823,05	R\$ 7.287.943,09	R\$ 7.306.189,80
UNIRIO	R\$ 1.139.256,22	R\$ 1.272.884,86	R\$ 1.766.831,09
UFRJ	R\$ 87.860.833,25	R\$ 90.072.016,53	R\$ 87.713.695,47
UFF	R\$ 14.340.317,42	R\$ 15.739.640,13	R\$ 15.122.716,93
UFRRJ	R\$ 4.763.779,84	R\$ 4.604.862,76	R\$ 4.097.383,82
UFCSPA	R\$ 587.246,30	R\$ 639.307,04	R\$ 613.456,42
UFPEl	R\$ 9.124.851,52	R\$ 9.315.898,66	R\$ 7.478.984,22
UFSM	R\$ 13.939.527,16	R\$ 12.973.879,17	R\$ 11.367.686,36
UNIPAMPA	R\$ 598.892,39	R\$ 583.620,68	R\$ 643.296,49
FURG	R\$ 5.367.247,19	R\$ 4.654.331,35	R\$ 4.640.448,53

Universidade	2015	2016	2017
UFRGS	R\$ 68.044.034,72	R\$ 63.265.102,80	R\$ 58.839.154,78
UNIR	R\$ 2.894.351,24	R\$ 1.574.224,64	R\$ 1.053.401,40
UFSC	R\$ 41.624.955,21	R\$ 38.878.730,88	R\$ 37.275.177,89
UFSCar	R\$ 17.265.641,74	R\$ 17.633.721,78	R\$ 19.061.045,27
UNIFESP	R\$ 16.376.115,63	R\$ 15.779.899,83	R\$ 13.755.437,71
UFABC	R\$ 2.646.097,85	R\$ 2.958.239,79	R\$ 3.107.258,13
UFT	R\$ 2.930.326,24	R\$ 1.966.885,38	R\$ 970.776,76

Fonte: Elaborado pelo Autor a Partir de CNPq (2021b)

APÊNDICE F – RECURSOS ORIUNDOS DE AÇÕES DE FOMENTO DA FINEP

Universidade	2015	2016	2017
UFAL	R\$ 3.436.083,97	R\$ 6.595.923,96	R\$ 0,00
UFBA	R\$ 3.434.288,44	R\$ 7.614.477,81	R\$ 20.795.877,37
UFRB	R\$ 630.000,00	R\$ 461.000,00	R\$ 1.380.000,00
UFC	R\$ 1.500.000,00	R\$ 5.807.645,06	-R\$ 22.394,59
UnB	R\$ 1.905.220,51	R\$ 3.613.324,07	R\$ 6.095.712,64
UFES	R\$ 272.656,25	R\$ 4.621.486,00	R\$ 0,00
UFG	R\$ 8.802.829,79	R\$ 9.245.919,11	R\$ 11.416.510,54
UFMA	R\$ 1.500.000,00	R\$ 4.096.216,00	R\$ 4.093.623,45
UFMT	R\$ 1.992.818,00	R\$ 3.635.575,93	R\$ 80.177,61
UFGD	R\$ 1.402.237,75	-R\$ 17.912,00	R\$ 168.349,96
UFMS	R\$ 4.163.813,20	R\$ 3.346.076,68	R\$ 4.497.330,52
UNIFAL-MG	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 4.133.769,42
UNIFEI	R\$ 178.864,69	R\$ 1.246.185,02	R\$ 246.858,87
UFJF	R\$ 175.938,00	R\$ 8.432.434,82	R\$ 1.284.603,54
UFLA	R\$ 2.277.756,00	R\$ 1.000.000,00	R\$ 2.222.033,00
UFOP	R\$ 5.498.287,53	R\$ 353.923,61	R\$ 0,00
UFSJ	R\$ 0,00	-R\$ 86.663,03	R\$ 3.342.633,76
UFU	R\$ 2.053.281,09	R\$ 3.688.020,72	R\$ 4.566.581,68
UFV	R\$ 250.565,00	R\$ 2.241.149,64	R\$ 11.622.668,85
UFTM	-R\$ 36.500,00	R\$ 3.661.404,83	-R\$ 84.452,22
UFVJM	R\$ 1.576.046,00	R\$ 0,00	R\$ 1.160.775,92
UFOPA	R\$ 448.845,99	R\$ 0,00	R\$ 0,00
UFPA	R\$ 1.823.276,48	R\$ 5.767.392,59	R\$ 340.900,00
UFRA	R\$ 1.995.967,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
UFPB	R\$ 2.170.529,43	R\$ 3.581.359,57	R\$ 0,00
UFCG	R\$ 5.748.567,19	R\$ 3.410.319,18	R\$ 1.003.580,38
UTFPR	R\$ 0,00	R\$ 1.664.843,00	R\$ 0,00
UFPR	R\$ 1.500.000,00	R\$ 8.082.789,63	R\$ 14.471.536,61
UFPE	R\$ 7.722.797,14	R\$ 7.586.037,41	R\$ 3.474.365,25
UFRPE	R\$ 1.058.949,05	R\$ 0,00	R\$ 8.492.639,38
UNIRIO	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
UFRJ	R\$ 18.878.596,99	R\$ 44.508.044,01	R\$ 14.419.127,36
UFF	R\$ 0,00	R\$ 7.114.040,73	R\$ 3.045.573,00
UFRRJ	R\$ 0,00	R\$ 1.688.560,00	R\$ 0,00
UFCSPA	R\$ 0,00	R\$ 1.299.547,05	R\$ 0,00
UFPEl	R\$ 2.030.553,12	R\$ 1.996.879,00	R\$ 5.986.048,62
UFSM	R\$ 4.564.593,66	R\$ 5.767.288,10	R\$ 7.286.156,84
UNIPAMPA	R\$ 431.352,00	R\$ 534.453,99	R\$ 519.198,77

Universidade	2015	2016	2017
FURG	R\$ 3.909.351,00	R\$ 1.424.130,57	R\$ 2.894.651,10
UFRGS	R\$ 10.373.026,95	R\$ 12.525.121,13	R\$ 6.511.477,27
UNIR	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
UFSC	R\$ 7.269.873,06	R\$ 11.017.744,09	R\$ 5.327.173,28
UFSCar	R\$ 3.626.594,00	R\$ 23.074.514,30	R\$ 9.188.131,03
UNIFESP	R\$ 1.029.503,26	R\$ 9.188.400,77	R\$ 6.387.347,69
UFABC	R\$ 575.130,29	R\$ 928.918,06	R\$ 2.631.260,56

Fonte: Elaborado pelo Autor a Partir de Finep (2021b)

