UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM
DE SISTEMAS COMPLEXOS

GUILHERME DE ROSSO MANÇOS

**Mobilidade acadêmica internacional e colaboração científica:
subsídios para avaliação do programa Ciência sem Fronteiras**

São Paulo
2017

GUILHERME DE ROSSO MANÇOS

**Mobilidade acadêmica internacional e colaboração científica:
subsídios para avaliação do programa Ciência sem Fronteiras**

Versão corrigida

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Modelagem de Sistemas Complexos.

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 13 de março de 2017. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH/USP e na Biblioteca de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Área de Concentração:
Sistemas Complexos

Orientador:
Prof. Dr. Fernando de Souza Coelho

São Paulo
2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)

Manços, Guilherme de Rosso

Mobilidade acadêmica internacional e colaboração científica :
subsídios para avaliação do programa Ciência sem Fronteiras /
Guilherme de Rosso Manços ; orientador, Fernando de Souza Coelho.
– São Paulo, 2017.

143 f. : il

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-
Graduação em Modelagem de Sistemas Complexos, Escola de
Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo.
Versão corrigida.

1. Pesquisa científica. 2. Políticas públicas. 3. Intercâmbio de
alunos. 4. Bibliometria. 5. Redes complexas. 6. Ciência sem
Fronteiras. I. Coelho, Fernando de Souza, orient. II. Título

CDD 22.ed.– 507.2

Nome: MANÇOS, Guilherme de Rosso

Título: Mobilidade acadêmica internacional e colaboração científica: subsídios para avaliação do programa Ciência sem Fronteiras

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Modelagem de Sistemas Complexos.

Área de Concentração:
Sistemas Complexos

Aprovado em: 13/03/2017

Banca Examinadora

Prof. Dr. Fernando de Souza Coelho (Presidente)

Universidade de São Paulo

Escola de Artes, Ciências e Humanidades

Profª Drª Flávia Mori Sarti

Universidade de São Paulo

Escola de Artes, Ciências e Humanidades

Prof. Dr. Rogério Mugnaini

Universidade de São Paulo

Escola de Comunicação e Artes

Prof. Dr. Jorge Almeida Guimarães

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho à minha família, aos meus mestres e ao Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro a este projeto.

Aos meus pais, Ana Rosso e Tarcisio Manços, pelo incentivo intelectual, financeiro, ético, moral, e por todos os bons valores transmitidos a mim. Ao meu irmão Giovanni por ter me mostrado o caminho da graduação e depois do mestrado. À minha irmã Priscila Costa por estar sempre entusiasmada e feliz para qualquer tipo de diálogo. À minha madrinha Fatinha por ser a minha primeira lembrança de incentivo a seguir uma carreira em ciências ainda na infância. À tia Carmem Spotti por sempre estar disposta a debater sobre a academia e metodologia científica em suas visitas a São Paulo. À Maylana Spricigo por ser minha parceira e ter me acompanhado intensamente no último ano. À Magda, Urbano e Renato Custódio por me receberem em São Paulo e à Luisa e Thaisa por compartilharem o apartamento 2A.

Ao professor Fernando Coelho pela mentoria, paciência e orientação. Ao professor Gustavo Zampier por ter sido o primeiro a me apresentar a área de sistemas complexos e orientar uma pesquisa. Aos professores Efrain Pantaleon, Zulmara Carvalho, Sebastião de Oliveira e Carla Cabral da Escola de Ciências e Tecnologia (ECT) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) pela mentoria e ensinamentos sobre Ciência, Tecnologia, Inovação e Sociedade.

Aos professores Camilo Neto, Carlos Brito, Fernando Ferreira, Jaime Crozatti, Patrícia Mendonça, xará Guilherme Ary Plonski e Alberto Pfeifer pelas disciplinas do mestrado e conhecimentos compartilhados. Ao Dudu Couto, enquanto no CGEE, pela comunicação e acesso a informações relevantes. À Luisa Guimarães e Lucas Almeida pelas discussões e trabalhos conjuntos que contribuíram para esta dissertação. Aos demais colegas da pós-graduação por todos os debates e momentos compartilhados em sala de aula, na salinha da pós, em eventos ou em confraternizações.

Ao programa Ciência sem Fronteiras (CsF) por ter transformado a minha vida. À Diretoria de Relações Internacionais (DRI) da CAPES e toda a sua equipe pelo trabalho com a implementação do CsF, pelo entusiasmo em trabalhar por um país melhor e pelos cappuccinos com chocolate. Aos companheiros da Rede CsF por tudo o que fizeram, fazem e farão. A todas as demais pessoas que de alguma forma contribuíram para a construção deste trabalho.

“Essentially, all models are wrong, but some are useful.”

(BOX, 1987, p. 424)

RESUMO

MANÇOS, Guilherme de Rosso. **Mobilidade acadêmica internacional e colaboração científica:** subsídios para avaliação do programa Ciência sem Fronteiras. 2017. 143 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem de Sistemas Complexos) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Versão corrigida.

O presente trabalho, inserido em uma proposta interdisciplinar de pesquisa entre sistemas complexos e políticas públicas, teve como intuito prover subsídios para a avaliação do programa Ciência sem Fronteiras (CsF), especialmente no contexto de políticas públicas de internacionalização e de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). O programa visa promover a consolidação, expansão e internacionalização da ciência e tecnologia, da inovação e da competitividade brasileira por meio do intercâmbio e da mobilidade internacional. A pesquisa examinou o ciclo de formulação, implementação e avaliação do programa para investigar se o investimento em mobilidade acadêmica internacional pode ser um mecanismo efetivo para fomentar a colaboração científica internacional. Inicialmente, foi entendido que o Brasil possui dois problemas fundamentais no campo de CT&I: i) déficit na formação de recursos humanos qualificados; e ii) baixa inserção científica e tecnológica no cenário internacional. Visto o problema, a formulação do CsF insere-se como parte da solução dentro de uma agenda estratégica nacional elaborada pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. Após quatro anos de implementação, em 2015 o programa atingiu a meta de conceder 101 mil bolsas de intercâmbio acadêmico, mas extrapolou em mais de três vezes o orçamento previsto. Entretanto, teve um efeito positivo para o aumento da oferta de bolsas no exterior em todas as áreas (inclusive as não contempladas pelo programa) e não interferiu nos recursos financeiros das bolsas de formação no país. Com o uso de dados bibliométricos, foram encontrados indícios de que o programa foi capaz de estimular e manter a colaboração internacional entre pesquisadores. Todavia, ainda não é possível afirmar se os efeitos são significativos ou não, por isso se faz necessário avaliações futuras sobre a influência do programa nas mais diversas disciplinas científicas e nas respectivas redes de coautorias, além de estudos sobre outras questões que derivam do trabalho. Devido a dificuldades específicas com coleta e uso de dados durante o processo avaliativo, o trabalho recomenda: i) que bancas de especialistas compilem grupos de palavras-chave que caracterizem as áreas científicas; ii) que dados sobre o Ciência sem Fronteiras disponíveis para visualização sejam também disponíveis para *download*; e iii) que a Plataforma *Lattes* inclua no currículo dos pesquisadores a opção de registro sobre o programa de bolsas a que foram vinculados. Por fim, o trabalho ressalta o entendimento de que o programa Ciência sem Fronteiras foi positivo no sentido de aumentar a visibilidade internacional da educação superior brasileira e inseriu as universidades e outras instituições brasileiras em programas de cooperação internacional no campo da pesquisa. Neste sentido, recomenda-se que o Brasil deve envidar esforços para manter uma política pública de mobilidade acadêmica internacional, mesmo que em dimensões menores e de maneira reformulada.

Palavras-chave: Mobilidade Acadêmica Internacional. Ciência sem Fronteiras (CsF). Coautoria. Bibliometria. Redes Complexas.

ABSTRACT

MANÇOS, Guilherme de Rosso. **International academic mobility and scientific collaboration:** subsidies for the evaluation of Brazil Science without Borders program. 2017. 143 f. Dissertation (Master of Science in Modeling of Complex Systems) – School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2017. Corrected Version.

This work, as part of an interdisciplinary proposal of research between complex systems and public policies, intends to provide subsidies for the evaluation of the Brazil Science without Borders (SwB) program, especially in the context of Science, Technology and Innovation (ST&I) and internationalization public policies. The program sought to promote the consolidation, expansion and internationalization of Brazilian science and technology, innovation and competitiveness through exchange and international mobility. The research examined the program's formulation, implementation and evaluation cycle to investigate whether investment in international academic mobility could be an effective mechanism to foster international scientific collaboration. Firstly, Brazil has two fundamental problems in the field of ST&I: i) deficits in the formation of qualified human resources; and ii) low scientific and technological insertion in the international scenario. Given these problems, the creation of the SwB was part of a solution within a national strategic agenda of improving Brazil's standing within the fields of ST&I. From its inception to its conclusion four years later, the program achieved the goal of granting 101,000 exchange scholarships, but went three times over budget. However, SwB had a positive effect by increasing overseas scholarship offerings in all areas (even those not explicitly covered by the program) and did not interfere with the financial resources of the scholarship grants in the country. The use of bibliometric data has shown that the program was able to stimulate and maintain international collaboration among researchers. However, it is not yet possible to state whether the effects are significant or not, so it is necessary to evaluate the influence of the program in different scientific disciplines and in their respective co-authorship networks, as well as other issues derived from the work. Because of specific difficulties in collecting and using data during the evaluation process, this dissertation recommends: i) that expert panels compile groups of keywords that characterize the scientific disciplines; ii) that data on Science without Borders available for visualization also become available for download; and iii) that the Lattes Platform includes in the researchers' curriculum the option of registering the scholarship program they were linked to. Finally, the paper acknowledges that the Science without Borders program improved the international visibility of Brazil's higher education and inserted universities and other Brazilian institutions into international research cooperation programs. In this sense, the author recommends that Brazil should make efforts to maintain such a public policy of international academic mobility, even in a reduced or reformed format.

Keywords: International Academic Mobility. Science without Borders (SwB). Co-authorship. Bibliometrics. Complex Networks.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definições sobre Sistema de Inovação compiladas pela UNCTAD 2011	24
Quadro 2 – Caracterização e missão e/ou competências das principais entidades do sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação	29
Quadro 3 – Desafios e eixos de sustentação da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação	31
Quadro 4 – Por que internacionalização é importante para IES e governos?	36
Quadro 5 – Razões por que sistemas podem ser considerados complexos	58
Quadro 6 – Rótulos de campo para Pesquisa Avançada na base Web of Science ..	77
Quadro 7 – Estratégia de recuperação na WoS: passo 1	78
Quadro 8 – Estratégia de recuperação na WoS: passo 2 (CGEE, 2013)	79
Quadro 9 – Estratégia de busca na WoS: passo 3, palavras refinadas	79
Quadro 10 – Estratégia de busca na WoS: passo 4, buscas combinadas	80
Quadro 11 – Programas prioritários da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2012-2015 e áreas contempladas pelo Ciência sem Fronteiras	97
Quadro 12 – Procedimentos comparativos entre análise de redes e análise de redes baseada em agentes	120

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Número de bolsas no exterior implementadas pelo CNPq no período 1952-2015	42
Gráfico 2 – Número de bolsas no exterior implementadas pela CAPES no período 1998-2015	42
Gráfico 3 – Distribuição total de bolsas do CsF implementadas por país de destino (30+).....	46
Gráfico 4 – Distribuição total de bolsas do Ciência sem Fronteiras implementadas por área prioritária	48
Gráfico 5 – Distribuição total de bolsas do Ciência sem Fronteiras implementadas por estado de origem	49
Gráfico 6 – Distribuição total de bolsas do Ciência sem Fronteiras, instituição de origem: Universidade de São Paulo. a) por formação (em porcentagem); b) por modalidade (absoluto).....	49
Gráfico 7 – Distribuição de bolsas do Ciência sem Fronteiras implementadas para a área prioritária Biodiversidade e Bioprospecção (a) por formação e (b) por modalidade.....	76
Gráfico 8 – Dispersão entre investimento em P&D como porcentagem do Produto Interno Bruto (PIB) e pesquisadores em P&D por milhão de habitantes	91
Gráfico 9 – Número de artigos brasileiros indexados pela Scopus e percentual em relação ao mundo no período de 1996 a 2015.....	92
Gráfico 10 – Países com os 30 maiores Índice H acumulado no período 1996-2015, por ordem decrescente	93
Gráfico 11 – Evolução dos pedidos de patentes internacionais do Brasil no período de 1999 a 2013	94
Gráfico 12 – Comparativo dos Estados Unidos, Japão, China, Alemanha, Coreia e Brasil quanto à evolução dos pedidos de patentes internacionais no período de 1999 a 2013	94
Gráfico 13 – Investimentos do programa Ciência sem Fronteiras (CAPES + CNPq) ano a ano 2011-2015	100
Gráfico 14 – Número de bolsas no exterior implementadas pelo CNPq por modalidade no período 1980-2014	101