APÊNDICE G – RECURSOS ORIUNDOS DE AÇÕES DE FOMENTO DAS FAPS

Universidade	2015	2016	2017
UFAL	R\$ 2.717.555,04	R\$ 2.900.131,91	R\$ 4.423.071,53
UFBA	R\$ 21.400.197,66	R\$ 19.232.350,04	R\$ 25.941.061,54
UFRB	R\$ 2.438.511,18	R\$ 2.148.014,70	R\$ 2.067.325,00
UFC	R\$ 14.984.040,90	R\$ 13.342.785,00	R\$ 13.102.936,00
UnB	R\$ 5.184.000,00	R\$ 3.936.000,00	R\$ 0,00
UFES	R\$ 27.183.998,00	R\$ 29.265.130,51	R\$ 25.812.381,40
UFG	R\$ 10.635.205,17	R\$ 11.330.108,09	R\$ 23.246.639,72
UFMA	R\$ 11.860.843,00	R\$ 13.162.843,68	R\$ 15.873.195,89
UFMT	R\$ 4.676.587,17	R\$ 7.288.506,28	R\$ 2.572.971,46
UFGD	R\$ 1.969.255,56	R\$ 1.395.542,77	R\$ 68.586,00
UFMS	R\$ 3.713.931,68	R\$ 2.682.886,92	R\$ 464.042,80
UNIFAL-MG	R\$ 2.015.124,89	R\$ 649.115,36	R\$ 868.299,96
UNIFEI	R\$ 2.275.673,50	R\$ 454.721,01	R\$ 1.109.893,24
UFJF	R\$ 6.928.437,20	R\$ 1.647.385,23	R\$ 3.236.710,46
UFLA	R\$ 24.025.266,06	R\$ 51.535.913,25	R\$ 53.909.482,60
UFOP	R\$ 4.856.120,27	R\$ 820.020,86	R\$ 3.842.893,00
UFSJ	R\$ 4.084.877,93	R\$ 1.428.418,65	R\$ 1.568.477,70
UFU	R\$ 8.886.110,37	R\$ 2.926.621,19	R\$ 11.625.623,12
UFV	R\$ 13.991.838,81	R\$ 3.541.051,65	R\$ 5.601.654,88
UFTM	R\$ 3.469.567,43	R\$ 1.283.640,90	R\$ 2.268.468,89
UFVJM	R\$ 2.367.768,83	R\$ 987.962,10	R\$ 4.097.203,23
UFOPA	R\$ 874.800,00	R\$ 525.602,20	R\$ 132.000,00
UFPA	R\$ 6.132.338,62	R\$ 2.288.633,72	R\$ 2.471.207,82
UFRA	R\$ 538.200,00	R\$ 184.800,00	R\$ 248.700,00
UFPB	R\$ 27.904,10	R\$ 106.029,00	R\$ 272.900,00
UFCG	R\$ 324.463,80	R\$ 143.200,00	R\$ 215.553,60
UTFPR	R\$ 3.348.145,88	R\$ 1.400.185,80	R\$ 4.399.384,04
UFPR	R\$ 5.399.011,96	R\$ 2.136.265,00	R\$ 5.142.280,68
UFPE	R\$ 29.500.710,22	R\$ 29.048.746,53	R\$ 29.830.187,18
UFRPE	R\$ 8.022.046,02	R\$ 8.672.437,05	R\$ 9.470.903,30
UNIRIO	R\$ 2.205.938,00	R\$ 1.764.840,00	R\$ 1.484.370,00
UFRJ	R\$ 60.100.910,60	R\$ 36.732.740,00	R\$ 33.998.740,00
UFF	R\$ 13.382.652,02	R\$ 11.032.830,00	R\$ 10.384.780,00
UFRRJ	R\$ 4.462.741,21	R\$ 3.544.060,00	R\$ 3.036.550,00
UFCSPA	R\$ 286.750,00	R\$ 310.200,00	R\$ 1.104.400,00
UFPeI	R\$ 1.326.100,00	R\$ 2.022.100,00	R\$ 1.930.000,00
UFSM	R\$ 1.776.700,00	R\$ 2.162.169,45	R\$ 5.443.200,00
UNIPAMPA	R\$ 237.600,00	R\$ 780.000,00	R\$ 574.400,00
FURG	R\$ 758.689,00	R\$ 707.351,50	R\$ 805.995,00

Universidade	2015	2016	2017
UFRGS	R\$ 3.848.505,51	R\$ 4.639.116,32	R\$ 23.806.172,00
UNIR	R\$ 53.585,30	R\$ 409.692,30	R\$ 934.645,00
UFSC	R\$ 3.832.396,83	R\$ 4.907.874,76	R\$ 3.264.991,93
UFSCar	R\$ 44.369.449,82	R\$ 37.620.736,43	R\$ 48.986.059,87
UNIFESP	R\$ 57.799.799,20	R\$ 48.382.263,45	R\$ 42.350.266,23
UFABC	R\$ 11.379.375,42	R\$ 10.682.527,74	R\$ 11.910.731,08

Fonte: Elaborado pelo Autor

APÊNDICE H – INVESTIMENTOS COM RECURSOS DAS UNIVERSIDADES

Universidade	2015	2016	2017
UFAL	R\$ 141.000.146,40	R\$ 144.212.592,18	R\$ 133.814.218,31
UFBA	R\$ 351.355.052,56	R\$ 365.556.554,17	R\$ 332.218.452,26
UFRB	R\$ 35.084.396,06	R\$ 33.425.680,00	R\$ 29.648.016,26
UFC	R\$ 379.921.689,12	R\$ 434.242.639,54	R\$ 412.437.846,61
UnB	R\$ 587.115.666,78	R\$ 643.649.978,35	R\$ 580.848.084,39
UFES	R\$ 223.473.101,27	R\$ 251.151.616,50	R\$ 237.486.579,14
UFG	R\$ 267.944.335,48	R\$ 298.633.407,97	R\$ 290.429.932,82
UFMA	R\$ 80.660.652,43	R\$ 100.103.288,15	R\$ 105.579.488,76
UFMT	R\$ 141.070.813,44	R\$ 159.273.547,29	R\$ 171.685.513,68
UFGD	R\$ 52.603.376,01	R\$ 64.252.285,94	R\$ 65.408.637,90
UFMS	R\$ 108.635.208,90	R\$ 154.281.198,81	R\$ 156.097.343,29
UNIFAL-MG	R\$ 51.131.847,63	R\$ 66.145.692,29	R\$ 66.608.992,06
UNIFEI	R\$ 46.431.448,72	R\$ 53.212.014,14	R\$ 54.698.263,43
UFJF	R\$ 198.136.257,20	R\$ 229.539.963,36	R\$ 263.002.471,27
UFLA	R\$ 140.013.187,09	R\$ 150.322.521,52	R\$ 155.593.622,33
UFOP	R\$ 92.457.377,60	R\$ 101.247.455,63	R\$ 92.158.223,67
UFSJ	R\$ 85.362.266,94	R\$ 93.793.304,71	R\$ 93.544.915,91
UFU	R\$ 237.899.358,89	R\$ 269.011.073,67	R\$ 267.716.699,89
UFV	R\$ 241.656.580,75	R\$ 269.950.478,86	R\$ 253.832.195,48
UFTM	R\$ 52.129.874,09	R\$ 64.766.508,99	R\$ 56.371.941,95
UFVJM	R\$ 48.250.392,62	R\$ 56.560.879,50	R\$ 59.085.480,07
UFOPA	R\$ 27.046.713,47	R\$ 43.019.672,63	R\$ 36.634.548,70
UFPA	R\$ 261.215.925,51	R\$ 321.252.873,97	R\$ 356.918.952,35
UFRA	R\$ 21.155.793,80	R\$ 21.303.878,93	R\$ 21.587.260,29
UFPB	R\$ 264.957.082,04	R\$ 301.700.207,58	R\$ 284.271.822,64
UFCG	R\$ 87.610.246,18	R\$ 91.048.069,31	R\$ 100.004.030,51
UTFPR	R\$ 138.491.536,67	R\$ 142.125.628,20	R\$ 151.120.526,35
UFPR	R\$ 399.201.619,62	R\$ 450.365.580,33	R\$ 441.850.056,82
UFPE	R\$ 279.854.604,27	R\$ 308.267.214,88	R\$ 299.686.003,91
UFRPE	R\$ 95.493.257,64	R\$ 128.551.024,20	R\$ 150.363.314,76
UNIRIO	R\$ 111.061.540,37	R\$ 123.639.673,66	R\$ 130.229.707,95
UFRJ	R\$ 968.739.425,55	R\$ 1.111.430.172,43	R\$ 1.104.732.044,28
UFF	R\$ 360.217.172,54	R\$ 422.308.805,08	R\$ 414.326.286,96
UFRRJ	R\$ 177.614.980,97	R\$ 207.557.648,25	R\$ 213.084.107,86
UFCSPA	R\$ 48.606.551,98	R\$ 65.998.004,17	R\$ 71.738.497,63
UFPEl	R\$ 144.920.264,13	R\$ 154.356.336,38	R\$ 161.040.207,75
UFSM	R\$ 236.944.295,74	R\$ 271.064.257,48	R\$ 270.781.957,00
UNIPAMPA	R\$ 35.364.772,84	R\$ 41.043.472,65	R\$ 53.037.889,50
FURG	R\$ 126.649.387,04	R\$ 138.572.104,80	R\$ 134.476.933,98

Universidade	2015	2016	2017
UFRGS	R\$ 601.429.846,72	R\$ 657.845.425,05	R\$ 632.860.256,67
UNIR	R\$ 41.377.962,98	R\$ 49.455.432,04	R\$ 43.616.538,47
UFSC	R\$ 448.253.875,79	R\$ 532.573.228,37	R\$ 531.156.907,93
UFSCar	R\$ 263.130.944,73	R\$ 262.237.194,77	R\$ 257.588.169,42
UNIFESP	R\$ 490.396.545,66	R\$ 546.071.492,95	R\$ 490.953.033,98
UFABC	R\$ 166.461.819,23	R\$ 177.343.897,42	R\$ 165.050.793,24

Fonte: Elaborado pelo Autor a Partir de MCTI (2020b)

APÊNDICE I – RECURSOS HUMANOS POR CATEGORIA

Universidade	Professores			Doutorado			Mestrado - Capes			Mestrado - CNPQ		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
UFAL	717	733	791	458	500	522	649	566	607	42	45	47
UFBA	1967	2086	2102	2446	2788	2881	874	804	816	222	222	233
UFRB	224	222	218	89	85	87	133	129	128	5	4	5
UFC	1453	1558	1638	2297	2359	2395	894	838	820	430	424	427
UnB	2256	2296	2297	2925	3184	3318	1067	1023	1007	422	425	429
UFES	1035	1105	1208	727	891	982	877	799	695	72	83	72
UFG	1455	1547	1644	1376	1506	1647	874	857	835	233	214	230
UFMA	538	620	678	298	339	340	295	314	328	29	25	27
UFMT	763	788	895	379	457	547	589	563	613	62	62	59
UFGD	334	364	396	220	251	269	327	294	261	6	6	4
UFMS	704	743	867	479	545	595	487	404	381	84	86	79
UNIFAL-MG	304	326	343	65	74	83	99	101	103	3	3	5
UNIFEI	262	278	307	223	243	251	237	222	223	32	27	27
UFJF	782	825	944	706	767	817	441	439	446	17	15	18
UFLA	523	530	597	909	898	932	355	342	345	217	210	221
UFOP	472	513	519	307	331	352	275	269	271	38	32	33
UFSJ	377	410	466	79	110	139	192	195	201	5	3	4
UFU	935	987	1046	1093	1222	1286	487	480	468	117	119	126
UFV	810	830	862	1252	1278	1304	667	642	646	382	363	384
UFTM	223	252	273	98	127	132	135	123	124	2	1	0
UFVJM	300	304	386	107	89	149	109	107	107	0	1	1
UFOPA	150	190	212	53	68	69	78	99	113	0	0	0
UFPA	1390	1517	1707	1629	1846	1964	842	924	939	374	379	372
UFRA	102	98	101	80	102	114	109	115	116	44	67	51
UFPB	1351	1414	1449	1483	1642	1695	1065	1003	1024	381	357	366
UFCG	509	508	609	757	709	743	509	505	539	47	38	43
UTFPR	765	846	952	316	381	423	343	366	373	22	18	20
UFPR	1707	1738	1854	2219	2286	2411	1343	1317	1311	235	232	218
UFPE	1881	1920	2026	3121	3314	3248	897	870	908	689	681	699
UFRPE	635	690	695	712	734	736	392	389	391	117	117	121
UNIRIO	532	541	560	363	434	477	175	168	163	16	18	17
UFRJ	3284	3375	3549	5299	5581	5542	1481	1424	1410	1010	978	936
UFF	1804	1875	2044	2025	2215	2272	1081	1049	1054	176	174	174
UFRRJ	626	642	705	503	541	584	306	303	305	75	78	69
UFCSPA	150	186	224	125	136	162	106	93	92	0	0	0
UFPeI	761	815	902	854	949	1044	661	584	484	78	77	77
UFSM	1065	1129	1195	1401	1484	1527	981	889	810	170	178	166

Universidade	Professores			Doutorado			Mestrado - Capes			Mestrado - CNPQ		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
UNIPAMPA	177	197	257	39	46	51	96	73	71	0	0	0
FURG	532	560	562	430	459	469	447	422	381	45	45	42
UFRGS	2435	2482	2630	4748	4820	4941	1386	1270	1246	930	904	888
UNIR	233	266	289	69	81	85	166	165	169	19	10	16
UFSC	1863	2002	2110	3286	3346	3316	1206	1216	1220	562	509	527
UFSCar	1224	1242	1273	1565	1678	1710	644	626	629	255	226	249
UNIFESP	1590	1672	1756	1613	1585	1648	798	713	708	168	152	159
UFABC	594	622	685	310	369	423	154	151	145	20	22	20

Fonte: Elaborado pelo Autor a Partir de Capes (2021c) e CNPq (2021b)

APÊNDICE J – PRODUÇÃO TÉCNICA E CIENTÍFICA

Universidade	Produção Técnica			Produção Científica		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017
UFAL	24	39	26	684	881	850
UFBA	28	45	35	2301	2201	2375
UFRB	2	2	2	244	246	305
UFC	21	53	69	2139	2298	2537
UnB	31	31	26	3533	3414	3669
UFES	7	12	20	1669	1704	1913
UFG	20	28	25	2166	2300	2617
UFMA	18	15	22	616	690	781
UFMT	10	9	6	1313	1202	1343
UFGD	4	4	7	509	600	609
UFMS	11	6	22	864	985	1277
UNIFAL-MG	4	3	6	387	411	435
UNIFEI	6	17	8	220	243	279
UFJF	12	12	15	1155	1195	1337
UFLA	10	8	17	1140	1132	1267
UFOP	6	7	23	578	618	707
UFSJ	4	13	34	443	505	644
UFU	20	25	26	1495	1417	1564
UFV	8	25	27	1775	1714	1746
UFTM	0	2	4	284	307	414
UFVJM	4	6	3	429	364	485
UFOPA	0	2	3	212	215	203
UFPA	20	20	28	1971	2085	2248
UFRA	0	0	1	272	312	276
UFPB	21	34	76	1865	1807	2171
UFCG	8	20	58	866	731	917
UTFPR	20	27	21	1041	1045	1318
UFPR	49	58	30	3423	3264	3576
UFPE	49	55	53	2573	2573	2913
UFRPE	19	22	39	1116	998	1173
UNIRIO	2	0	0	620	582	663
UFRJ	35	32	47	5691	5392	6145
UFF	5	12	8	2860	2720	2902
UFRRJ	3	3	5	893	920	981
UFCSPA	4	1	0	369	375	427
UFPeI	23	42	23	1778	1757	1987
UFSM	25	11	24	2620	2613	2603

UNIPAMPA	4	0	1	282	319	371
FURG	5	9	8	858	789	928
UFRGS	50	31	29	5078	4925	5357
UNIR	2	0	1	262	236	390
UFSC	27	25	16	3494	3413	3846
UFSCar	24	25	11	2140	2306	2480
UNIFESP	11	10	15	2744	2605	2680
UFABC	11	13	7	811	734	933

Fonte: Elaborado pelo Autor a Partir de Brasil (2021)