Gráfico 15 – Investimento (em milhares de R\$) do CNPq em bolsas no exterior, por modalidade, no período de 2011 a 2014.....	102
Gráfico 16 – Bolsas no exterior concedidas pela CAPES, em porcentagem por grande área, no período 1998-2015.....	103
Gráfico 17 – Número de bolsas no país concedidas pela CAPES, por grande área, no período 1998-2014	105
Gráfico 18 – Parcela de países envolvidos em publicações internacionais: 1980 – preto, 1990 – cinza, 2000 – branco	107
Gráfico 19 – Evolução de bolsas de pós-graduação no exterior pelo CNPq e a porcentagem das publicações científicas do Brasil com coautoria internacional (1980-2015)	109
Gráfico 20 – Distribuição de bolsas do CsF implementadas por país	110
Gráfico 21 – Dispersão log-log entre a quantidade de publicações científicas em 2015 e o índice H acumulado no período de 1996 a 2015 de 231 países	111
Gráfico 22 – Dispersão log-log entre a quantidade de publicações científicas em 2015 e o índice H acumulado no período de 1996 a 2015 dos 20 países que mais receberam bolsistas do programa CsF	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de CT&I: atores, necessidades e resultados, contexto	25
Figura 2 – Concepção estatística do modelo de Tríplice Hélice I.....	26
Figura 3 – Modelo “laissez-faire” das relações universidade-indústria-governo.....	27
Figura 4 – Configuração balanceada das relações Universidade-Indústria-Governo .	27
Figura 5 – Articulação da política de CT&I com as principais políticas de Estado e a integração dos atores	32
Figura 6 – Estrutura baseada em políticas para indicadores de ciência, tecnologia e inovação	34
Figura 7 – Fluxograma com o <i>framework</i> metodológico do Índice de Universidades Empreendedoras	38
Figura 8 – Ilustração em fluxograma do Ciclo de Políticas Públicas	53
Figura 9 – Exemplos de Sistemas Complexos: a) Colônia de formigas, b) vista aérea noturna da cidade de Boa Vista, c) aglomeração de pessoas no sistema de metro, d) neurônios do sistema nervoso (representação artística)	60
Figura 10 – Diferentes topologias de redes.....	61
Figura 11 – Grafo de adjacências entre unidades federativas brasileiras	62
Figura 12 – Exemplo de rede aleatória com 100 nós e probabilidade de 8% de conexão. A coloração dos nós representa o grau de conexão de cada nó, quanto mais escuro maior o grau	63
Figura 13 – Processo de reconexão aleatória a partir de uma estrutura de anel regular à uma rede aleatória, sem alterar o número de vértices ou arestas do grafo	65
Figura 14 – Exemplo de grafo para uma rede <i>scale-free</i>	66
Figura 15 – Relação entre conceitos de análise quantitativa da ciência e indicadores de CT&I	67
Figura 16 – Exemplo de publicação científica em coautoria nacional	69
Figura 17 – Exemplo de publicação científica em coautoria internacional	70
Figura 18 – Redes de coautorias internacionais para os anos de 1998 e 2011	71
Figura 19 – Fluxograma de delimitação metodológica	75
Figura 20 – Matriz de dados bibliométricos no software VantagePoint	82
Figura 21 – Mapa de coautorias internacionais para a área de biodiversidade e bioprospecção no ano de 2011	83

Figura 22 – Comparativo de publicações científicas e artigos em coautoria entre países nos anos 1998 e 2008	106
Figura 23 – Porcentagem do PIB com despesas em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para o quinquênio 2011-2015.....	113
Figura 24 – Mapa de bolsistas do Ciência sem Fronteiras pelo mundo	114
Figura 25 – Evolução da rede de coautorias – período de a) 2010, b) 2011 e c) 2012, de acordo com os dados extraídos da base Web of Science.....	115
Figura 26 – Grafo de coautorias dos artigos # de 2013 e ## de 2015, sendo a) conexões entre todos os autores e b) conexões apenas de EFO	119
Figura 27 – Publicação científica em coautoria internacional do bolsista do Ciência sem Fronteiras Eduardo Ferracionali-Oda	136
Figura 28 – Informações sobre a mobilidade acadêmica internacional do bolsista do Ciência sem Fronteiras Eduardo Ferracioli-Oda na ferramenta Bolsistas pelo Mundo.....	137
Figura 29 – Produção bibliográfica do pesquisador Eduardo Ferracioli-Oda no currículo Lattes	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores de internacionalização e seus pesos nos rankings universitários	37
Tabela 2 – Principais 15 países de origem dos estudantes internacionais nos Estados Unidos nos biênios 2012/13 e 2013/14	43
Tabela 3 – Panorama geral da implementação de bolsas do programa Ciência sem Fronteiras de 2012 até janeiro de 2016.....	47
Tabela 4 – Comparativo da distribuição percentual de bolsas do Ciência sem Fronteiras, por modalidade, entre a meta global, bolsas implementadas (geral) e bolsas implementadas (USP).....	50
Tabela 5 – Concluintes em Ciências, Matemática e Computação por subárea e por tipo de IES no ano de 2010	90
Tabela 6 – Crescimento absoluto e percentual do número de pedidos de patentes internacionais entre os anos de 1999 e 2013 dos países Estados Unidos, Japão, China, Alemanha, Coreia e Brasil.....	95
Tabela 7 – Valores de mensalidades de bolsas no exterior para o programa Ciência sem Fronteiras	98
Tabela 8 – Valores de mensalidades de bolsas no país para o programa Ciência sem Fronteiras	99
Tabela 9 – Custo médio anual por bolsista do Ciência sem Fronteiras de acordo com a modalidade de bolsa	99
Tabela 10 – Crescimento comparativo de bolsas no exterior pelo CNPq, por modalidade, entre os anos 2011 e 2015	101
Tabela 11 – Investimentos (em milhares de R\$) do CNPq em bolsas no exterior, por modalidade, no período de 2010 a 2014.....	102
Tabela 12 – Crescimento de bolsas no exterior implementadas pela CAPES entre os anos 2011 e 2015, por grande área	104
Tabela 13 – Brasil no ranking mundial de publicações científicas para áreas selecionadas (2008-2012).....	118

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A&A	Avaliação e Acompanhamento
ABC	Academia Brasileira de Ciências
ABM	Agent Based Modeling (Modelagem Baseada em Agentes, em português)
AHCI	Art and Humanities Citation Index
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BLV	Boltzmann-Lotka-Volterra
BRAFITEC	Brasil France Ingénieur Tecnologia
BRICS NU	BRICS Network University (Universidade em Rede do BRICS, em português)
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCC	Consórcio de Instituições Comunitárias de Ensino Superior
CCT	Conselho Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
CCT ¹	Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática ¹
CGEE	Centro de Gestão de Estudos Estratégicos
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COFECUB	Comitê Francês de Avaliação da Cooperação Universitária e Científica com o Brasil
CONFAP	Conselho Nacional das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CONSECTI	Conselho Nacional de Secretários de Ciência, Tecnologia e Inovação
CsF	Ciência sem Fronteiras
CSS	Complex Systems Society
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
DRI	Diretoria de Relações Internacionais
ECT	Escola de Ciências e Tecnologia

¹ O Conselho Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação e a Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática do Senado Federal possuem a mesma sigla, por isso foram diferenciadas nesta dissertação por uma identificação sobrescrita: CCT e CCT¹, respectivamente.

EFO	Eduardo Ferracioli-Oda
EMBRAPII	Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
ENCTI	Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
EUA	Estados Unidos da América
FAPEMIG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FAPs	Fundações de Amparo à Pesquisa
FAUBAI	Associação Brasileira de Educação Internacional
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GEOCAPES	Sistema de Informações Georreferenciadas da CAPES
HCBU	Historically Black Colleges and Universities
ICTs	Instituições Científicas e Tecnológicas
IES	Instituições de Ensino Superior
IIE	Institute of International Education
INCTs	Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPRs	Intellectual Property Rights (Direitos de Propriedade Intelectual, em português)
IsF	Idiomas sem Fronteiras
LOA	Lei Orçamentária Anual
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MCTIC	Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MEC	Ministério da Educação
MERCOSUL	Mercado Comum do Sul
MHB	Michael H. Bloch
NAE	National Academy of Engineering
NAM	National Academy of Medicine
NAS	National Academy of Science
NRC	National Research Council
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
OS	Organizações Sociais
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
PAC	Plano de Aceleração do Crescimento

PACTI	Plano de Ação em Ciência, Tecnologia & Inovação
PBDCTs	Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológicos
PCT	Patent Cooperation Treaty
PDA	Política de Desenvolvimento da Agropecuária
PDE	Plano de Desenvolvimento da Educação
PDP	Política de Desenvolvimento Produtivo
PDS	Plano de Desenvolvimento da Saúde
PEC-G	Programa de Estudantes-Convênio de Graduação
PEC-PG	Programa de Estudantes-Convênio de Pós-Graduação
PIB	Produto Interno Bruto
PNE	Plano Nacional de Educação
PPCP	Programa de Projetos Conjuntos de Pesquisa
PPG	Programa de Pós-Graduação
QS	Quacquarelli Simonds
RUF	Ranking Universitário Folha
SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
SCI	Science Citation Index
SECyT	Secretaría de Ciencia y Tecnología
SNCTI	Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
SSCI	Social Sciences Citation Index
THE	Times Higher Education
TI	Tecnologia da Informação
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UIS	UNESCO Institute for Statistics
UMAP	University Mobility in Asia and the Pacific
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNIBRAL	Programa de Parcerias Universitárias Brasil-Alemanha
USP	Universidade de São Paulo
WoS	Web of Science

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1	Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação	23
2.1.1	Conceituando Sistemas de Inovação	24
2.1.2	Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI)	28
2.1.3	Indicadores de CT&I	33
2.1.4	Internacionalização	35
2.2	Mobilidade Acadêmica Internacional	39
2.2.1	Bolsas no exterior	41
2.2.2	O programa Ciência sem Fronteiras (CsF)	44
2.2.3	Implementação e Resultados do CsF	46
2.3	Avaliação de Políticas Públicas	51
2.4	Redes e Bibliometria	56
2.4.1	Redes Complexas	57
2.4.2	Bibliometria e Redes de Coautorias	67
3	PROPOSTA DE AVALIAÇÃO METODOLÓGICA DO CIÊNCIA SEM	
	FRONTEIRAS	72
3.1	A proposta do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)	73
3.2	Modelo de Simulação Boltzmann-Lotka-Volterra: uma alternativa	84
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
4.1	Formação de Recursos Humanos e Produção De Conhecimento	89
4.2	Agências de Fomento: bolsas e investimentos	98
4.3	Colaboração Científica Internacional	106
4.3.1	Discussão sobre a proposta metodológica do CGEE	115
4.3.2	Novas proposições metodológicas de avaliação do CsF	117
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
	REFERÊNCIAS	127
	APÊNDICE A – Bolsista do Ciência sem Fronteiras com publicação em	
	coautoria internacional	136
	ANEXO I – Repercussão da pesquisa na mídia	139
	ANEXO II – Convite para Audiência Pública (Ofício Senado Federal)	140
	ANEXO III – Projeto de Lei do Senado nº 798, de 2015	141

1 INTRODUÇÃO

A presente dissertação, inserida em uma proposta interdisciplinar de pesquisa, tem como intuito colaborar com a avaliação do programa Ciência sem Fronteiras (CsF), especialmente no contexto de políticas públicas de internacionalização e de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). Criado em 2011 pelo governo federal, foi formulado com o objetivo de “promover a consolidação, expansão e internacionalização da ciência e tecnologia, da inovação e da competitividade brasileira por meio do intercâmbio e da mobilidade internacional” (BRASIL, 2011). Em quatro anos, no período de 2012 a 2015, o programa concedeu bolsas a 101 mil estudantes e pesquisadores brasileiros para realizarem intercâmbio acadêmico em diversas instituições de ensino superior do mundo, de forma que alunos de graduação e pós-graduação estabeleceram contato com sistemas educacionais competitivos em relação à tecnologia e inovação através de experiências de pesquisa e estágio no exterior. Além disso, o CsF buscou atrair pesquisadores do exterior para se fixarem no Brasil ou para estabelecerem parcerias com os pesquisadores brasileiros nas áreas prioritárias definidas pelo programa.

Dada a implementação recente do Ciência sem Fronteiras, as pesquisas de monitoramento e avaliação também são recentes. É possível identificar alguns trabalhos já publicados, sejam dissertações, artigos ou relatórios, sobre determinadas perspectivas de interesse como: **gestão do programa** (CASTRO et al., 2012; AVEIRO, 2014; BRASIL, 2015; OLIVEIRA, E., 2015; REDE CSF, 2015); **internacionalização e relações internacionais** (LUCCHESI; MALANGA, 2014; THIENGO; MARI, 2014; OLIVEIRA, J., 2015; BIDO, 2015; GUIMARÃES-IOSIF, 2016; DUTRA; AZEVEDO, 2016); **línguas estrangeiras e programa Idiomas sem Fronteiras** (IsF) (SOARES, 2014; DORIGON, 2015; MARTINS; REIS, 2015; ARCHANJO, 2015, 2016; BORGES; GARCIA-FILICE, 2016); bem como **formação e currículo** (SANTOS, 2014; CHAVES, 2015; GRIECO, 2015; CONCEIÇÃO; FRANÇA, 2016; OLIVEIRA, 2016). O debate também se faz em eventos, simpósios e congressos organizados pelas universidades, pelo governo, pelos parceiros do programa e pela Rede CsF, a associação de bolsistas e ex-bolsistas do Ciência sem Fronteiras. Em complemento, há diversos relatos de experiências individuais e cobertura da mídia acerca do programa, especialmente sobre críticas a sua gestão e implementação, e elogios às histórias de bolsistas que foram destaques.

Todavia, ainda não se explorou a perspectiva do impacto do Ciência sem Fronteiras em produção de conhecimento e colaboração científica internacional. Neste momento, se faz necessário aperfeiçoar metodologias existentes e também propor novas abordagens de avaliação nessa dimensão de produção de conhecimento. Para Gil (1987), um problema deve ser formulado como pergunta, deve ser claro, preciso, empírico, suscetível de solução e deve ser delimitado a uma dimensão viável. Para tanto, as seguintes perguntas refletem o problema de pesquisa que norteará o trabalho:

Como o programa Ciência sem Fronteiras pode ser avaliado? E de forma mais específica, o investimento em mobilidade acadêmica internacional pode ser um mecanismo para fomentar a colaboração científica internacional?

A problemática desta pesquisa torna-se importante pela existente demanda para a avaliação de impacto e resultados do Ciência sem Fronteiras frente às grandes cifras de investimento público dedicadas ao programa e à opinião pública que divide-se entre apoiadores e críticos. Explicita-se também a relevância de integrar conhecimentos de sistemas complexos para colaborar com a avaliação de políticas públicas, interdisciplinaridade esta que é recente no campo da pesquisa científica.

Do ponto de vista teórico-conceitual, Souza (2006) diz que a política pública é um campo multidisciplinar e que as teorias da política pública precisam explicar as inter-relações entre Estado, política, economia e sociedade. Furtado, Sakowski e Tóvolli (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA, 2015) indicam que políticas públicas podem ser aplicadas a diferentes questões que envolvem o público e a ampla comunidade de cidadãos, além de empresas e instituições. Estes autores também indicam que políticas públicas abarcam uma vasta série de questões setoriais, que por sua vez podem ser entrelaçadas, assíncronas e sobrepostas. Ainda de acordo com Furtado, Sakowski e Tóvolli, tal entendimento cruzado entre sistemas complexos e políticas públicas “sugere que a maioria dos objetos de políticas públicas – sejam eles de natureza econômica ou urbana, de consequências ambientais ou políticas – podem ser vistos como sistemas complexos”. O entendimento de sistemas complexos e suas aplicações é um campo de crescente interesse de pesquisa. Programas de Pós-Graduação (PPGs) e institutos ao redor do mundo estão especializando-se em certos tópicos de pesquisa, a destacar os estudos sobre complexidade e áreas relacionados. Em uma perspectiva abrangente, um sistema complexo poderia ser distinguido como um sistema com muitas partes ou elementos

heterogêneos interagentes em que as macro características do sistema não podem ser observadas apenas ao olhar as unidades e as interações locais. A modelagem ou apresentação de sistemas complexos pode, em muitos casos, ser representada por redes complexas. Por sua vez, redes podem ser estudadas a partir da teoria de grafos (NEWMAN; BARABASI; WATTS, 2006; COMPLEX SYSTEMS SOCIETY, 2015).

Utilizando-se de metodologias bibliométricas, que por sua vez estudam os indicadores de produção de conhecimento científico, uma das intenções deste estudo era analisar a influência do programa Ciência sem Fronteiras nas redes de coautorias internacionais entre países. O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) elaborou, em 2013, uma proposta metodológica de avaliação do Ciência sem Fronteiras em quatro dimensões de avaliação, sendo uma delas a dimensão de produção de conhecimento e internacionalização da ciência brasileira ao propor justamente a análise de redes de coautorias internacionais a partir de dados bibliométricos.

A tentativa de executar a proposta de avaliação sugerida pelo CGEE não obteve êxito. Deste modo, a contribuição mais explícita do presente trabalho é a provisão de subsídios para a avaliação do programa Ciência sem Fronteiras, especialmente a partir de um compêndio sobre o histórico, justificativa e resultados de implementação do CsF, um levantamento e análise de dados que mostram indícios de uma influência positiva dos investimentos em bolsas de mobilidade acadêmica internacional em colaboração científica internacional no nível de pesquisadores, bem como questionamentos e sugestões para novas pesquisas em torno do tema de colaboração científica internacional.

A partir desta introdução, indica-se que a dissertação está dividida em outras quatro seções principais. A seção 2 apresenta a fundamentação teórica que dá base para a pesquisa e contempla: i) tópicos sobre políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação ao entender o que é um sistema nacional de inovação e quais são as estratégias brasileiras, além de apontar quais são os indicadores utilizados para o campo de CT&I; ii) uma discussão sobre mobilidade acadêmica internacional, com especial enfoque no programa Ciência sem Fronteiras, objeto de estudo deste trabalho, incluindo um panorama histórico e um descritivo de resultados alcançados; iii) aborda também um breve compêndio sobre a literatura de avaliação de políticas públicas; e iv) conceitos e aplicações sobre cooperação, redes e bibliometria.

A seção 3 apresenta a proposta de avaliação do programa Ciência sem Fronteiras desenvolvida pelo CGEE, com ênfase na dimensão de produção de conhecimento científico, e contempla também o desenvolvimento de um modelo teórico de simulação Boltzman-Lotka-Volterra para otimização de fluxos de gastos de programas de mobilidade acadêmica internacional.

A penúltima seção apresenta um entendimento do programa Ciência sem Fronteiras de acordo com a lógica do ciclo de políticas públicas e subdivide-se em três subseções: i) formação de recursos humanos e produção de conhecimento, dando evidência ao Brasil no contexto internacional, especialmente no período que antecede a implementação do CsF; ii) agências de fomento: bolsas e investimentos, abrangendo demonstrativos financeiros e quantitativos quanto ao número de bolsas implementadas pelo CsF, além de iniciar uma discussão sobre investimento em recursos humanos por grandes áreas do conhecimento; e iii) colaboração científica internacional, vislumbrando indícios sobre o investimento em mobilidade acadêmica internacional ser um possível mecanismo de fomento à colaboração científica internacional, discutindo limitações sobre a proposta do CGEE e indicando novas proposições metodológicas para avaliação do programa CsF.

Por fim, a seção 5 traz considerações finais, indicando possibilidades futuras de pesquisa que podem complementar as discussões das seções anteriores, e conclui o trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I)

Easton (1965), considerado um dos pais da área de políticas públicas, define uma política como um sistema, onde há relação entre formulação, resultados e o próprio ambiente. Há, na verdade, definições variadas sobre o que são políticas públicas. Algumas colocam o governo como ator que realiza atividades e os cidadãos como aqueles que são influenciados por tais atividades (LYNN, 1980; DYE, 1981; PETERS, 1986; MEAD, 1995). Outras trazem uma abordagem sobre políticas públicas com o papel de solucionar problemas políticos ou sociais. De toda maneira, é importante notar que as políticas públicas repercutem na economia e nas sociedades e, por isso, constituem um campo abrangente que pode abarcar diversas disciplinas – economia, ciência política, sociologia, antropologia, geografia, planejamento, gestão, ciências sociais aplicadas, engenharia, entre outras.

As políticas públicas de Ciência, Tecnologia e Inovação fazem, em particular, parte das estratégias de crescimento e competitividade dos países. Países desenvolvidos e em desenvolvimento constroem estratégias nacionais de CT&I, realizam grandes investimentos em formação de recursos humanos e em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Nessa conjuntura, atualmente estudam-se os sistemas de ciência, tecnologia e inovação.

Inovação surge das atividades de diversos atores, negócios, firmas multinacionais, startups, mas também de institutos pesquisa públicos ou universidades. Esses atores cooperam e competem uns com os outros. As suas atividades são determinadas pela disponibilidade de recursos financeiros e recursos humanos e pela demanda dos mercados ou para solucionar desafios ambientais ou sociais. O governo exerce um papel chave dinamizando e orientando esse sistema, ao influenciar condições estruturais e definir políticas de inovação. A habilidade de um país em gerar e se beneficiar de inovação depende primariamente desse sistema complexo. (OCDE, 2014. Tradução Nossa).

Os sistemas de CT&I envolvem diversos atores em competição e/ou cooperação, inserem-se em contextos políticos e econômicos, movimentam bastante dinheiro, caminham juntos ao desenvolvimento das nações. Por tais características pode-se considerar que os sistemas de inovação são sistemas complexos, entendidos de forma mais detalhada nas duas subseções a seguir.

2.1.1 Conceituando Sistemas de Inovação

A Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD²) 2011 compilou algumas referências que apresentam conceitos sobre Sistemas de Inovação, demonstradas no quadro 1.

Quadro 1 – Definições sobre Sistema de Inovação compiladas pela UNCTAD 2011

Definição	Autores	Ano
"... The network of institutions in the public- and private-sectors whose activities and interactions initiate, import, modify and diffuse new technologies"	Freeman	1987
"... The elements and relationships which interact in the production, diffusion and use of new, and economically useful knowledge ... and are either located within or rooted inside the borders of a nation State"	Lundvall	1992
"... The set of institutions whose interactions determine the innovative performance of national firms"	Nelson e Rosenberg	1993
"... The national system of innovation is constituted by the institutions and economic structures affecting the rate and direction of technological change in the society"	Edquist e Lundvall	1993
"... The system of interacting private and public firms (either large or small), universities, and government agencies aiming at the production of science and technology within national borders. Interaction among these units may be technical, commercial, legal, social, and financial, in as much as the goal of the interaction is the development, protection, financing or regulation of new science and technology"	Niosi <i>et al.</i>	1993
"... The national institutions, their incentive structures and their competencies, that determine the rate and direction of technological learning (or the volume and composition of change generating activities) in a country"	Patel e Pavitt	1994
"...System of interconnected institutions to create, store and transfer the knowledge and skills and artefacts which define new technologies"	Metcalfe	1995

Fonte: UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT, 2011. Adaptado.

² United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), em inglês.

Ao desenvolverem e realizarem atividades de inovação, os atores precisam ter acesso a descobertas científicas, habilidades e competências, tecnologia e inovação. Como resultado, a inovação é um significativo motor do desenvolvimento sustentável (HOPWOOD; MELLOR; O'BRIEN, 2005), promovendo crescimento econômico, inclusão social e ganhos ambientais. E o surgimento de oportunidades pode acontecer em um contexto de condições macroeconômicas favoráveis, robustez dos atores e do mercado, regulações competitivas de produtos e de trabalho, além do funcionamento de processos de direitos de propriedade intelectual (IPRs). Os atores, necessidades e resultados, bem como o contexto estão inseridos em um cenário globalizado e de cooperação internacional (OCDE, 2014). A figura 1 mostra um esquema visual com os principais atores e componentes desse sistema complexo.

Figura 1 – Sistema de Inovação: atores, necessidades e resultados, contexto

Fonte: OCDE, 2014. Adaptado.

A evolução dos sistemas de inovação reflete em uma variedade de arranjos institucionais entre universidade-indústria-governo. A relação entre esses três atores é denominada como o modelo da Tríplice Hélice (ETZKOWITZ, 1993; ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 1995). Em uma primeira variante, Tríplice Hélice I, o governo abarca a academia e indústria (figura 2), arranjo este encontrado na antiga União Soviética e em países socialistas da Europa Oriental. A interpretação é que todas as relações são mediadas e controladas pelo estado e, por conseguinte, universidade e indústria possuem relativamente poucas interações diretas.

Figura 2 – Concepção estatista do modelo de Tríplice Hélice I

Fonte: ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000. Reproduzido pelo autor.

A segunda configuração, denominada Tríplice Hélice II, consiste em uma separação institucional bem delimitada entre os três atores, ou também conhecido como modelo “laissez-faire” das relações universidade-indústria-governo (figura 3), e é tipicamente encontrado em economias liberais como Estados Unidos, Reino Unido e alguns países da Europa Ocidental. O governo fornece investimento para as universidades com o objetivo de formar força de trabalho para a indústria e a universidade, em contrapartida, produz conhecimento e mão de obra qualificada.

Figura 3 – Modelo “laissez-faire” das relações universidade-indústria-governo

Fonte: ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000. Reproduzido pelo autor.

E, finalmente, o modelo Tríplice Hélice III corresponde a uma infraestrutura de conhecimento que sobrepõe as esferas institucionais, com cada uma realizando em algum momento o papel da outra e também com organizações híbridas que emergem nas interfaces (figura 4). Atualmente, a maioria dos países estão tentando implementar esta configuração de arranjo.

Figura 4 – Configuração balanceada da relações Universidade-Indústria-Governo

Fonte: ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000. Reproduzido pelo autor.

De acordo com Etzkowitz e Leydesdorff (2000), autores responsáveis por conceituar, descrever e aprofundar o entendimento sobre o modelo de Tríplice Hélice,

o objetivo comum é desenvolver um ecossistema de inovação que crie empresas a partir das pesquisas e soluções criadas nas universidades, que fomente iniciativas híbridas para o desenvolvimento da economia baseada no conhecimento, que possua alianças estratégicas entre empresas de diferentes tamanhos e áreas de atuação, além de laboratórios públicos e grupos de pesquisa consolidados. O governo, neste arranjo mais desenvolvido, tem o papel de encorajar o funcionamento do sistema e não necessariamente controlá-lo.

2.1.2 Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI)

No Brasil, o órgão da administração direta federal responsável pela política nacional de pesquisa científica, tecnológica e inovação e pelo planejamento, coordenação, supervisão e controle das atividades de ciência e tecnologia é o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)³. A estrutura organizacional do MCTI é composta por órgãos de assistência direta e imediata ao Ministro de Estado, por órgãos específicos singulares, por unidades específicas, por unidades descentralizadas e por entidades vinculadas – destacam-se a fundação Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a empresa pública Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). O MCTI também possui contratos de gestão com organizações sociais (OS), a destacar o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPPII). O Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (CCT) é o órgão consultivo de assessoramento superior do Presidente da República. A comunidade científica é representada pela Academia Brasileira de Ciências (ABC) e pelas sociedades e associações científicas, que por sua vez são representadas pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). O Conselho Nacional de Secretários para Assuntos de Ciência, Tecnologia e Inovação (CONSECTI) faz o papel de representante das Secretarias Estaduais de Ciência, Tecnologia e Inovação e cada estado também possui agências de fomento conhecidas como Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs), que por sua vez têm interesses articulados pelo Conselho

³ Em 12 de maio de 2016, a partir da Medida Provisória (MP) 726/2016, posteriormente convertida na Lei nº 13.341/2016, o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) incorporou as funções do Ministério das Comunicações e passou a ser nomeado Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

Nacional das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (CONFAP). O quadro 2 caracteriza as instituições supracitadas em relação ao seu direito público ou privado e demonstra as suas missões e/ou competências e/ou finalidades.

Quadro 2 – Caracterização e missão e/ou competências e/ou finalidades das principais entidades do sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação

(continua)

Entidade	Caracterização	Missão e/ou competência e/ou finalidade
ABC	Privada, sem fins lucrativos	Contribuir para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, da educação e do bem-estar social do País.
CCT	Pública	Assessoramento superior do Presidente da República para a formulação e implementação da política nacional de desenvolvimento científico e tecnológico
CGEE	Privada, sem fins lucrativos	Subsidiar processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação, por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica baseados em ampla articulação com especialistas e instituições do SNCTI.
CNPq	Pública	Fomentar a Ciência, Tecnologia e Inovação e atuar na formulação de suas políticas, contribuindo para o avanço das fronteiras do conhecimento, o desenvolvimento sustentável e a soberania nacional.
CONFAP	Privada, sem fins lucrativos	b) Contribuir para o aperfeiçoamento da Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação e, também, para a formulação e avaliação de objetivos e diretrizes implementadas, definição de prioridades e alocação de recursos, visando ao aprimoramento do processo de desenvolvimento científico e tecnológico em todo território nacional; ⁴
CONSECTI	Privada, sem fins lucrativos	IV – Consolidar a articulação técnico-política e as diretrizes governamentais e o interesse da comunidade científica e tecnológica, fortalecendo e aperfeiçoando o Sistema Nacional mediante interação entre os Sistemas Estaduais; ⁵

⁴ Finalidade b) dentre 8 finalidades, disponível online em <<http://confap.org.br/news/estatuto-do-confap/>>.

⁵ Finalidade IV dentre 11 finalidades, disponível online em <<http://www.consecti.org.br/wp-content/uploads/2010/02/estatuto.pdf>>.