APÊNDICE K – EFICIÊNCIA E RESULTADOS DOS VALORES PROJETADOS COM AS RESPECTIVAS PROJEÇÕES RADIAIS E FOLGAS

Universidade	Eficiência Técnica	Variável	Valor Original	Projeção Radial	Folga	Valor Projetado
UFAL	1,000	R.F	R\$ 506.256.903,42	R\$ 506.256.903,42	R\$ 0,00	R\$ 506.256.903,42
		R.H	5677	5677	0	5677
		P.T	89	89	0	89
		P.C	2415	2415	0	2415
UFC	1,000	R.F	R\$ 1.483.949.987,16	R\$ 1.483.949.987,16	R\$ 0,00	R\$ 1.483.949.987,16
		R.H	15533	15533	0	15533
		P.T	143	143	0	143
		P.C	6974	6974	0	6974
UNIFEI	1,000	R.F	R\$ 187.413.264,27	R\$ 187.413.264,27	R\$ 0,00	R\$ 187.413.264,27
		R.H	2332	2332	0	2332
		P.T	31	31	0	31
		P.C	742	742	0	742
UFSJ	1,000	R.F	R\$ 303.019.099,65	R\$ 303.019.099,65	R\$ 0,00	R\$ 303.019.099,65
		R.H	2181	2181	0	2181
		P.T	51	51	0	51
		P.C	1592	1592	0	1592
UFOPA	1,000	R.F	R\$ 119.491.383,14	R\$ 119.491.383,14	R\$ 0,00	R\$ 119.491.383,14
		R.H	1032	1032	0	1032
		P.T	5	5	0	5
		P.C	630	630	0	630

Universidade	Eficiência Técnica	Variável	Valor Original	Projeção Radial	Folga	Valor Projetado
UFRA	1,000	R.F	R\$ 84.474.341,89	R\$ 84.474.341,89	R\$ 0,00	R\$ 84.474.341,89
		R.H	1099	1099	0	1099
		P.T	1	1	0	1
		P.C	860	860	0	860
UFPB	1,000	R.F	R\$ 1.036.223.345,24	R\$ 1.036.223.345,24	R\$ 0,00	R\$ 1.036.223.345,24
		R.H	13230	13230	0	13230
		P.T	131	131	0	131
		P.C	5843	5843	0	5843
UFCG	1,000	R.F	R\$ 376.586.931,25	R\$ 376.586.931,25	R\$ 0,00	R\$ 376.586.931,25
		R.H	5516	5516	0	5516
		P.T	86	86	0	86
		P.C	2514	2514	0	2514
UFPR	1,000	R.F	R\$ 1.598.884.888,02	R\$ 1.598.884.888,02	R\$ 0,00	R\$ 1.598.884.888,02
		R.H	16871	16871	0	16871
		P.T	137	137	0	137
		P.C	10263	10263	0	10263
UFPE	1,000	R.F	R\$ 1.259.534.506,84	R\$ 1.259.534.506,84	R\$ 0,00	R\$ 1.259.534.506,84
		R.H	20254	20254	0	20254
		P.T	157	157	0	157
		P.C	8059	8059	0	8059
UFRJ	1,000	R.F	R\$ 3.971.882.645,27	R\$ 3.971.882.645,27	R\$ 0,00	R\$ 3.971.882.645,27
		R.H	33869	33869	0	33869
		P.T	114	114	0	114
		P.C	17228	17228	0	17228
UFCSPA	1,000	R.F	R\$ 203.060.578,89	R\$ 203.060.578,89	R\$ 0,00	R\$ 203.060.578,89

Universidade	Eficiência Técnica	Variável	Valor Original	Projeção Radial	Folga	Valor Projetado
		R.H	1274	1274	0	1274
		P.T	5	5	0	5
		P.C	1171	1171	0	1171
UFPel	1,000	R.F	R\$ 586.329.382,05	R\$ 586.329.382,05	R\$ 0,00	R\$ 586.329.382,05
		R.H	7286	7286	0	7286
		P.T	88	88	0	88
		P.C	5522	5522	0	5522
UFSM	1,000	R.F	R\$ 961.366.555,14	R\$ 961.366.555,14	R\$ 0,00	R\$ 961.366.555,14
		R.H	10995	10995	0	10995
		P.T	60	60	0	60
		P.C	7836	7836	0	7836
UNIPAMPA	1,000	R.F	R\$ 140.812.199,91	R\$ 140.812.199,91	R\$ 0,00	R\$ 140.812.199,91
		R.H	1007	1007	0	1007
		P.T	5	5	0	5
		P.C	972	972	0	972
UFRGS	1,000	R.F	R\$ 2.444.638.754,68	R\$ 2.444.638.754,68	R\$ 0,00	R\$ 2.444.638.754,68
		R.H	28680	28680	0	28680
		P.T	110	110	0	110
		P.C	15360	15360	0	15360
UFRPE	0,965	R.F	R\$ 496.624.763,02	R\$ 496.624.763,02	R\$ 0,00	R\$ 496.624.763,02
		R.H	5729	5729	0	5729
		P.T	80	83	0	83
		P.C	3287	3406	0	3406
UTFPR	0,961	R.F	R\$ 488.062.741,85	R\$ 488.062.741,85	R\$ 37.886.166,76	R\$ 450.176.575,09
		R.H	4825	4825	0	4825

Universidade	Eficiência Técnica	Variável	Valor Original	Projeção Radial	Folga	Valor Projetado
		P.T	68	71	0	71
		P.C	3404	3541	0	3541
UNIFESP	0,944	R.F	R\$ 1.845.340.414,65	R\$ 1.845.340.414,65	R\$ 752.546.800,61	R\$ 1.092.793.614,04
		R.H	12562	12562	0	12562
		P.T	36	38	26	64
		P.C	8029	8503	0	8503
UNIFAL-MG	0,935	R.F	R\$ 206.433.894,10	R\$ 206.433.894,10	R\$ 24.134.803,72	R\$ 182.299.090,38
		R.H	1509	1509	0	1509
		P.T	13	14	0	14
		P.C	1233	1319	0	1319
UFVJM	0,892	R.F	R\$ 188.326.402,74	R\$ 188.326.402,74	R\$ 0,00	R\$ 188.326.402,74
		R.H	1660	1660	0	1660
		P.T	13	15	0	15
		P.C	1278	1433	0	1433
UNB	0,890	R.F	R\$ 2.107.003.874,38	R\$ 2.107.003.874,38	R\$ 308.165.430,70	R\$ 1.798.838.443,68
		R.H	20649	20649	0	20649
		P.T	88	99	0	99
		P.C	10616	11929	0	11929
UFABC	0,887	R.F	R\$ 584.508.532,92	R\$ 584.508.532,92	R\$ 238.582.786,39	R\$ 345.925.746,53
		R.H	3515	3515	0	3515
		P.T	31	35	1	36
		P.C	2478	2793	0	2793
UFSC	0,884	R.F	R\$ 1.907.098.716,22	R\$ 1.907.098.716,22	R\$ 92.924.034,14	R\$ 1.814.174.682,08
		R.H	21163	21163	0	21163

Universidade	Eficiência Técnica	Variável	Valor Original	Projeção Radial	Folga	Valor Projetado
		P.T	68	77	12	89
		P.C	10753	12162	0	12162
UFSCar	0,874	R.F	R\$ 1.113.096.840,00	R\$ 1.113.096.840,00	R\$ 114.792.318,31	R\$ 998.304.521,69
		R.H	11321	11321	0	11321
		P.T	60	69	0	69
		P.C	6926	7926	0	7926
UFMT	0,871	R.F	R\$ 555.240.301,41	R\$ 555.240.301,41	R\$ 65.110.623,95	R\$ 490.129.677,46
		R.H	5777	5777	0	5777
		P.T	25	29	38	67
		P.C	3858	4430	0	4430
UFG	0,862	R.F	R\$ 1.084.978.974,41	R\$ 1.084.978.974,41	R\$ 0,00	R\$ 1.084.978.974,41
		R.H	12418	12418	0	12418
		P.T	73	85	0	85
		P.C	7083	8217	0	8217
UFF	0,853	R.F	R\$ 1.447.039.413,24	R\$ 1.447.039.413,24	R\$ 70.675.354,94	R\$ 1.376.364.058,30
		R.H	15943	15943	0	15943
		P.T	25	29	45	74
		P.C	8482	9941	0	9941
UFMA	0,840	R.F	R\$ 375.312.711,78	R\$ 375.312.711,78	R\$ 0,00	R\$ 375.312.711,78
		R.H	3831	3831	0	3831
		P.T	55	65	0	65
		P.C	2087	2484	0	2484
UFES	0,838	R.F	R\$ 914.066.613,37	R\$ 914.066.613,37	R\$ 200.331.774,84	R\$ 713.734.838,53
		R.H	8546	8546	0	8546