(conclusão)

EMBRAPII	Privada, sem fins lucrativos	Contribuir para o desenvolvimento da inovação na indústria brasileira através do fortalecimento de sua colaboração com institutos de pesquisas e universidades.
FAPs	Pública	Induzir e fomentar a pesquisa e a inovação científica e tecnológica para o desenvolvimento do Estado de Minas Gerais. ⁶
FINEP	Pública	Promover o desenvolvimento econômico e social do Brasil por meio do fomento público à Ciência, Tecnologia e Inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas.
MCTI	Pública	I - Política nacional de pesquisa científica, tecnológica e inovação; II - planejamento, coordenação, supervisão e controle das atividades da ciência e tecnologia. ⁷
SBPC	Privada, sem fins lucrativos	Contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico do País; lutar pela qualidade e universalidade da educação em todos os níveis; defender os interesses dos cientistas; promover a disseminação do conhecimento científico por meio de ações de divulgação da ciência; lutar pela remoção dos empecilhos e incompreensão que embaracem o progresso da ciência.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em termos de planejamento de CT&I para o país, a publicação do MCTI “Ciência, tecnologia e inovação: desafio para a sociedade brasileira – livro verde”, que data de 2001, apresentou resultados de amplo debate acerca do papel do conhecimento e da inovação para a aceleração do desenvolvimento social e econômico do país. O Plano de Ação em Ciência, Tecnologia & Inovação (PACTI) 2007-2010 inseriu-se de forma integrada e articulada no conjunto de planos elaborados para o segundo mandato do governo do presidente Luis Inácio Lula da Silva (PAC, PDE, PDP, PDS, PDA), definindo objetivos gerais, prioridades estratégicas, linhas de ação e metas de acordo com o marco legal, além de indicar a

⁶ Missão institucional da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas gerais (FAPEMIG), como exemplo de uma FAP. Disponível online em: <www.fapemig.br>.

⁷ Competências I e II dentre 7 competências, disponível em: <<http://www.mcti.gov.br/competencias>>.

elevação dos recursos aplicados no desenvolvimento do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

O último ciclo de planejamento implementado é demonstrado na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2012-2015. Afirma-se que ENCTI dá continuidade ao PACTI 2007-2010 e apoia-se na experiência acumulada em ações de planejamento das últimas décadas, a exemplo dos Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológicos (PBDCTs) nos anos 70 e pelo advento dos Fundos Setoriais no final dos anos 90. Esta estratégia destaca, portanto, a importância da CT&I como eixo estruturante do desenvolvimento do país (BRASIL, 2012).

A ENCTI 2012-2015 identifica cinco desafios para o país e define quatro eixos de sustentação (quadro 3). Dois desses desafios (destacados em negrito) explicitam diretamente o interesse do país em reduzir a defasagem científica e tecnológica entre Brasil e demais países, bem como o interesse pela inserção internacional. E dois eixos de sustentação (também em negrito) indicam anseios por fortalecimento da pesquisa nacional e pela formação e capacitação de recursos humanos para CT&I.

Quadro 3 – Desafios e eixos de sustentação da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI 2012-2015)

Desafios	Redução da defasagem científica e tecnológica que ainda separa o Brasil das nações mais desenvolvidas.
	Expansão e consolidação da liderança brasileira na economia do conhecimento da Natureza.
	Ampliação das bases para a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono.
	Consolidação do novo padrão de inserção internacional do Brasil.
	Superação da pobreza e redução das desigualdades sociais e regionais.
Eixos de sustentação da ENCTI	Promoção da Inovação nas Empresas.
	Novo padrão de financiamento público para o desenvolvimento científico e tecnológico.
	Fortalecimento da pesquisa e da infraestrutura científica e tecnológica.
	Formação e capacitação de recursos humanos.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações da ENCTI 2012-2015. Grifo nosso.

No que diz respeito ao financiamento de projetos de CT&I de instituições científicas e tecnológicas (ICTs) e de cooperação entre ICTs e empresas, os fundos setoriais configuram-se como mecanismos principais de apoio financeiro. O Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), existente desde 1969, executou um orçamento de R\$ 3.726.806,40 em 2014, distribuído para dezesseis fundos setoriais vinculados e três ações de caráter transversal (MCTI, 2015). A partir da Lei Orçamentária Anual (LOA) de 2014, o FNDCT passa a prever o aporte de recursos para a formação, capacitação e fixação de recursos humanos qualificados para CT&I, dirigidos especialmente para a concessão de bolsas de formação e aperfeiçoamento de recursos humanos junto ao programa Ciência sem Fronteiras.

De acordo com o exposto acima, a complexidade do SNCTI do Brasil pode ser caracterizada pelo envolvimento de diversos atores com a política nacional de CT&I, a qual tem necessidades e demanda de resultados e se articula com as principais políticas de Estado, inserida em um contexto sócio-político-econômico globalizado (figura 5).

Figura 5 – Articulação da política de CT&I com as principais políticas de Estado e a integração dos atores

Fonte: BRASIL, 2012.

Com o objetivo de embasar o entendimento sobre sistemas de inovação com um rigor científico e quantitativo, a subseção 2.1.3 define o que são indicadores e apresenta os indicadores utilizados no campo de ciência, tecnologia e inovação.

2.1.3 Indicadores de CT&I

Os indicadores são instrumentos de gestão utilizados para atividades de monitoramento e avaliação de organizações ou países, bem como seus projetos, programas e políticas (ANTAQ⁸, 2016). De acordo com o Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão (BRASIL, 2012), um indicador tem como principal finalidade mensurar um aspecto da realidade dada (situação social) ou construída (ação), de maneira a tornar operacional a sua observação e avaliação. Para a OCDE (2002, p.191), um indicador é um “parâmetro, ou valor calculado a partir dos parâmetros, fornecendo indicações sobre ou descrevendo o estado de um fenômeno, do meio ambiente ou de uma zona geográfica”.

De acordo com as Academias Americanas de Ciência (NAS⁹), de Engenharia (NAE¹⁰), de Medicina (NAM¹¹) e o Conselho Americano de Pesquisa (NRC¹²) (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2014), os indicadores de CT&I são vitais para fornecer um comparativo internacional aos gestores públicos e tomadores de decisão, além de auxiliar os países no que diz respeito ao uso dos recursos governamentais para fomento de ciências e engenharia. A figura 6 apresenta uma abordagem estrutural desenvolvida conjuntamente pela NAS, NAE, NAM e NRC explicitando um arranjo de quatro grupos de indicadores para CT&I: i) atores, ii) atividades, iii) conexões e iv) resultados. Entretanto, essa estrutura ainda é abrangente e não delimita métricas nem especificidades do que se pretende avaliar. A título de exemplificação, o indicador ‘Indivíduos’ do grupo (i) poderia ter diversos subindicadores como: a) porcentagem de diplomas de engenharia dentre o total de diplomas concedidos; b) formação de mestres e doutores; c) pesquisadores por milhão de habitantes; entre outros. A seleção apropriada dos indicadores, subindicadores e métricas que serão utilizados dependerá do que se pretende

⁸ Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ).

⁹ National Academy of Science (NAS), em inglês.

¹⁰ National Academy of Engineering (NAE), em inglês.

¹¹ National Academy of Medicine (NAM), em inglês.

¹² National Research Council (NRC), em inglês.

descrever, monitorar, observar, avaliar ou mensurar, sejam países ou instituições, inseridos em contextos de interesses regionais ou internacionais.

Figura 6 – Estrutura baseada em políticas para indicadores de ciência, tecnologia e inovação

Fonte: NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2014.

No Brasil, os Indicadores Nacionais de CT&I são entendidos como provedores de uma visão global do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação e seus diversos atores, permitindo a comparação com outros países e a realização de análises variadas das políticas de CT&I (BRASIL, 2016). O MCTI é o órgão responsável por consolidar e divulgar os Indicadores Nacionais de CT&I utilizados como referência no país. As séries históricas consolidadas são divididas em seis grupos de indicadores:

- Recursos aplicados (7 indicadores);
- Recursos humanos (8 indicadores);
- Bolsas de formação (14 indicadores)¹³;
- Produção científica (7 indicadores);
- Patentes (7 indicadores); e
- Inovação (6 indicadores);

¹³ As bolsas de formação correspondem às diversas modalidades de bolsas concedidas pelas agências de fomento CAPES e CNPq.

que por sua vez podem ser cruzados com dados socioeconômicos ou podem ser utilizados para comparativos internacionais, permitindo identificar o desempenho relativo do Brasil.

Para solidificar o entendimento sobre políticas de ciência, tecnologia e inovação em uma perspectiva internacional, apresenta-se brevemente na subseção a seguir alguns conceitos sobre internacionalização e os interesses dessa dimensão a partir de diferentes níveis institucionais.

2.1.4 Internacionalização

Globalização e internacionalização relacionam-se entre si, porém, segundo Altbach e Knight (2007), não são a mesma coisa. Para os autores, a globalização é o contexto de tendências econômicas e acadêmicas que são parte da realidade do século XXI. E internacionalização inclui as políticas e práticas executadas por sistemas acadêmicos e instituições – e até mesmo indivíduos – para lidar com o ambiente acadêmico global. Internacionalização também pode ser entendido como o processo de integrar uma dimensão internacional e cultural no funcionamento de ensino, pesquisa e extensão do ensino superior (KNIGHT, 1994). De acordo com Gacel-Ávila (2005, p.38), um processo de internacionalização é uma estratégia de mudança institucional que dá origem ao desenvolvimento de uma nova cultura, onde se valorizam “os enfoques internacionais, interculturais e interdisciplinares, permitindo assim a promoção e o apoio de iniciativas para a interação, a cooperação e o intercâmbio internacional”.

Dessa maneira, corroborado por diferentes autores, a internacionalização não é um objetivo em si, mas sim um processo para auxiliar as Instituições de Ensino Superior (IES) a melhorarem a qualidade do seu ensino, pesquisa e extensão ao integrarem uma dimensão internacional/intercultural em seu funcionamento (JIBEEN; KHAN, 2015; WIT, 1998).

No que diz respeito ao escopo desse processo, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (2012) considera que um dos principais objetivos de IES internacionalizadas é prover a educação mais relevante aos estudantes, os quais serão os cidadãos e empreendedores de amanhã. O processo de internacionalização também pode, neste sentido, prover benefícios claros

tanto para as instituições de ensino superior quanto para os governos, como demonstrado no quadro 4.

Quadro 4 – Por que internacionalização é importante para IES e governos?

NÍVEL INSTITUCIONAL	IMPORTÂNCIA
Instituições de Ensino Superior (IES)	Aumentar a visibilidade nacional e internacional;
	Aproveitar os pontos fortes da IES através de parcerias estratégicas;
	Ampliar a comunidade acadêmica que troca experiências sobre suas atividades (<i>benchmarking</i>);
	Mobilizar recursos intelectuais internos;
	Adicionar resultados de aprendizagem importantes e contemporâneos à experiência do estudante;
	Desenvolver grupos de pesquisas mais fortes.
Governos	Desenvolver sistemas nacionais de ensino superior em um quadro global mais vasto;
	Produzir uma qualificada força de trabalho com consciência global e competências multiculturais;
	Utilizar fundos públicos de ensino superior para promover participação nacional na economia global do conhecimento;
	Beneficiar do comércio de serviços educativos.

Fonte: OCDE, 2012. Adaptado. Tradução nossa.

Em sendo o setor acadêmico um dos atores no consolidado modelo da Tríplice Hélice e essencial articulador no SNCTI, faz-se necessário também analisar as universidades. A necessidade de comparar as capacidades dessas instituições tornou-se algo importante e o debate público é bastante enfático em torno dos rankings universitários (AXEL-BERG, 2015). Os dois rankings internacionais de maior

relevância são o Times Higher Education (THE) World University Ranking¹⁴ e o QS World University Rankings®¹⁵. No Brasil, destacam-se o Ranking Universitário Folha (RUF)¹⁶ e, mais recentemente, o Índice de Universidades Empreendedoras¹⁷.

Cada um destes rankings é consolidado a partir de indicadores agrupados em diferentes dimensões que possam caracterizar a universidade. Todos eles consideram a dimensão internacionalização ou perspectiva internacional, que é de maior interesse para este estudo. A tabela 1 apresenta quais são os indicadores para dimensão em questão e a contribuição do seu respectivo peso, em porcentagem, para a nota final de avaliação de cada ranking.

Tabela 1 – Indicadores de internacionalização e seus pesos nos rankings universitários

Ranking			Indicadores de internacionalização	Peso na nota final
Times Higher Education (THE)			% estudantes internacionais	2,5%
			% servidores e professores (staff) internacionais	2,5%
			Colaboração internacional	2,5%
Quacquarelli Simonds (QS)			% professores internacionais	5,0%
			% estudantes internacionais	5,0%
Ranking Universitário Folha (RUF)			Citações internacionais	2,0%
			Proporção de publicações em coautoria internacional	2,0%
Índice de Universidades Empreendedoras			% intercâmbios (mobilidade acadêmica internacional)	5,0%
			Pesquisa internacional (citações e coautorias)	5,0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebe-se que não há convergência dos indicadores que caracterizam internacionalização entre os diferentes rankings universitários. Enquanto o QS World University Rankings® considera apenas a proporção de estudantes e professores internacionais dentro do corpo acadêmico, o RUF considera apenas a parte de

¹⁴ Metodologia disponível em: <www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/methodology-world-university-rankings-2016-2017>.

¹⁵ Metodologia disponível em: <www.topuniversities.com/qs-world-university-rankings/methodology>.

¹⁶ Metodologia disponível em: <ruf.folha.uol.com.br/2016/o-ruf/ranking-universidades/>.

¹⁷ Metodologia disponível em: <redecfsf.org/universidades-empreendedoras>.

resultados em citações e publicações em coautorias internacionais. O THE World University Ranking também considera a proporção internacional do corpo acadêmico, porém inclui também a análise de colaboração internacional em pesquisas. O Índice de Universidades Empreendedoras, mais adaptado à realidade brasileira, considera os resultados em citações e publicações em coautorias internacionais, assim como o RUF, porém, diferentemente do THE e do QS, analisa a proporção do corpo acadêmico que realizou algum tipo de mobilidade acadêmica internacional.

A título de exemplificação, a figura 7 abaixo mostra a estrutura metodológica do Índice de Universidades Empreendedoras, contemplando um novo conceito de universidade caracterizado e medido por 14 indicadores agrupados em 6 dimensões. Este é o único ranking universitário em que é possível relacionar mobilidade acadêmica internacional e pesquisas internacionais.

Figura 7 – Fluxograma com o *framework* metodológico do Índice de Universidades Empreendedoras

Fonte: NEVES; ROSSO, 2016.

Considerando os fatores de importância da internacionalização para os diferentes níveis – estudantes, instituições, governos, etc. – é possível articular os diferentes atores para realizarem ações conjuntas em prol de benefícios comuns. E parte dessas

ações são os programas de mobilidade acadêmica internacional, discutidos a seguir na seção 2.2.

2.2 Mobilidade Acadêmica Internacional

A mobilidade acadêmica internacional de estudantes, professores e pesquisadores é uma forma de realizar estudos, treinamentos e pesquisas em instituições de outros países. Diversas nações desenvolvem programas de cooperação internacional visando a mobilidade acadêmica, sendo esta uma das atividades que mais se destacam no processo de internacionalização. É possível citar exemplos como: i) 100K Strong in the Americas (Estados Unidos), que tem como objetivo aumentar para 100.000 o número de estudantes norte-americanos na América Latina e Caribe até 2020, bem como aumentar para 100.000 o número de estudantes latino americanos e caribenhos nos Estados Unidos no mesmo período; ii) 100K US-China Strong (Estados Unidos), que entre 2010 e 2014 atingiu a meta de enviar 100.000 estudantes norte-americanos para a China; iii) Erasmus Mundus (União Europeia), criado em 2004 e inicialmente focado em bolsas de mestrado e doutorado para não-europeus, atualmente também fomenta consórcios institucionais para a promoção do ensino superior europeu; iv) Horizon 2020 (União Europeia), considerado o maior programa de pesquisa e inovação da União Europeia com orçamento disponível de €80 bilhões, foca no desenvolvimento da competitividade global da Europa através de fomento a pesquisa, inovação e bolsas para pesquisadores de qualquer nacionalidade; v) University Mobility in Asia and the Pacific (UMAP), iniciativa que compreende 35 países e cerca de 570 universidades participantes da região Ásia-Pacífico e que busca ter uma melhor compreensão dos sistemas culturais, econômicos e sociais da região, através de cooperação entre IES e aumento da mobilidade acadêmica de funcionários e estudantes universitários.

No Brasil, Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – atual Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agência de fomento vinculada ao Ministério da Educação (MEC) – foi criada em 1951 com o objetivo de "assegurar a existência de pessoal especializado em quantidade e qualidade suficientes para atender às necessidades dos empreendimentos públicos e privados que visam ao desenvolvimento do país". Em 1953 é implantado o Programa Universitário que, sob a supervisão do professor Anísio

Spínola Teixeira, contrata professores visitantes estrangeiros, estimula atividades de intercâmbio e cooperação entre instituições, concede bolsas de estudos e apoia eventos de natureza científica. Neste cenário, concedeu-se 79 bolsas no ano de 1953 e 155 no ano de 1954; para o referido biênio, as 234 bolsas se distribuíram em 34 para formação no país, 74 de aperfeiçoamento no país e 126 para aperfeiçoamento no exterior¹⁸. Também em 1951 surgiu o Conselho Nacional de Pesquisa (atual CNPq) com a finalidade de promover e estimular o desenvolvimento da investigação científica e tecnológica em qualquer domínio do conhecimento (BRASIL, 1951). Como atividade de fomento, em 1951 concedeu-se 75 bolsas divididas para as áreas de ciências físico-matemáticas, puras e aplicadas e de ciência biológicas, puras e aplicadas; para o ano de 1952, a Assessoria de Estatísticas e Informação do CNPq relata 145 beneficiários de bolsas no país e 43 no exterior¹⁹.

Ao longo das últimas três décadas, em nível governamental, destacam-se os programas de cooperação internacional coordenados pela Diretoria de Relações Internacionais da Coordenação de Pessoal de Nível Superior (DRI/CAPES). O objetivo principal é desenvolver as atividades da pós-graduação brasileira no contexto mundial. Em 1979 a CAPES criou o programa Capes/Cofecub, primeiro acordo de cooperação internacional da agência, que tem como objetivo o intercâmbio científico entre as instituições de ensino superior do Brasil e da França, bem como a formação de recursos humanos de alto nível nos dois países. Vigente até a atualidade, o programa tem editais anuais com novas oportunidades, já atendeu mais de 870 projetos, formou cerca de 3.000 doutores em várias as áreas do conhecimento e envolve 37 IES brasileiras e 64 IES francesas (COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR, 2016). Mais recentemente, as atividades também têm se voltado para a graduação.

Atualmente há cerca de 60 acordos bilaterais coordenados pela CAPES, ou seja, programas que fomentam projetos conjuntos de pesquisa entre grupos brasileiros e de algum outro país. É importante também ressaltar a existência de programas multinacionais, que envolvem mais de dois países, como: i) Programa de Estudante-Convênio de Graduação (PEC-G) e Pós-graduação (PEC-PG), voltado

¹⁸ Informações disponíveis no site da CAPES, seção 'Sobre a CAPES > História e missão'. Acesso em 20/10/2015.

¹⁹ Informações disponíveis no Centro de Memória do CNPq, seção 'CNPq Ano a Ano >Fomento e Bolsas > 1951 e 1952'. Acesso online em 20/10/2015: <<http://centrodememoria.cnpq.br/Fombols.html>>.

para receber alunos da África, América e Ásia em universidades brasileiras; ii) Programa CAPES PPCP-Mercosul²⁰, que visa estimular o intercâmbio de docentes e pesquisadores dos estados membros do Mercosul; iii) Universidade em Rede do BRICS (BRICS NU²¹), programa de cooperação internacional para pós-graduação entre Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul; iv) Programa Ciência sem Fronteiras; entre outros.

Existe um sem-número de outras iniciativas de cooperação internacional visando o intercâmbio acadêmico, sejam elas organizadas pelos governos, consórcios, agências de fomento e de inovação, ou mesmo através de acordos diretos entre as próprias universidades. No nível das instituições de ensino superior brasileiras, a gestão da internacionalização e da cooperação internacional é feita pelos escritórios, assessorias ou secretarias de relações internacionais das respectivas instituições. A Associação Brasileira de Educação Internacional (FAUBAI) é a organização responsável por reunir e compartilhar as boas práticas de internacionalização entre os mais de 180 gestores ou responsáveis por assuntos internacionais no ensino superior no Brasil, além de promover integração e capacitação dos profissionais da área.

A seguir, a subseção 2.2.1 apresenta e analisa brevemente o histórico e evolução dos dados sobre bolsas no exterior, a subseção 2.2.2 descreve o programa Ciência sem Fronteiras e a seção 2.2.3 traz dados de implementação e resultados do CsF.

2.2.1 Bolsas no exterior

A evolução do número de bolsas no exterior implementadas pela CAPES e CNPq segue uma tendência de crescimento lento até o ano de 2011, salvo um período de maior intensidade entre as décadas de 1980 e 1990 que se reduz em seguida. A partir de 2012, ano de implementação do Ciência sem Fronteiras, é possível observar um aumento significativo na implementação de bolsas no exterior pelo CNPq, como demonstra o gráfico 1.

²⁰ Programa de Projetos Conjuntos de Pesquisa (PPCP) - Mercado Comum do Sul (Mercosul).

²¹ BRICS Network University (BRICS NU), em inglês. BRICS é um acrônimo do grupo político de cooperação formado por Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.

Gráfico 1 – Número de bolsas no exterior implementadas pelo CNPq no período 1952-2015

Fonte: Elaborado pelo autor com dados das séries históricas do CNPq²².

Da mesma forma como o CNPq, o comportamento ascendente dos gráficos também é observado na concessão de bolsas no exterior por parte da CAPES a partir de 2012 (gráfico 2). No biênio 2014-2015, a agência do MEC foi bastante expressiva e concedeu 84.737 bolsas no exterior, cerca de quatro vezes mais do que a agência do MCTI, que por sua vez implementou 20.027 no mesmo período.

Gráfico 2 – Número de bolsas no exterior implementadas pela CAPES no período 1998-2015

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da plataforma GEOCAPES²³.

²² Séries históricas do CNPq disponíveis online em: <<http://www.cnpq.br/web/guest/series-historicas>>.

²³ Dados do Sistema de Informações Georreferenciadas da CAPES (GEOCAPES) disponíveis online em: <<http://geocapes.capes.gov.br/geocapes2/>>.

Em relação ao cenário global, apesar do aumento significativo do número de bolsas no exterior concedidas pelo governo brasileiro no período 2012-2015, países desenvolvidos e alguns emergentes como China, Índia e Coreia do Sul superaram consideravelmente a quantidade de estudantes, em números absolutos, que vão ao exterior. Os Estados Unidos são o principal destino de estudantes brasileiros e também os que mais recebem alunos internacionais a nível global (tabela 2).

Tabela 2 – Principais 15 países de origem dos estudantes internacionais nos Estados Unidos nos biênios 2012/13 e 2013/14

Rank	País de origem	2012/13	2013/14	2013/14 % do Total	Evolução (%)
	TOTAL	819.644	886.052	100,0	8,1
1	China	235.597	274.439	31,0	16,5
2	Índia	96.754	102.673	11,6	6,1
3	Coreia do Sul	70.627	68.047	7,7	-3,7
4	Arábia Saudita	44.566	53.919	6,1	21,0
5	Canadá	27.357	28.304	3,2	3,5
6	Taiwan	21.867	21.266	2,4	-2,7
7	Japão	19.568	19.334	2,2	-1,2
8	Vietnã	16.098	16.579	1,9	3,0
9	México	14.199	14.779	1,7	4,1
10	Brasil	10.868	13.286	1,5	22,2
11	Turquia	11.278	10.821	1,2	-4,1
12	Irã	8.744	10.194	1,2	16,6
13	Reino Unido	9.467	10191	1,2	7,6
14	Alemanha	9.819	10160	1,1	3,5
15	França	8.297	8.302	0,9	0,1

Fonte: IIE, 2014. Adaptado. Grifo Nosso.

A iniciativa conjunta de intercâmbios educacionais em ciências se tornou uma ferramenta da moderna diplomacia estratégica. Relatos diplomáticos indicam que diante das iniciativas do presidente norte americano Barack Obama de enviar 100.000

estudantes americanos para a Ásia entre 2010 e 2014, e 100.000 para a América Latina – programa *100K Strong for America* – até 2020, a então presidente brasileira Dilma Rousseff ficou “*impressionada com a abrangência e a ambição da iniciativa americana*” (SIC) e, neste sentido, comprometeu-se a equiparar as ações ainda em 2011 (SHANNON JR., 2012), sendo esta uma das possíveis motivações para criar um imponente programa de mobilidade acadêmica internacional como o Ciência sem Fronteiras.

De acordo com a tabela 2, a partir do biênio 2013/2014 o Brasil passou a se posicionar entre os 10 países que mais enviam estudantes para os Estados Unidos, representando 1,5% do total de estudantes internacionais naquele país. Dos outros nove países a frente do Brasil, sete são asiáticos (China, Índia, Coreia do Sul, Arábia Saudita, Taiwan, Japão e Vietnã), além do Canadá e do México que fazem fronteira com os EUA.

2.2.2 O programa Ciência sem Fronteiras (CsF)

O programa Ciência sem Fronteiras foi instituído pelo Decreto nº 7.642, de 13 de dezembro de 2011, com o objetivo de “propiciar a formação e capacitação de pessoas com elevada qualificação (...), além de atrair para o Brasil jovens talentos e pesquisadores estrangeiros de elevada qualificação” (BRASIL, 2011). Este Decreto dispõe de quinze artigos que descrevem os objetivos do programa, cria o Comitê de Acompanhamento e Assessoramento do programa Ciência sem Fronteiras e descreve sua composição e atribuições, cria o Comitê Executivo do programa Ciência sem Fronteiras e descreve sua composição e atribuições, provê informações sobre diretrizes das bolsas, das chamadas públicas e das incumbências dos Ministérios de Educação e de Ciência, Tecnologia e Inovação e seus respectivos ministros, das instituições de ensino e pesquisa dos candidatos ao programa, além de demonstrar a forma de custeio do programa Ciência sem Fronteiras. De acordo com o site institucional do CsF²⁴:

Ciência sem Fronteiras é um programa que busca promover a consolidação, expansão e internacionalização da ciência e tecnologia, da inovação e da competitividade brasileira por meio do intercâmbio e da mobilidade internacional. A iniciativa é fruto de esforço conjunto dos Ministérios da

²⁴ Site institucional do programa Ciência sem Fronteiras: <www.cienciasemfronteiras.gov.br>.

Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e do Ministério da Educação (MEC), por meio de suas respectivas instituições de fomento – CNPq e Capes –, e Secretarias de Ensino Superior e de Ensino Tecnológico do MEC.

O projeto prevê a utilização de até 101 mil bolsas em quatro anos para promover intercâmbio, de forma que alunos de graduação e pós-graduação façam estágio no exterior com a finalidade de manter contato com sistemas educacionais competitivos em relação à tecnologia e inovação. Além disso, busca atrair pesquisadores do exterior que queiram se fixar no Brasil ou estabelecer parcerias com os pesquisadores brasileiros nas áreas prioritárias definidas no Programa, bem como criar oportunidade para que pesquisadores de empresas recebam treinamento especializado no exterior. (BRASIL, 2011).

São objetivos do programa:

- Investir na formação de pessoal altamente qualificado nas competências e habilidades necessárias para o avanço da sociedade do conhecimento;
- Aumentar a presença de pesquisadores e estudantes de vários níveis em instituições de excelência no exterior;
- Promover a inserção internacional das instituições brasileiras pela abertura de oportunidades semelhantes para cientistas e estudantes estrangeiros;
- Ampliar o conhecimento inovador de pessoal das indústrias tecnológicas;
- Atrair jovens talentos científicos e investigadores altamente qualificados para trabalhar no Brasil.

A meta global de bolsas foi estipulada em 101.000, sendo a expectativa inicial de financiamento de 75.000 bolsas com recursos do Governo Federal e de 26.000 bolsas com recursos provenientes da iniciativa privada.

O programa contempla dezoito áreas prioritárias e, de acordo com a ferramenta Bolsistas Pelo Mundo²⁵, já enviou bolsistas para instituições de ensino e pesquisa em cinquenta e três diferentes países do globo (incluindo Brasil), a saber: África do Sul, Alemanha, Argentina, Áustria, Austrália, Brasil, Bulgária, Bélgica, Canadá, Chile, China, Cingapura, Colômbia, Coreia do Sul, Costa Rica, Cuba, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Índia, Irlanda, Israel, Itália, Japão, Luxemburgo, Malásia, México, Noruega, Nova Zelândia, Panamá, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Tcheca, Rússia, Suíça, Suécia, Tailândia, Turquia e Uruguai. O gráfico 3 mostra os 30 países que mais receberam bolsistas²⁶ do CsF.

²⁵ A ferramenta Bolsistas Pelo Mundo está disponível online em: <www.cienciasemfronteiras.gov.br/web/csf/bolsistas-pelo-mundo>.