Universidade	Eficiência Técnica	Variável	Valor Original	Projeção Radial	Folga	Valor Projetado
		P.T	39	47	32	78
		P.C	5286	6308	0	6308
UFGD	0,819	R.F	R\$ 219.828.765,23	R\$ 219.828.765,23	R\$ 0,00	R\$ 219.828.765,23
		R.H	2732	2732	0	2732
		P.T	15	18	6	24
		P.C	1718	2099	0	2099
UFBA	0,779	R.F	R\$ 1.342.075.493,10	R\$ 1.342.075.493,10	R\$ 0,00	R\$ 1.342.075.493,10
		R.H	17441	17441	465	16976
		P.T	108	139	0	139
		P.C	6877	8824	0	8824
UFJF	0,776	R.F	R\$ 781.210.375,35	R\$ 781.210.375,35	R\$ 263.030.419,54	R\$ 518.179.955,81
		R.H	6217	6217	0	6217
		P.T	39	50	23	73
		P.C	3687	4748	0	4748
UFV	0,771	R.F	R\$ 986.855.207,90	R\$ 986.855.207,90	R\$ 182.615.414,76	R\$ 804.239.793,14
		R.H	9420	9420	0	9420
		P.T	60	78	0	78
		P.C	5235	6793	0	6793
UFLA	0,761	R.F	R\$ 701.881.003,86	R\$ 701.881.003,86	R\$ 192.498.635,35	R\$ 509.382.368,51
		R.H	6079	6079	0	6079
		P.T	35	46	25	71
		P.C	3539	4648	0	4648
UFRRJ	0,760	R.F	R\$ 674.088.306,17	R\$ 674.088.306,17	R\$ 250.259.286,60	R\$ 423.829.019,57
		R.H	4737	4737	0	4737

Universidade	Eficiência Técnica	Variável	Valor Original	Projeção Radial	Folga	Valor Projetado
		P.T	11	14	38	53
		P.C	2794	3677	0	3677
UFTM	0,758	R.F	R\$ 199.583.599,34	R\$ 199.583.599,34	R\$ 0,00	R\$ 199.583.599,34
		R.H	1490	1490	0	1490
		P.T	6	8	1	9
		P.C	1005	1325	0	1325
UFU	0,754	R.F	R\$ 904.621.102,41	R\$ 904.621.102,41	R\$ 202.968.164,62	R\$ 701.652.937,79
		R.H	8366	8366	0	8366
		P.T	71	94	0	94
		P.C	4476	5934	0	5934
FURG	0,751	R.F	R\$ 479.155.786,44	R\$ 479.155.786,44	R\$ 77.193.233,85	R\$ 401.962.552,59
		R.H	4394	4394	0	4394
		P.T	22	29	19	48
		P.C	2575	3429	0	3429
UFPA	0,749	R.F	R\$ 1.126.104.332,09	R\$ 1.126.104.332,09	R\$ 0,00	R\$ 1.126.104.332,09
		R.H	13883	13883	450	13433
		P.T	68	91	0	91
		P.C	6304	8416	0	8416
UFMS	0,745	R.F	R\$ 499.337.801,02	R\$ 499.337.801,02	R\$ 29.799.577,88	R\$ 469.538.223,14
		R.H	5454	5454	0	5454
		P.T	39	52	10	63
		P.C	3126	4196	0	4196
UFRB	0,741	R.F	R\$ 128.847.564,54	R\$ 128.847.564,54	R\$ 0,00	R\$ 128.847.564,54
		R.H	1329	1329	0	1329

Universidade	Eficiência Técnica	Variável	Valor Original	Projeção Radial	Folga	Valor Projetado
		P.T	6	8	0	8
		P.C	795	1073	0	1073
UFOP	0,727	R.F	R\$ 345.476.844,27	R\$ 345.476.844,27	R\$ 1.038.502,42	R\$ 344.438.341,85
		R.H	3412	3412	0	3412
		P.T	36	50	0	50
		P.C	1903	2618	0	2618
UNIR	0,680	R.F	R\$ 155.345.695,59	R\$ 155.345.695,59	R\$ 0,00	R\$ 155.345.695,59
		R.H	1568	1568	0	1568
		P.T	3	4	6	10
		P.C	888	1307	0	1307
UNIRIO	0,677	R.F	R\$ 399.141.927,10	R\$ 399.141.927,10	R\$ 56.467.462,83	R\$ 342.674.464,27
		R.H	3464	3464	0	3464
		P.T	2	3	32	35
		P.C	1865	2756	0	2756

R.F = Recursos Financeiros
R.H = Recursos Humanos
P.T = Produção Técnica
P.C = Produção Científica

Fonte: Elaborado pelo Autor

APÊNDICE L – RELATÓRIO TÉCNICO COM PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE ENSINO SUPERIOR BRASILEIRAS ATRAVÉS DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

Relatório técnico apresentado pelo mestrando Mauricio Santos Condessa ao Mestrado Profissional em Administração Pública em Rede, sob orientação do docente Ricardo Thielmann, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Administração Pública

Volta Redonda, RJ
2022

1 RESUMO

A partir da maior importância do conhecimento como elemento fundamental para o desenvolvimento das economias, a Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) passa a ter destaque nas agendas das políticas públicas dos países. Dentro desse contexto, as universidades exercem um papel de extrema importância para a consolidação dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) dos países na medida em que atuam em diversas frentes como a formação e capacitação de recursos humanos, produção e difusão do conhecimento, prestação de serviços, apoio ao setor produtivo e à sociedade. A partir da recente crise econômica enfrentada pelo Brasil, em conjunto com a maior cobrança da sociedade por melhores resultados do setor público, ferramentas que avaliem as políticas públicas ganham destaque, o que é o caso da análise de eficiência por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA). Dessa forma, este relatório técnico tem por objetivo propor a construção de um modelo de análise de eficiência em CT&I por meio da DEA de modo que se possa avaliar a maior parte das instituições públicas de ensino superior entre os anos de 2013 e 2018. Tal modelo pode ser implementado tanto pelas próprias universidades a fim de avaliarem os seus próprios resultados, quanto por diversas outras entidades que atuam na promoção e fiscalização das políticas públicas de CT&I no país.

2 CONTEXTO DA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

A Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) é fundamental para o desenvolvimento dos países, principalmente no atual contexto mundial de relevância do conhecimento como o recurso mais importante da economia. Neste sentido, uma vez que a atuação do setor público é essencial na definição do ritmo e direção da inovação na sociedade (LUNDVALL, 2016), torna-se imprescindível o estabelecimento de políticas públicas que visem o seu desenvolvimento.

Dentro do contexto das políticas públicas de CT&I, ganha destaque a visão sistêmica dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), ou seja, de que a inovação emerge nas economias por meio das interações complexas entre os diferentes atores, elementos e sistemas existentes no processo (SOETE; VERSPAGEN; TER WEEL, 2009). Outra abordagem importante é a que enfatiza as articulações interativas entre o Estado, universidades e empresas como relevantes para o desenvolvimento científico e tecnológico, devendo estas serem objetos de investimentos nos países (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000; RIBEIRO, 2019).

Neste aspecto, as universidades ganham relevância na consolidação dos SNI dos países uma vez que desempenham papéis em diversos eixos da CT&I como a formação e capacitação de recursos humanos, treinamento de pesquisadores, produção e difusão do conhecimento, prestação de serviços e apoio ao setor produtivo. Assim, elas atuam como importantes expoentes do desenvolvimento socioeconômico (AUDY, 2017; GIMENEZ; BONACELLI; BAMBINI, 2018).