²⁶ Dados atualizados até janeiro/2016 – Painel de Controle do Programa Ciência sem Fronteiras, disponível em <<http://www.cienciasemfronteiras.gov.br/web/csf/painel-de-controle>>.

Gráfico 3 – Distribuição total de bolsas do CsF implementadas por país de destino (30+)

Fonte: BRASIL, 2016a.

Quanto à distribuição de bolsas por país de destino, os Estados Unidos receberam 27.821 bolsistas, o Reino Unido 10.740, o Canadá 2.321, a França 7.279, e países como Suíça, Áustria, Chile, México, África do Sul, entre outros receberam menos de 200 bolsistas (gráfico 3). A maioria dos países de destino conta com um parceiro institucional responsável pela alocação dos bolsistas nas universidades estrangeiras, repasse de verbas ao país de destino e apoio junto aos consulados e embaixadas brasileiras. A título de exemplificação, nos Estados Unidos, país que mais recebeu bolsistas, os parceiros para a graduação são o Institute of International Education (IIE), a associação de Universidades e Instituições Comunitárias de Ensino Superior Historicamente Negras (HBCU) e o Consórcio de Instituições Comunitárias de Ensino Superior (CCC); a LASPAU, instituição afiliada à Universidade de Harvard, é a responsável por gerenciar a alocação de parte dos bolsistas de pós-graduação. No Reino Unido, o parceiro institucional do Ciência sem Fronteiras é o Universities UK, organização representativa das universidades britânicas.

2.2.3 Implementação e Resultados do CsF

Em 2015 o programa Ciência sem Fronteiras atingiu a meta de conceder mais de 100.000 bolsas para alunos de graduação, pós-graduação, pós-doutorado e pesquisadores sêniores (SANTOS, 2015). As bolsas concedidas são aquelas que já receberam parecer favorável e que foram aceitas pela instituição no exterior (resultados divulgados pelos Editais e Chamadas Públicas). Há sete tipos de

modalidades de bolsa, sendo cinco para mobilidade OUT, ou seja, para estudantes e pesquisadores brasileiros realizarem intercâmbio acadêmico no exterior, e duas modalidades para mobilidade IN, ou seja, para pesquisadores estrangeiros e brasileiros radicados no exterior realizarem intercâmbio acadêmico no Brasil. Do total de bolsas concedidas, aproximadamente 92% foram implementadas até janeiro de 2016, como demonstra a tabela 3. As bolsas implementadas são aquelas em que já houve alguma transferência de recursos ao bolsista e, portanto, explicita-se que o número de concessões antecede o de implementações. Graduação sanduíche no exterior foi a modalidade que mais recebeu bolsas, representando 78,98% do total de bolsas implementadas. A pós-graduação e pós-doutorado no exterior receberam 19,65% das bolsas do Ciência sem Fronteiras e pesquisadores em mobilidade IN representam 1,38% das bolsas implementadas.

Tabela 3 – Panorama geral da implementação de bolsas do programa Ciência sem Fronteiras de 2012 até janeiro de 2016

Modalidade de bolsa	Meta do nº de bolsas²⁷	Bolsas implementadas	% atingida da meta
Graduação Sanduíche no Exterior	64.000	73.353	114,61 %
Mestrado no Exterior	---	558	---
Doutorado Sanduíche no Exterior	15.000	9.685	65,77 %
Doutorado Pleno no Exterior	4.500	3.353	74,51 %
Pós-doutorado no Exterior	6.440	4.652	72,24 %
Atração de Jovens Talentos (no Brasil)	2.000	504	25,20 %
Pesquisador Visitante Especial (no Brasil)	2.000	775	38,75 %
Desenvolvimento Tecnológico e Inovação no Exterior	7.060	---	---
Total	101.000	92.880	91,96 %

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados o Painel de Controle do Programa Ciência sem Fronteiras.

²⁷ Metas revistas pela 7ª REUNIÃO DO COMITÊ EXECUTIVO DO PROGRAMA CIÊNCIA SEM FRONTEIRAS, realizada em 22 de janeiro de 2013.

A gestão do programa é feita pelas agências de fomento CAPES e CNPq, vinculadas ao Ministério da Educação e ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, respectivamente. As IES brasileiras participantes do Ciência sem Fronteiras devem designar um Coordenador Institucional, o qual será responsável pelo processo de homologação das candidaturas de estudantes e pesquisadores de sua instituição.

Os valores de bolsas e auxílios podem variar de acordo com a modalidade de bolsa e de acordo com o país de destino ou região. Todos os bolsistas recebem valores para custear seguro-saúde, além de receberem auxílio instalação e auxílio deslocamento. Os bolsistas de graduação sanduíche também recebem auxílio material didático e o valor da bolsa pode variar de acordo com a inclusão ou não de alojamento e/ou alimentação por parte da universidade de destino.

O programa define dezoito áreas prioritárias contempladas, sendo a área de 'engenharia e demais áreas tecnológicas' a que mais distribuiu bolsas, 41.594 no total, seguido por 'biologia, ciências biomédicas e da saúde' com 16.076 e 'indústria criativa' com 8.061. Até a última atualização dos dados em janeiro/2016, a área prioritária de 'tecnologia mineral' foi a área menos contemplada, com 136 bolsas distribuídas no total (gráfico 4).

Gráfico 4 – Distribuição total de bolsas do Ciência sem Fronteiras implementadas por área prioritária

Fonte: BRASIL, 2016a.

Quanto à distribuição de bolsas implementadas por estado de origem, as regiões Sul e Sudeste se destacam. São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina são os seis estados que mais enviam bolsistas. Logo em seguida vêm os estados do Nordeste Pernambuco, Ceará, Bahia,

Rio Grande do Norte e Paraíba, ainda estando o Distrito Federal na frente do Ceará. Os cinco estados que menos enviaram bolsistas são todos da região Norte, a saber do menor para o maior: Acre, Amapá, Roraima, Rondônia e Tocantins (gráfico 5).

Gráfico 5 – Distribuição total de bolsas do Ciência sem Fronteiras implementadas por estado de origem

Fonte: BRASIL, 2016a.

Na análise das bolsas implementadas por instituição de origem, a Universidade de São Paulo (USP) foi a IES brasileira que mais teve bolsistas do Ciência sem Fronteiras, 5.541 no total. Destas, 72,75% foram destinadas para a graduação, 24,91% para pós-graduação e pós-doutorado, e as demais para mobilidade IN (gráfico 6a). O gráfico 6b apresenta os valores absolutos de bolsas distribuídas para estudantes e pesquisadores da USP, de acordo com cada modalidade.

Gráfico 6 – Distribuição total de bolsas do Ciência sem Fronteiras, instituição de origem: Universidade de São Paulo. a) por formação (em porcentagem); b) por modalidade (absoluto)

Fonte: BRASIL, 2016a.

A tabela 4 apresenta a meta global de distribuição de bolsas do Ciência sem Fronteiras por modalidade (percentual), em relação ao percentual total de bolsas que de fato foram implementadas por modalidade do programa e em relação ao percentual de bolsas implementadas por modalidade na USP. As bolsas de graduação foram responsáveis por quase 79% do total de bolsas do programa e na USP essa modalidade recebeu 72,75% do total, ambos bem acima da meta de 63,37%. Já para as modalidades de atração de jovens talentos e pesquisador visitante especial, específicas para a vinda de pesquisadores ao Brasil, a distribuição de bolsas ficou bem abaixo do estipulado. Na distribuição geral, as modalidades de doutorado sanduíche, doutorado pleno e pós-doutorado no exterior foram responsáveis por 19,03% do total de bolsas somadas, enquanto a meta global era 25,69%, ou seja, atingiram 74,76% da meta.

Tabela 4 – Comparativo da distribuição percentual de bolsas do Ciência sem Fronteiras, por modalidade, entre a meta global, bolsas implementadas (geral) e bolsas implementadas (USP)

Modalidade de bolsa	Meta global de bolsas em %	Bolsas implementadas em % (geral)	Bolsas implementadas em % (USP)
Graduação Sanduíche no Exterior	63.37 %	78,97 %	72,75 %
Mestrado no Exterior	---	0,60 %	0,02 %
Doutorado Sanduíche no Exterior	14.85 %	10,42 %	16,30 %
Doutorado Pleno no Exterior	4.46 %	3,61 %	2,67 %
Pós-doutorado no Exterior	6.38 %	5,00 %	5,92 %
Atração de Jovens Talentos (no Brasil)	1,98 %	0,54 %	0,88 %
Pesquisador Visitante Especial (no Brasil)	1,98 %	0,83 %	1,46 %
Desenvolvimento Tecnológico e Inovação no Exterior	6,99 %	---	---
Total	100,00 %	100,00 %	100,00 %

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Painel de Controle do Programa Ciência sem Fronteiras.

Nota: Verde: atingiu a proporção da meta global; Amarelo: atingiu 70% ou mais da proporção da meta global; Vermelho: atingiu menos de 70% da proporção da meta global.

Tais dados podem levar ao debate sobre estratégias de priorização de bolsas para graduação, pós-graduação ou ambos. Alguns questionam se a maior parte do investimento em mobilidade acadêmica internacional deveria ser para estudantes de graduação, enquanto o foco de desenvolvimento científico acontece mais na pós-graduação. Outros acreditam ter sido importante levar muitos alunos de graduação para o exterior, haja vista que eles ainda não possuem “raízes” científicas com grupos de pesquisa no Brasil e podem ir mais abertos a explorar novas áreas de pesquisas não existentes no país de origem. Fato é que muitos questionamentos apenas poderão ser respondidos no médio e longo prazo, como é de se esperar o impacto dos investimentos em CT&I.

A título de apontamento, alguns dos tópicos de debate ainda sem convergência de opiniões dizem respeito aos critérios de seleção do programa e a priorização por certos cursos em detrimento de outros; ao real investimento privado frente ao aporte que se esperava quando se planejou o programa; aos incentivos diplomáticos para facilitar a mobilidade acadêmica internacional reversa (bolsas no Brasil); às questões de proficiência em idiomas e o impacto na experiência acadêmica; à fuga de cérebros ou à fixação dos talentos após o retorno; aos recursos e fontes orçamentárias para a manutenção do programa; à própria gestão e avaliação do programa; entre outros.

Devido à sua imensa magnitude, o programa Ciência sem Fronteiras é uma pauta de intenso debate nas universidades, internamente nas agências de fomento, em instâncias superiores do poder executivo, em audiências públicas no poder legislativo, nos meios de comunicação, nas empresas, no cotidiano de pessoas e famílias com vínculo com bolsistas do programa, ou mesmo pelo público interessado no tema. Dentre tantos dados, perspectivas e possibilidades de discussão, análise e avaliação do Ciência sem Fronteiras como uma política pública, este trabalho acadêmico busca explorar metodologias e subsídios que possam colaborar com avaliação das relações de impacto da mobilidade acadêmica internacional, caso haja, nas redes de colaboração científica internacional.

2.3 Avaliação de Políticas Públicas

Ao buscar entender como e por que os governos optam por determinadas ações, os estudos sobre políticas públicas constituem-se e consolidam-se com o pressuposto de que aquilo que o governo faz ou deixa de fazer pode ser formulado

cientificamente e também pode ser analisado por pesquisadores independentes (SOUZA, 2006). Alguns modelos explicativos de formulação e análise de políticas públicas foram desenvolvidos ao longo das últimas décadas. Celina Souza (2006) compilou teorias sobre esses modelos, os quais estão resumidos a seguir.

Há a visão da política pública como um processo incremental e pouco substantivo, em que os recursos governamentais não partem do zero, mas sim de decisões marginais e incrementais (LINDBLOM, 1979; CAIDEN; WILDAVISKY, 1980). Um outro modelo percebe a política pública como um ciclo, formado por várias fases dinâmicas de desenvolvimento e aprendizado: i) identificação do problema, ii) definição de agenda, iii) identificação de alternativas, iv) avaliação e seleção das opções, v) planejamento da execução, vi) implementação e vii) avaliação e monitoramento (figura 8). No modelo *garbage can*, desenvolvido por Cohen, March e Olsen (1972), argumenta-se que há vários problemas e poucas soluções, ou seja, as soluções utilizadas dependem do leque de opções de forma que as organizações indicam a preferência pelas soluções mais adequadas. Metaforicamente é como se as escolhas de políticas públicas fossem alternativas em uma “lata de lixo”. Já Sabatier e Jenkins-Smith (1993) abordam o modelo de coalizão de defesa, que discorda do ciclo de políticas públicas e do *garbage can* no sentido de que estes são limitados em explicar por que ocorrem mudanças nas políticas públicas, e consideram que valores, crenças e ideias são importantes dimensões do processo de formulação de políticas públicas. Os autores concebem a política pública como um conjunto de subsistemas, que se articulam com acontecimentos externos, os quais dão os parâmetros para os constrangimentos e recursos de cada (sub)sistema. Outro modelo é o de arenas sociais, em que há a necessidade de que as pessoas se convençam que algo precisa ser feito para que determinada circunstância ou evento se transforme em um problema e, portanto, surja interesse dos *policy makers*²⁸ neste determinado problema. Na ideia de arenas sociais, a força do modelo está na possibilidade de investigação dos padrões das relações entre indivíduos e grupos. O modelo de Baumgartner e Jones (2010) do equilíbrio interrompido baseia-se na biologia e identifica longos períodos de estabilidade, que por sua vez são interrompidos por períodos de instabilidade gerando mudanças nas políticas anteriores. Este modelo também é inspirado na computação a partir da noção que os seres humanos têm capacidade limitada de processar

²⁸ *Policy marker* é um indivíduo envolvido ou responsável por formular políticas, especialmente no governo.

informações, de modo que as questões são processadas em paralelo e não de forma serial²⁹. Mais recentemente surgem novos modelos influenciados pela “nova gestão pública”, cujo objetivo maior é a busca pela eficiência aliado ao fator credibilidade.

Figura 8 – Ilustração em fluxograma do Ciclo de Políticas Públicas

Fonte: Figura retirada do Fórum EaD UFPA. Disponível em: <www.aedmoodle.ufpa.br>.

Conhecidas algumas teorias explicativas, Celina Souza (2006, p. 26) indica que:

Apesar de possuir suas próprias modelagens, teorias e métodos, a política pública, embora seja formalmente um ramo da ciência política, a ela não se resume, podendo também ser objeto analítico de outras áreas do conhecimento, inclusive da econometria, já bastante influente em uma das subáreas da política pública, a da avaliação, que também vem recebendo influência de técnicas quantitativas. A segunda é que o caráter holístico da área não significa que ela careça de coerência teórica e metodológica, mas sim que ela comporta vários “olhares”. Por último, políticas públicas, após desenhadas e formuladas, desdobram-se em planos, programas, projetos, bases de dados ou sistema de informação e pesquisas. Quando postas em ação, são implementadas, ficando daí submetidas a sistemas de acompanhamento e avaliação.

De acordo com o excerto acima e também com o modelo do ciclo de políticas públicas, após a implementação, as políticas devem ficar submetidas a sistemas, métodos ou processos de acompanhamento, monitoramento e avaliação. De acordo

²⁹ Em computação, a comunicação serial envia um bit (informação ou dado) de cada vez, ou seja, sequencial. Já a comunicação paralela envia vários bits (informações ou dados) em simultâneo.

com Ramos e Schabbach (2012), gerou-se na última década propostas de avaliação de políticas públicas por organismos internacionais de cooperação e financiamento como a Organização das Nações Unidas (ONU), Banco Mundial (*World Bank*), Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), entre outros. Os métodos de avaliação de políticas públicas são utilizados para produzir informação sobre o valor ou utilidade dos resultados observados e suas contribuições para a performance da política (DUNN, 2016, p. 8). Para Costa e Castanhar (2003), avaliação é um exame sistemático e objetivo que contemple o desempenho, implementação e resultados de um programa ou projeto, visando a determinação de sua eficiência, efetividade, impacto, sustentabilidade e relevância de seus objetivos. Ainda de acordo com os autores, “o propósito da avaliação é guiar os tomadores de decisão, orientando-os quanto à continuidade, necessidade de correções ou mesmo suspensão de uma determinada política ou programa”. Ramos e Schabbach (2012) indicam que, no Brasil, há um crescente interesse dos governos com a avaliação, interesse este relacionado às questões de efetividade³⁰ ou eficácia³¹, à eficiência³², ao desempenho e à *accountability*³³ da gestão pública.

A avaliação de políticas públicas pode ser caracterizada de diferentes maneiras. Uma avaliação acadêmica é mais formal e geralmente foca na efetividade, impactos e benefícios da política, sendo denominada de avaliação “não gerencialista” (FARIA, 2005). Uma avaliação acadêmica do Ciência sem Fronteiras, programa formulado e gerenciado pelo governo, é caracterizada como ‘externa’ no que diz respeito ao agente que avalia, podendo também ser ‘mista’ caso haja contato estreito com os participantes do programa a ser avaliado, fator que pode maximizar as vantagens e minimizar ou superar as desvantagens das avaliações (CUNHA, 2006). Conforme a natureza, quando se realiza uma análise e produção de informações da implementação e etapas posteriores à execução do programa, a avaliação é considerada ‘somativa’, em contraste à característica ‘formativa’ que seria relacionada

³⁰ A efetividade é a dimensão do desempenho que representa a relação entre os resultados alcançados e as transformações ocorridas. Possui foco externo e refere-se aos IMPACTOS.

³¹ A eficácia é a dimensão do desempenho expressa pelo alcance dos objetivos ou metas, independentemente dos custos implicados. Possui foco externo e refere-se aos RESULTADOS.

³² A eficiência é a dimensão do desempenho expressa pela relação do processo envolvido, seu meio. Assim, possui foco interno e refere-se aos CUSTOS envolvidos.

³³ *Accountability* é a obrigação ética de um indivíduo ou organização em prestar contas por suas atividades, aceitar responsabilidade por eles, bem como divulgar resultados de maneira transparente.

à formação do programa. Na perspectiva do tipo de problema ao qual a avaliação responde, a modalidade de estudo avaliativo pode ser considerada de ‘processos’ quando está mais próxima da dimensão de gestão e no período de implementação do programa, ou de ‘resultados e impactos’ quando objetiva responder se o programa funcionou ou não (COHEN; FRANCO, 1993; COTTA, 1998). Na avaliação de impacto, um dos maiores desafios é justamente demonstrar que os resultados estão causalmente relacionados aos produtos oferecidos pelo programa (RAMOS; SCHABBACH, 2012). Quanto aos usuários potenciais da pesquisa avaliativa, os seguintes atores podem fazer uso direto:

Os financiadores do programa (e da própria avaliação), os gerentes e encarregados de mais alto escalão, os técnicos e profissionais que lidam de maneira mais direta com os beneficiários, os beneficiários, os gerentes de programas similares e/ou de diferentes níveis governamentais, os agentes do governo central, os representantes de fundações, os interessados em conhecer projetos exitosos que mereçam financiamento ou preocupados em melhorar programas sob sua responsabilidade, os membros do Legislativo engajados na melhoria de programas existentes ou na elaboração de novas propostas, os cientistas sociais, outros avaliadores que buscam aprender com as descobertas e com as metodologias empregadas, as próprias organizações que administram o programa avaliado e o público em geral ou a sociedade civil. (RAMOS; SCHABBACH, 2012)

Os interesses de pesquisadores sociais eram os que, inicialmente, direcionavam as pesquisas de avaliação. Atualmente, os desejos dos consumidores do produto final de avaliação também tem dirigido essas pesquisas (SARTI, 2010). A divulgação dos resultados de avaliações pode influenciar diretamente os rumos da política pública e, por isso, é importante que as conclusões sejam publicizadas. A avaliação deve permitir aos governantes um significativo conhecimento dos resultados de um programa ou projeto de forma que a informação possa ser utilizada como fundamentação para tomar decisões em termos de continuidade da política, reorientação ou mesmo interrupção da implementação e/ou execução das atividades. A avaliação também pode contribuir para a prestação de contas.

É interessante deixar claro a importância da avaliação de políticas públicas ao passo que se entende que tal processo é subjetivo e aberto a diversas metodologias, todas com contribuições e limitações. Este trabalho tenta ser mais uma contribuição (subsídio) para o processo de avaliação do programa Ciência sem Fronteiras, uma recente política pública de CT&I.

2.4 Redes e Bibliometria

Os primeiros seres vivos unicelulares apareceram no planeta terra há cerca de 3,5 bilhões de anos. Uma das teorias para a evolução da vida unicelular para a multicelular acontecer é alicerçada na cooperação, à medida que as células poderiam ter mais benefícios energéticos, de sobrevivência e reprodução ao estarem unidas do que individualizadas (AMERICAN JOURNAL OF BOTANY, 2014; CHOI, 2015). A cooperação, entretanto, é algo bem mais amplo do que a interação entre células e pode ser abstraída em diferentes níveis e escalas de organização ou sistemas:

(... → *Átomos* → *Moléculas* → *Protoplasma* → *Células* → *Tecidos* → *Populações* → *Comunidades* → *Ecossistemas* → *Biomassas* → *Biosfera* → *Terra* → *Sistemas Solares* → *Galáxias* → *Universo*).

No nível de populações, a cooperação baseada em altruísmo recíproco evoluiu em apenas algumas espécies, sendo na espécie humana um dos princípios comportamentais fundamentais da vida social (RILLING et al., 2002). Todavia, questiona-se: “sob quais condições a cooperação irá emergir em um mundo de egoístas sem uma autoridade central?” (AXELROD, 1984). Este questionamento pode, da mesma forma, ser aplicado para a evolução da colaboração científica: sob quais condições a cooperação entre pesquisadores irá emergir em um mundo de egoístas sem uma autoridade central?

A teoria dos jogos, estudo de modelos matemáticos de conflito e cooperação entre agentes tomadores de decisão inteligentes e racionais (MYERSON, 1997), desenvolveu técnicas para analisar situações em que dois ou mais indivíduos interagem e tomam decisões que podem influenciar o bem-estar uns dos outros, sendo o Dilema dos Prisioneiros um dos problemas-modelo amplamente estudados (RAPOPORT; CHAMMAH, 1965; AXELROD, 1984). Em políticas públicas, a ontologia e epistemologia de sistemas complexos – heterogeneidade, interação, inovação e adaptação – oferece novos *insights* tanto para pesquisadores quanto para gestores e políticos (FONTANA, 2012). Para tanto, ferramentas desenvolvidas nos estudos de complexidade para modelar e analisar a interação, competição e/ou cooperação são diversas.

A modelagem neoclássica de equilíbrio é uma ferramenta frequentemente utilizada para problemas de políticas relacionadas ao mercado (JONES, 1965). A teoria dos jogos pode ser aplicada para modelar comportamento dos agentes e

tomada de decisão em políticas públicas (GIBBONS, 1992). A abordagem de sistemas dinâmicos utiliza equações diferenciais para realizar simulações computacionais em que problemas reais são representados em termos de estoques, fluxos e informações (BORSHCHEV; FILIPPOV, 2004). A modelagem baseada em agentes (ABM³⁴) é uma abordagem apoiada em computação que permite a exploração preditiva de sistemas a partir de premissas complexas, sendo os modelos inerentemente *bottom-up* e descentralizados (JANSSEN; OSTROM, 2006). E a ciência de redes, a partir de um entendimento de física estatística sobre teoria de grafos, tem se mostrado uma ferramenta genuína para investigar a estrutura e a dinâmica de sistemas sociais, biológicos, físicos e tecnológicos (IRANZO; BULDÚ; AGUIRRE, 2016).

A subseção seguinte conceitua e descreve tipos de redes complexas dentro do estudo de sistemas complexos, como elas podem ser representadas por grafos e também as métricas e informações úteis no estudo de redes. Na sequência são apresentados alguns conceitos de bibliometria e como uma metodologia bibliométrica pode ser utilizada para construir e entender a dinâmica de redes de coautorias.

2.4.1 Redes Complexas

Mitchell (2009) introduz a área de sistemas complexos como um campo interdisciplinar de pesquisa que procura explicar como grandes números de entidades relativamente simples se auto organizam, sem um controle central, em um todo coletivo que cria padrões, utiliza informações e, em alguns casos, evolui e aprende.

Utilizando as Leis de Newton para a Mecânica Clássica, a humanidade desenvolveu profundamente o entendimento sobre como sistemas simples funcionam, a exemplo de pêndulos simples ou do lançamento de projéteis; também entendem o funcionamento de sistemas complicados como engrenagens de um relógio ou mesmo um avião inteiro; e também compreende até certo ponto os sistemas caóticos como a dinâmica de uma bola quicando ou de sistemas regidos pelo mapa logístico ou a formação de nuvens. Mas no nível de organização entre sistemas simples ou complicados e sistemas caóticos enquadram-se os sistemas complexos, os quais ainda não foram tão bem estudados.

³⁴ Agent Based Modeling (ABM), em inglês.

A ideia de complexidade é, por vezes, dita como parte de uma nova abordagem unificadora para a ciência, e uma revolução em nossa compreensão acerca de sistemas cujos comportamentos se mostram difíceis de prever e controlar, até agora, como o cérebro humano e o mundo econômico. Todavia, é importante questionar se existe de fato uma ciência da complexidade, ao invés de meras ramificações de diferentes ciências, cada uma das quais tendo que lidar com seus próprios exemplos de sistemas complexos. Em outras palavras: existe um único fenômeno natural chamado complexidade, o qual é encontrado em uma variedade de sistemas físicos (incluindo os vivos) e que pode ser o objeto de uma única teoria científica, ou estariam os diferentes exemplos de complexos sistemas complexos em caminhos que às vezes não tem nada em comum? (LADYMAN; LAMBERT; WIESNER, 2012. Tradução Nossa).

Ladyman, Lambert e Wiesner (2012) não atingem uma definição de um sistema complexo, mas buscam refletir sobre uma explicação quanto à noção de sistemas complexos ao listar condições que caracterizariam a complexidade. A Complex Systems Society (CSS) define sistemas complexos como *“sistemas onde o comportamento coletivo de suas partes ocasiona a emergência de propriedades que dificilmente, ou talvez de forma alguma, possam ser inferidas a partir de propriedades [individuais] das partes”* (NEW ENGLAND COMPLEX SYSTEMS INSTITUTE, 2015. Tradução nossa). Maxi San Miguel *et al.* (2012) também provê uma lista de razões de porque alguns sistemas podem ser considerados complexos (quadro 5).

Quadro 5 – Razões por que sistemas podem ser considerados complexos

(continua)

Características	Exemplos de sistemas
Muitas partes heterogêneas interagentes	Cidades, empresas, climas, multidões, partidos políticos, ecossistemas
Leis de transição complicadas	Mercados, transmissão de doenças, falha em cascata, motins
Emergência inesperada ou imprevisível	Sistemas químicos, acidentes, colapso do sistema, iniciativas sociais espontâneas, doença de pé
Dependência a condições iniciais	Sistemas climáticos, investimentos, engarrafamentos, queimadas
Dinâmica dependente do caminho	A evolução do teclado <i>qwerty</i> , conflitos raciais, liderança de mercado
Conectividades hierárquicas em rede	Redes sociais, ecossistemas, a internet, sistemas de votação, sistemas postais

(conclusão)

Características	Exemplos de sistemas
Interações de agentes autônomos	Tráfego rodoviário, jantares, mercado imobiliário, jogos de futebol, dinâmica de multidões
Auto-organização ou mudanças coletivas	Revoluções, modas, corais, demonstrações, mercado de arrendamento de propriedades
Dinâmica de não-equilíbrio	Aviões de caça, preços de ações, o clima, conflitos armados, relacionamentos sociais
Explosão combinatória	Xadrez, sistemas de comunicação, estados de dados para um programa de computador
Adaptabilidade a ambientes em transformação	Sistemas biológicos, design de manufatura, sistemas de varejo, mudanças de marcas
Subsistemas em co-evolução	Uso da terra, transportes, vírus de computador
Fronteiras mal definidas	Cultivares transgênicos, nações, poluição, terrorismo, mercados
Dinâmica multinível	Empresas, exércitos, governos, aeronaves, internet, transportes

Fonte: SAN MIGUEL et al., 2012. Tradução nossa.

Em poucas palavras, mas ainda numa perspectiva abrangente, um sistema complexo pode ser distinguido como um sistema com muitas partes ou elementos heterogêneos interagentes em que as macro características do sistema que emergem do comportamento coletivo não podem ser observadas apenas ao olhar as unidades e as interações locais.

Exemplos de sistemas complexos são: colônias de formigas (figura 9a), sistema econômico, cidades em crescimento (figura 9b), sistemas de transportes públicos (figura 9c), sistema nervoso humano (figura 9d), redes sociais, distribuição elétrica, ecossistemas naturais, sociedades e muitos outros sistemas reais.