Os instrumentos que se destinam a promover o desenvolvimento científico e tecnológico nas universidades por meio de ações de fomento e de promoção da interação entre universidades e empresas também estão inseridos na conjuntura desta proposta de intervenção. Neste contexto, possuem relevância as ferramentas de formação de recursos humanos e fomento à pesquisa promovidos pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento Nacional de Pessoal de Nível Superior (Capes), Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (FAP). No que diz respeito à interação, destaca-se a Lei da Inovação que possui uma série de mecanismos que visa a facilitar o processo de cooperação e difusão tecnológica entre as universidades e o setor produtivo (BRASIL, 2004).

3 PÚBLICO ALVO DA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

Por se tratar de uma proposta que visa o estabelecimento de uma ferramenta para a realização de análise de eficiência em CT&I nas instituições públicas de ensino superior, o público alvo principal desta proposta são as próprias universidades que, com base na proposta, podem realizar de forma recorrente análises comparativas entre os seus resultados e os resultados de outras instituições de modo a traçar estratégias de aprimoramento gerencial que conduzam a resultados mais eficientes.

Adicionalmente, são objetos relevantes desta proposta o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e o Ministério da Educação (MEC) uma vez que estes são os órgãos da administração federal direta responsáveis, respectivamente, pelas políticas públicas de CT&I e as de ensino superior. Adicionalmente, tem-se a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) que, dentre diversas competências relacionada à pós-graduação *stricto sensu* no país, é a fundação responsável por sua avaliação. Dessa forma, essas instituições podem utilizar esta proposta de intervenção para criar ou aperfeiçoar ferramentas que visem a medição das eficiências das instituições públicas de ensino superior.

Neste contexto, cabe citar ainda o Tribunal de Contas da União (TCU), órgão de controle externo que possui a competência constitucional de auxiliar o Congresso Nacional na fiscalização contábil, financeira, orçamentária, operacional e patrimonial dos órgãos do país quanto à legalidade, legitimidade e economicidade (BRASIL, 1988). Neste sentido, este órgão é um público alvo desta proposta na medida em que pode utiliza-la no aprimoramento das auditorias operacionais que podem ocorrer em relação à implementação das políticas públicas de CT&I.

Por fim, as agências de fomento das políticas públicas de CT&I no país são também alvos já que podem realizar análises de eficiências para monitorar os resultados das aplicações de seus recursos e estabelecer políticas internas de alocações mais eficientes. Neste contexto, cita-se o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), as Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (FAPs) e a própria Capes.

4 DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Após muitas décadas de implementações de políticas públicas de CT&I no país, constatou-se avanços significativos na maior parte dos indicadores de acompanhamento existentes, como por exemplo os investimentos em pós-graduação, publicações de artigos e obtenções de patentes. Entretanto, os resultados ainda são pequenos quando são realizadas comparações com os países desenvolvidos, demonstrando que muito ainda pode evoluir (MCTI, 2020).

Por outro lado, tem-se o impacto da recente crise econômica enfrentada pelo país, o que ocasionou um recuo significativo dos investimentos públicos em CT&I. Para se ter uma ideia, o percentual de dispêndios públicos de C&T em relação ao PIB havia atingido o ápice de 0,90 em 2014, porém reduziu para 0,79 em 2018, retornando assim ao patamar do início da década de 2010 (MCTI, 2021).

A partir da redução da capacidade do Estado de realização de investimentos e uma maior cobrança da sociedade por melhores resultados, ferramentas de avaliação de políticas públicas como a análise de eficiência se destacam na medida em que permitem o correto entendimento de quais são as melhores práticas de implementação e auxiliam na melhoria da aplicação dos recursos públicos e nas atividades gerenciais da estrutura burocrática estatal (ALVES; OLIVEIRA, 2018). Como as universidades são instituições que exercem um papel central na implementação das políticas públicas de CT&I, a construção e o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem na medição da eficiência dessas políticas públicas por parte dessas instituições torna-se muito importante para que se possa alcançar melhores resultados diante do contexto existente.

5 OBJETIVOS DA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

A intervenção proposta tem como objetivo geral a construção de um modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA) que possibilite a realização de análises de eficiência em CT&I por diferentes instituições públicas de ensino superior do país.

Diversos objetivos específicos são também propostos a partir do propósito geral desta intervenção:

- Comparar os resultados da eficiência em CT&I das universidades em diferentes anos selecionados;
- Classificar as universidades a partir dos resultados obtidos;
- Indicar quais as mudanças devem ocorrer na utilização dos recursos das universidades tidas como ineficientes para que se tornem eficientes relativamente à que resultarem como eficientes;
- Examinar, dependendo dos tipos de instituições escolhidas, os resultados por classes de instituições, como por exemplo as Universidades Federais, Universidades Estaduais e Institutos Federais em Educação, Ciência e Tecnologia;
- Examinar, a partir das instituições escolhidas na análise, quais as Unidades da Federação ou quais as regiões do país apresentam os melhores resultados.

6 DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Sendo a eficiência um conceito que correlaciona os produtos obtidos a partir da utilização dos insumos, sua análise permite a comparação de diferentes implementações de políticas públicas sob diferentes aspectos. A partir da realização de uma análise de eficiência com a utilização da DEA, é possível identificar as diferenças existentes entre diversas implementações e, a partir da identificação de implementações ineficientes, traçar as melhorias que podem ser realizadas a partir da redução de recursos ou o aumento dos produtos (BRASIL, 2018).

Com relação às políticas públicas universitárias, muitas são as pesquisas recentes que realizaram análises de eficiência a partir de diferentes abordagens com a utilização da DEA, demonstrando a capacidade do método de auxiliar nas avaliações de políticas públicas. Cita-se por exemplo as pesquisas de Cohen, Paixão e Oliveira (2018) e Letti, Bittencourt e Vila (2020) que avaliaram a eficiência de 56 universidades federais brasileiras a partir da utilização de diferentes indicadores e diferentes modelagens DEA. Especificamente com relação às políticas públicas de CT&I, tem-se o estudo de Alves (2014) que analisou oito instituições públicas de ensino e pesquisa do Estado do Rio de Janeiro entre os anos de 2008 e 2012.

Todas as pesquisas citadas tiveram como resultado uma grande quantidade de unidades ineficientes, o que demonstra a existência de discrepâncias nas implementações das políticas públicas por parte das universidades, indicando que há espaço para melhorias gerenciais em boa parte das universidades públicas do país. Este cenário ocorre tanto com relação à CT&I, quanto com relação aos outros tipos de escopos avaliados.

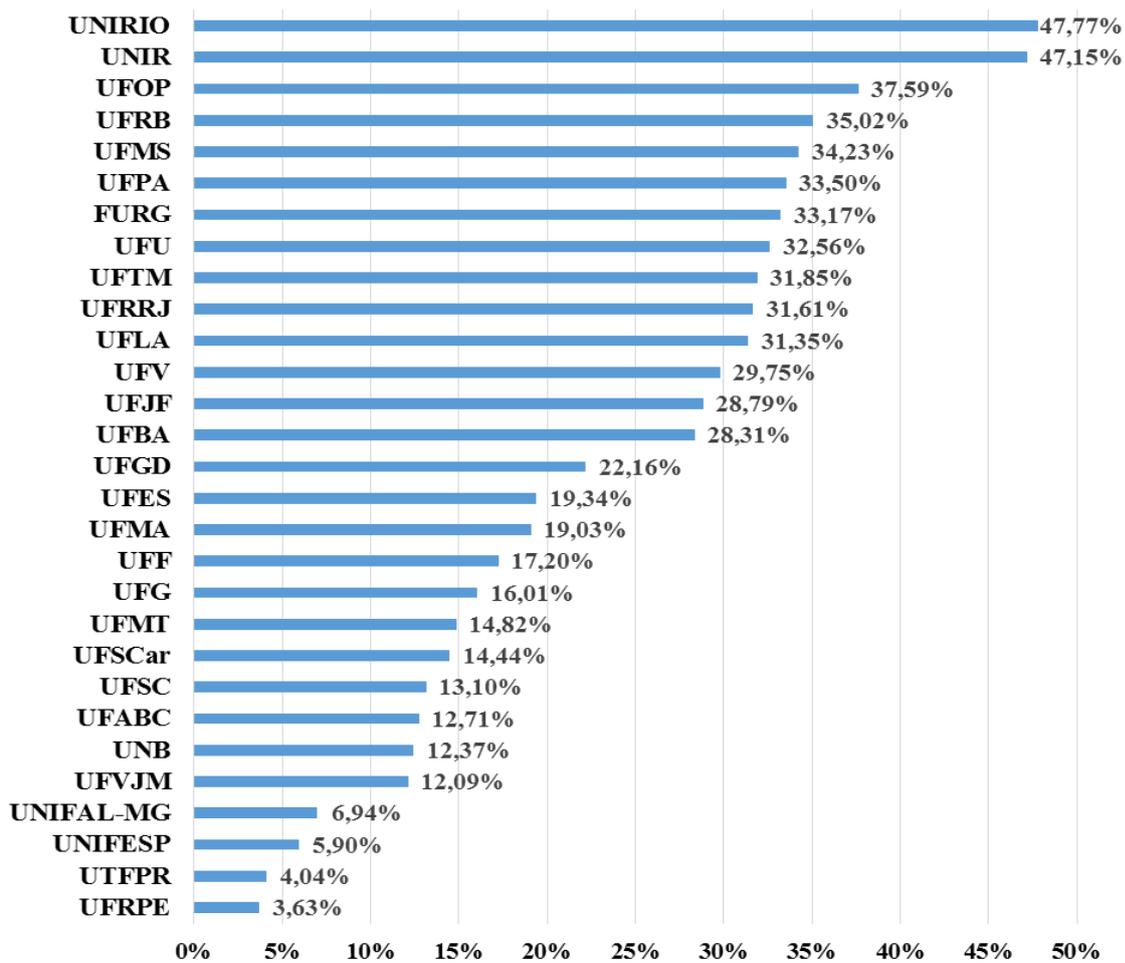
Os resultados da dissertação que embasa este relatório técnico corroboram com as pesquisadas citadas. Foi realizada a análise de eficiência em CT&I de 45 universidades federais localizadas em 19 Unidades da Federação do país entre os anos de 2015 e 2017. Para tanto utilizou-se o modelo DEA-BCC com orientação ao *output*. As variáveis de entrada foram os recursos humanos e recursos financeiros, enquanto as variáveis de saída foram a publicação de artigos em periódicos e a concessão de patentes.

A implementação do modelo DEA identificou que 16 das 45 (35,56%) universidades analisadas apresentaram eficiência técnica igual a 1, sendo dessa forma tecnicamente eficientes. Dentre as ineficientes, 15 universidades apresentaram eficiência técnica maior do

que 0,80. Dessa forma, 31 universidades (68,89%) foram superiores a este patamar, enquanto que 14 (31,11%) foram inferiores.

A figura 1 apresenta os aumentos percentuais encontrados para o *output* produção científica que as 29 unidades ineficientes devem realizar para se tornarem eficientes a partir do conjunto de universidades estudadas.

Figura 1: Aumento percentual na produção científica a partir da modelagem DEA realizada



Fonte: Elaborado pelo Autor

Percebe-se, dessa forma, que estudos dessa natureza podem não somente indicar a existência de diferenças nos resultados da implementação das políticas públicas de CT&I por parte das universidades, quanto também indicar o quanto que cada unidade precisa melhorar os seus resultados para se tornar eficiente, auxiliando os gestores no estabelecimento de métricas para a implementação de políticas que visem a melhoria dos resultados.

7 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

Propõe-se a realização de avaliações de eficiência em CT&I para as instituições de ensino superior públicas do país com a utilização da DEA de modo a se medir as diferenças de implementação existentes, além das mudanças na produção que devem ocorrer com as unidades ineficientes. A definição de quantas e quais universidades serão avaliadas, bem como o período de análise irá depender dos objetivos da intervenção. A partir da intervenção proposta é possível avaliar boa parte das instituições federais e estaduais de ensino superior existentes no país entre os anos de 2013 e 2018.

As instituições que podem ser avaliadas são as que possuem as estimativas dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) computadas pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2021). A limitação dos anos ocorre em função da disponibilidade de dados existentes nas fontes desta proposta de intervenção. Entretanto, outros anos podem ser pesquisados com a utilização de outras fontes de dados, como por exemplo a realização de questionamentos às instituições via Lei de Acesso à Informação (LAI).

A seguir é proposto o modelo DEA a ser utilizado, as implementações adicionais, variáveis e fontes de dados, além da indicação de *softwares* para a construção do modelo.

a) Modelo DEA

Sugere-se a implementação de uma das modelagens clássicas da DEA, ou seja, a DEA com retornos constantes de escala - CCR (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978) ou a DEA com retornos variáveis de escala - BCC (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984). A maior parte das pesquisas utiliza um desses dois modelos, o que facilita possíveis comparações dos resultados.

A escolha do modelo a ser utilizado irá depender da característica das variáveis escolhidas. Embora a maior parte dos casos realistas apresentem retornos variáveis de escala (RAY, 2004), muitas pesquisas que realizam a medição de eficiência de instituições públicas de ensino superior acabam utilizando o modelo com retornos constantes. Dessa forma, recomenda-se a implementação de algum tipo de modelagem matemática que vise identificar qual tipo de relação ocorre entre as entradas e saídas a serem utilizadas no modelo, como por exemplo as metodologias implementadas por Alves (2014) e Planells (2018).

Com relação à orientação sugere-se, com base em Planells (2018), que seja feita uma implementação orientada ao *output*, tendo em vista que as instituições públicas de ensino superior possuem maior controle sobre as variáveis de saída do que às de entrada. Entretanto, modelagens com orientação ao *input* também podem ser úteis caso a avaliação seja realizada para se medir, por exemplo, as possibilidades de redução dos recursos financeiros e humanos das universidades.

Por fim, propõe-se que as folgas existentes na modelagem DEA sejam devidamente determinadas de modo que os resultados obtidos sejam melhor aproveitados. Para tanto, sugere-se a construção do método de dois estágios que realiza a maximização da soma das folgas após a obtenção das eficiências no primeiro estágio (FERREIRA; GOMES, 2020).

b) Implementações Adicionais

Algumas implementações adicionais ao modelo DEA são necessárias para que se possa realizar de forma mais completa a análise de eficiência. Sugere-se, para esta proposta de intervenção, a implementação de uma metodologia para avaliar a eficiência ao longo do tempo e uma que consiga analisar todo o período de modo a se avaliar o resultado consolidado da política pública no longo prazo e realizar a comparação geral das universidades. Adicionalmente, recomenda-se a implementação de uma modelagem para melhorar a discriminação do modelo, ou seja, realizar a classificação caso a implementação consolidada resulte em múltiplas unidades sobre a fronteira de eficiência.

A avaliação da evolução intertemporal da eficiência irá depender das universidades avaliadas, período e das hipóteses assumidas na construção do modelo. Caso haja a suposição de que no período da avaliação não houve mudança de tecnologia na implementação da política pública, pode-se traçar apenas uma fronteira da eficiência com todas as universidades em cada ano como se fossem unidades autônomas. Na situação contrária, devem ser utilizados métodos alternativos que considerem alterações na tecnologia ao longo do tempo, como a Análise de Janela ou o índice Malmquist de produtividade (FERREIRA; GOMES, 2020).

Para a avaliação consolidada, propõe-se a construção de um modelo com o somatório dos valores de cada variável em todos os anos. Desse modo, as unidades avaliadas serão cada universidade com os dados agregados de todo o período.

Por fim, com relação à melhoria da discriminação do modelo em caso de múltiplas unidades eficientes, sugere-se a obtenção do índice agregado a partir da implementação da DEA com a fronteira invertida. Outra possibilidade é a implementação da avaliação cruzada, tendo em vista a sua vasta utilização na literatura (LETA *et al.*, 2005).

c) Variáveis de Fontes de Dados

Recomenda-se a construção do modelo DEA utilizando como variáveis de entrada os investimentos em CT&I (recursos próprios da universidade e os obtidos via fomento) e os recursos humanos utilizados pelas universidades nas atividades de CT&I (docentes da pós-graduação, alunos de doutorado e mestrado com bolsa). Por outro lado, como variáveis de saída, recomenda-se a produção técnica (artigos publicados em periódicos) e a produção científica (patentes).

Essa escolha se deve ao fato de que essas variáveis são amplamente referenciadas na literatura, sendo as utilizadas pelo MCTI na apresentação dos resultados do país (MCTI, 2021). Além disso, a maior parte dos dados encontra-se disponível publicamente em fontes secundárias, facilitando a análise. A exceção se deve aos recursos repassados via FAPs, uma vez que nem todas as instituições do país disponibilizam publicamente os valores repassados, sendo necessário nestes casos a realização de consulta via Lei de Acesso à Informação.

Adicionalmente, conforme abordado anteriormente, sugere-se que, na medida do possível, sejam contabilizados apenas os recursos utilizados nas atividades de pós-graduação e sejam contabilizados como recursos humanos os docentes da pós-graduação, alunos de doutorado e mestrado com bolsa, conforme recomendado no Manual Frascati da OCDE (OECD, 2015). Desse modo, os resultados obtidos na pesquisa poderão ser comparados internacionalmente de forma mais correta.

A tabela 1 apresenta as variáveis a serem utilizadas com as respectivas fontes de dados. Deve-se atentar ao fato de que os investimentos da Capes são apresentados em 10 tipos de moedas diferentes, necessitando que sejam realizadas as conversões. Além disso, os dados de patentes e artigos publicados em periódicos possuem muitas repetições de registros, necessitando serem tratados para não indicarem resultados incorretos.

Tabela 1: Variáveis a serem utilizadas

Variável	Representação	Dado	Fonte
Investimento em P&D	<i>Input</i>	Investimento CNPq	Dados Abertos do CNPq
		Investimento Capes	Portal de Transparência da Capes
		Investimento Finep	Site da Finep
		Investimento FAP	Solicitação via LAI
		Investimento IES	Indicadores de CT&I do MCTI
Recursos Humanos	<i>Input</i>	Docentes de pós-graduação	Geocapes
		Alunos de doutorado	Geocapes
		Alunos de mestrado bolsistas	Geocapes e Dados Abertos do CNPq
Produção Técnica	<i>Output</i>	Patentes	Portal Brasileiro de Dados Abertos
Produção Científica	<i>Output</i>	Artigos publicados em periódicos	Portal Brasileiro de Dados Abertos

Fonte: Elaborado pelo Autor

d) Software para Construção do Modelo DEA

A construção do modelo DEA e demais implementações matemáticas propostas neste documento podem ser realizadas com a utilização da ferramenta *Solver* existente no *software* Microsoft Excel. Essa ferramenta possui como vantagem o fato de que o usuário é quem constrói as equações matemáticas do modelo no próprio *software*, facilitando a construção de diferentes modelos existentes na literatura e a realização de livres alterações na modelagem para fins de estudos.

Por outro lado, caso não se tenha familiaridade com as equações matemáticas da programação linear e nem com o *software* Microsoft Excel, pode-se utilizar uma das inúmeras soluções prontas existentes, como o *software* DEAP. Essas ferramentas possuem como vantagem o fato que apresentam o resultado de forma rápida e fácil, não exigindo a construção das equações matemáticas. Entretanto, apresentam apenas um conjunto finito de soluções, limitando a expansão das análises.

8 RESPONSÁVEIS PELA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

Mestrando: Mauricio Santos Condessa

Formação: Graduado em Engenharia de Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Vínculo Institucional: Pesquisador-Tecnologista em Metrologia e Qualidade do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro)

Endereço Eletrônico: mscondessa@inmetro.gov.br

Orientador: Ricardo Thielmann

Formação: Doutor em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, pelo Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestre em Engenharia de Produção pela COPPE da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Graduado em Administração de Empresas pela Universidade Federal de Juiz de Fora

Vínculo Institucional: Professor Adjunto do Instituto de Ciências Humanas e Sociais de Volta Redonda, da Universidade Federal Fluminense

Endereço Eletrônico: rthielmann@id.uff.br

REFERÊNCIAS

ALVES, Camila Guimarães Monteiro de Freitas. **Análise do Desempenho em Ciência e Tecnologia de Instituições Públicas: um Panorama das Instituições Públicas de Ensino Superior do Estado do Rio de Janeiro**. 2014. 158 p. Dissertação (Mestrado em Gestão e Estratégia). Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2014.

ALVES, Camila Guimarães Monteiro de Freitas; OLIVEIRA, Murilo Alvarenga. 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, JORGE. A Inovação, o Desenvolvimento e o Papel da Universidade. **Estudos Avançados**, v. 31, p. 75-87, 2017.

BANKER, Rajiv D.; CHARNES, Abraham; COOPER, William Wager. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BRASIL, Constituição Federal. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm >. Acesso em 30 de julho de 2021.

BRASIL. **Avaliação de Políticas Públicas: Guia Prático de Análise Ex Post**. 2018. Casa Civil da Presidência da República. Brasília, DF, 2018.

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 e dá Outras Providências**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm >. Acesso em 30 de julho de 2021.

CHARNES, Abraham; COOPER, William W.; RHODES, Edwardo. Measuring the efficiency of decision making units. **European journal of operational research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

COHEN, Maria de los Angeles Martinez; PAIXÃO, Adriano Nascimento; OLIVEIRA, Nilton Marques. Eficiência nas Universidades Federais Brasileira: Uma Aplicação da Análise Envoltória de Dados. **Informe Gepec**, v. 22, n. 1, p. 133-149, 2018.

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.

FERREIRA, Carlos Mauricio de Carvalho; GOMES, Adriano Provezano. **Introdução à Análise Envoltória de Dados: Teoria, Modelos e Aplicações**. 2.ed. UFV, 2020.

GIMENEZ, Ana Maria Nunes; BONACELLI, Maria Beatriz Machado; BAMBINI, Martha Delpino. 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.

LETA, Fabiana Rodrigues *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, Ariel Gustavo; BITTENCOURT, Mauricio Vaz Lobo; VILA, Luis E. Análise Comparativa da Eficiência das Universidades Federais entre as Regiões Brasileiras (2010 a 2016). **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. 2020.

LUNDEVALL, Bengt-Åke. **The learning economy and the economics of hope**. Anthem Press, 2016.

MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. 2021. **Indicadores Nacionais de Ciência Tecnologia e Inovação - Indicadores CT&I**. Disponível em: < https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/indicadores_cti.html >. Acesso em 30 de julho de 2021.

MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação – 2020**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: < https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/indicadores/arquivos/Indicadores_CTI_2020.pdf >. Acesso em 30 de novembro de 2021.

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

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

RIBEIRO, Luana da Silva. **O Marco Legal (CT&I) no Sistema Nacional de Inovação do Brasil: Uma Avaliação de Indicadores Selecionados.** Dissertação (Mestrado em Economia). Programa de Pós-Graduação em Economia. Universidade Estadual Paulista. Araraquara, SP, 2019.

SOETE, Luc; VERSPAGEN, Bart; TER WEEL, Bas. **Systems of Innovation.** United Nations University-Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (UNU-MERIT), 2009.