Figura 9 – Exemplos de Sistemas Complexos: a) Colônia de formigas³⁵, b) vista aérea noturna da cidade de Boa Vista - RR, Brasil³⁶, c) aglomeração de pessoas no sistema de metro³⁷, d) neurônios do sistema nervoso (representação artística)³⁸

Fonte: Fotos retiradas da internet (ver notas 33 a 36).

A palavra *network* (rede, em português) traz fundamentalmente uma ideia de conexão ou ligação ou interação entre elementos. São exemplos de redes³⁹:

- um sistema complicado de rodovias, linhas, tubos, nervos, etc., que cruzam entre si e são conectados uns aos outros;
- um grupo de pessoas, empresas, etc. intimamente conectado que troca informação, etc.;
- (computação) um número de computadores e outros dispositivos que estão conectados em conjunto para que equipamentos e informação possam ser compartilhados;

³⁵ Foto retirada online em: <http://www.nextnature.net/2013/07/what-ant-colony-networks-can-tell-us-about-what%E2%80%99s-next-for-digital-networks/>

³⁶ Foto retirada online em: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1623944>.

³⁷ Foto retirada online em: <http://blogpontodeonibus.wordpress.com/2014/01/27/r-90-bilhoes-sao-jogados-fora-por-ano-nas-nove-principais-cidades-pela-falta-de-transporte-publico-adequado/>.

³⁸ Foto retirada online em: <http://www.isciencetimes.com/articles/5319/20130603/eyewire-seung-labs-gamers-map-brain-neurons.htm>.

³⁹ Exemplos retirados de Oxford Learner's Dictionaries. Definition of network, noun. Tradução nossa. Disponível em: http://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/network_1?q=network.

- um grupo de estações de rádio ou televisão em diferentes lugares que são conectadas e que transmitem os mesmos programas ao mesmo tempo.

Muitos sistemas reais podem ser modelados como redes, onde os elementos do sistema são nós e as interações entre os elementos são arestas. Um grupo ainda maior de sistemas pode ser modelado utilizando processos dinâmicos em redes, que são por vezes afetados pela dinâmica. Redes, assim, representam a espinha dorsal de muitos sistemas complexos, e suas análises teóricas e computacionais tornam possível obter insights para inúmeras aplicações. Redes permeiam quase todas as disciplinas concebidas – incluindo sociologia, transporte, economia e finanças, biologia e muitas outras – e o estudo da ‘ciência de redes’ tem, dessa maneira, se tornado um componente crucial da educação científica moderna. (COMPLEX SYSTEMS SOCIETY, 2015).

O “esqueleto” de muitos sistemas complexos, como descrito pela CSS com nós (ou vértices) e arestas, pode ser representado a partir de grafos. Formalmente, um grafo também é definido por Newman, Barabasi e Watts (2006) como um objeto matemático constituído de nós (vértices) e linhas (arestas), fazendo abstração de detalhes físicos e focando na conectividade. Topologias regulares como correntes, grades, grids e grafos totalmente conectados são bem conhecidos pelo público em geral. A figura 10 apresenta diferentes arquiteturas e topologias de redes.

Figura 10 – Diferentes topologias de redes

Fonte: Figura retirada do fórum Physics StackExchange⁴⁰.

⁴⁰ Figura retirada do fórum Physics StackExchange, em resposta do usuário Hwlaui ao tópico *Which areas in physics overlap with those of social network theory for the analysis of the graphs?*. Acesso online em: <<http://physics.stackexchange.com/q/1902>>.

Um grafo pode existir sem que haja um sistema real equivalente na natureza, como grafos aleatórios que são uma vertente de estudo em teoria de grafos. Por outro lado, a rede em si é a representação de um sistema existente através de um grafo e normalmente refere-se a um sistema real, natural ou construído pelo homem, que se quer representar e, por isso, a ciência de redes é essencialmente baseada em dados e empirismo.

A figura 11 mostra o exemplo de um grafo das unidades federativas do Brasil. Este grafo é definido por cada vértice representando uma unidade federativa do Brasil e considera-se que duas unidades federativas são adjacentes se têm uma fronteira em comum. As arestas conectam estados adjacentes.

Figura 11 – Grafo de adjacências entre unidades federativas brasileiras

Fonte: FEOFILOFF; KOHAYAKAWA; WAKABAYASHI, 2011.

Uma rede pode ser entendida como algo simples, constituída apenas de nós e arestas. Entretanto, como tentar descobrir quais desses nós devem ser conectados de forma a tentar reproduzir a complexidade do mundo real? A seguir estão descritos alguns modelos conceituais sobre redes.

Um primeiro modelo intuitivo é o de que os nós podem ser conectados de forma aleatória. Imagine uma quantidade $N \gg 1$ de botões dispostos pelo chão. Pegue dois

botões aleatoriamente e amarre-os com uma linha. Repita este processo M vezes, sempre escolhendo pares aleatórios de botões. Caso o número de repetições M seja grande, eventualmente alguns botões selecionados já tenham linhas amarradas a ele. Esta regra é possível e simplesmente criará grupos (ou *clusters*) de botões conectados. O resultado é um exemplo físico de um grafo aleatório com N nós e M arestas. Se agora um botão aleatório for cuidadosamente levantado a uma certa altura do chão, caso haja outros botões amarrados, esses outros botões serão direta ou indiretamente arrastados para cima também. Mas o que acontece: a probabilidade é de escolher um botão isolado, um pequeno *cluster* ou uma vasta malha?

Paul Erdős e Alfred Rényi estudaram como essa topologia de redes aleatórias se comporta em função do tamanho de M (ERDÖS; RÉNYI, 1960) e, por isso, esse modelo de redes também é conhecido como rede de Erdős-Rényi. Quando a quantidade M de conexões é pequena, o grafo tende a ser fragmentado em vários clusters pequenos, também chamados de componentes. A medida que M cresce, os componentes crescem, primeiro sendo conectados a nós isolados e depois juntando-se aos outros componentes. Então, basicamente, uma rede aleatória consiste em um conjunto de N nós, onde cada par de nós é conectado com uma probabilidade p . Uma transição de fase ocorre quando $M = \frac{N}{2}$, onde muitos clusters espontaneamente criam um reticulado e formam um único grande componente. A figura 12 é um exemplo de rede aleatória.

Figura 12 – Exemplo de rede aleatória com 100 nós e probabilidade de 8% de conexão. A coloração dos nós representa o grau de conexão de cada nó, quanto mais escuro maior o grau

Fonte: SILVA, 2016.

A partir deste pioneiro trabalho de Erdős e Rényi, redes aleatórias tem sido estudadas profundamente no campo de matemática pura (BOLLOBÁS, 1985). Apesar do modelo de redes aleatórias ser pouco adequado para uma representação de sistemas reais, os estudos tem servido para idealizar arquiteturas de modelos dinâmicos de redes genéticas, de ecossistemas e difusão de doenças infecciosas, bem como vírus de computador (STROGATZ, 2001).

Já a rede *small-world* (mundo-pequeno) é um grafo matemático em que a maioria dos vértices pode ser alcançada a partir de qualquer outro vértice por um pequeno número de passos, apesar de apenas um pequeno número de vértices serem vizinhos um dos outros. Este tipo de rede é caracterizada pela escala da separação média L entre vértices

$$L \sim \log(N).$$

A mais famosa família de redes é conhecida como *small-world networks*, cuja formulação é descrita por Watts e Strogatz (1998). Ordinariamente, a topologia de conexões de redes é assumida como ou completamente regular ou completamente aleatória. Porém, muitas redes biológicas, tecnológicas e sociais possuem características entre esses dois extremos.

O modelo de *small-world* é construído a partir de redes regulares em que as arestas tem uma probabilidade p de serem re combinadas a nós aleatórios. Quando $p = 0$ o grafo é perfeitamente regular, por outro lado quando $p = 1$ o grafo é aleatório. A característica dessa rede *small-world*, portanto, apresenta alta clusterização assim como redes regulares, ao mesmo tempo em que possuem pequenos valores de distância entre dois nós, como é a topologia típica de redes aleatórias. A figura 13 mostra os exemplos de redes de acordo com a probabilidade de recombinação aleatória.

Figura 13 – Processo de reconexão aleatória a partir de uma estrutura de anel regular à uma rede aleatória, sem alterar o número de vértices ou arestas do grafo

Fonte: WATTS; STROGATZ, 1998.

Um terceiro modelo de rede é denominado *scale-free*, que de acordo com Strogatz (2001) é uma rede ou grafo conectado com a propriedade de que o número de conexões k originadas de um dado nó exibe uma distribuição de lei de potência

$$P(k) \sim k^{-\gamma}.$$

Uma rede *scale-free* pode ser construída pela adição progressiva de nós a uma rede já existente e introduzindo conexões a nós já existentes com uma ligação preferencial de forma que a probabilidade de conexão a um dado nó i seja proporcional ao número de conexões k_i que aquele nó possui, por exemplo,

$$P(\text{conectar com o nó } i) \sim \frac{(k_i)}{\sum_j k_j}.$$

Redes *scale-free* ocorrem em várias áreas da ciência e engenharia, incluindo por exemplo a topologia de páginas da web (onde os nós são páginas individuais e as arestas são os hiperlinks), a rede colaborativa de atores de Hollywood (onde os nós são os atores e as arestas são co-atuações em um mesmo filme), a malha de distribuição elétrica do oeste dos Estados Unidos (onde os nós são geradores, transformadores e subestações e as arestas são as linhas de transmissão de energia),

e a literatura de revisão por pares (onde os nós são as publicações e as arestas são as citações) (STROGATZ, 2001).

O grafo *scale-free* cresce ao conectar novos nós de forma aleatória a nós previamente existentes. A probabilidade de conexão é proporcional ao grau do nó de destino; assim, nós mais conectados tendem a ganhar mais conexões, levando à formação de *hubs* e a uma distribuição de graus assimétrica com cauda longa. Na figura 14 as cores indicam os três nós com mais conexões (vermelho, $k = 33$ conexões; azul, $k = 12$; verde, $k = 11$). Neste exemplo $n = 200$ nós e $m = 199$ conexões. A visualização da rede foi feita utilizando o programa Pajek⁴¹ para análise de grandes redes (STROGATZ, 2001).

Figura 14 – Exemplo de grafo para uma rede *scale-free*

Fonte: STROGATZ, 2001.

A representação de grafos permite analisar quantos nós e quantas arestas existem no sistema, qual o grau de conectividade, se o grafo é clusterizado ou não. Há várias métricas para análise de redes e, de acordo com as características de um sistema modelado por redes, o grafo poderá apresentar diferentes padrões.

⁴¹ Pajek. Programa para Large Network Analysis. Mais informações disponíveis na wiki online em: <<http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pajek/>>.

2.4.2 Bibliometria e Redes de Coautorias

Para Hess (1997), a cientometria pode ser definida como “*o estudo quantitativo de ciência, comunicação em ciências e política científica*”. A bibliometria é um campo das áreas de biblioteconomia e ciência da informação, considerado por Rostaing (1996) como “*a aplicação dos métodos estatísticos ou matemáticos sobre o conjunto de referências bibliográficas*”. Mugnaini (2006) identifica os tipos de indicadores segundo a abrangência de análise da ciência (figura 15).

Ainda segundo Mugnaini, a bibliometria “está então inserida na cientometria, voltando-se ao estudo da geração e uso da informação científica (e/ou tecnológica) e lançando mão de métodos matemáticos e estatísticos” que possam desenvolver modelos de representação da realidade observada. No campo das ciências, a comunidade científica comunica-se primariamente através de artigos publicados em periódicos especializados. Os artigos, por sua vez, são as apresentações sintéticas, em forma de relatório escrito, dos resultados de pesquisas e estudos realizados a respeito de alguma questão (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 2011). O estudo acerca de publicações científicas insere-se, portanto, dentro de metodologias bibliométricas.

Figura 15 – Relação entre conceitos de análise quantitativa da ciência e indicadores de CT&I

Fonte: MUGNAINI, 2006.

Pesquisadores e cientistas podem colaborar entre si e, em caso de novas descobertas, publicam artigos em coautoria. De acordo com Newman (2001), dois cientistas são considerados conectados se eles são autores de uma mesma publicação, ou seja, se a publicação foi realizada em coautoria. Um documento científico, portanto, é realizado em coautoria quando há mais de um autor.

O método bibliométrico para análise da colaboração científica é o estudo de coautoria (GLÄNZEL, 2001) segundo o qual, através do registro da autoria múltipla e afiliação institucional dos autores, podem-se extrair informações sobre a colaboração científica. Entretanto, o juízo de que a autoria múltipla e colaboração científica são conceitos equivalentes deve ser qualificado à luz do pressuposto de que a coautoria é apenas uma das formas de manifestação da colaboração, não sendo, portanto, o único indicador de relação estabelecida entre pesquisadores. (CELIS, 2002)

No nível mais básico, são as pessoas que colaboram, não as instituições. A cooperação entre dois ou mais pesquisadores é a unidade fundamental da colaboração (KATZ; MARTIN, 1997). Entretanto, é possível falar de colaboração científica também nos níveis de grupos de pesquisa de um departamento, entre departamentos de uma mesma instituição, entre diferentes instituições, entre áreas geográficas e até mesmo entre países. Colaboração científica tem se tornado um tópico de relevante interesse em políticas de CT&I e, de acordo com Melin e Persson, (1996) o crescente aumento da colaboração entre países e instituições em décadas recentes é resultante da própria dinâmica interna da ciência bem como de políticas científicas.

Pode-se fazer aqui um paralelo com a avaliação econômica no que diz respeito a considerações sobre os agentes em nível micro e macro, como por exemplo os estudos sobre microeconomia *versus* macroeconomia e sobre os aspectos mediadores entre esses estados. No nível micro a preocupação é referente às decisões individuais, já no nível macro são as interações entre os agentes na produção de resultados coletivos ou globais que interessam (SARTI, 2010). Em CT&I, por um lado pode-se entender como pesquisadores escolhem os seus campos de pesquisa e colaboram com seus pares, e por outro lado há preocupações com os resultados de produção científica das instituições ou mesmo com o posicionamento dos países no cenário globalizado.

A figura 16 apresenta um exemplo de um artigo brasileiro publicado com a colaboração de pesquisadores de diferentes centros de uma mesma instituição, com

destaque para algumas informações bibliométricas relevantes para esta pesquisa como:

- Nome da revista científica especializada em que o artigo foi publicado;
- Ano de publicação;
- Coautores do artigo;
- Filiação institucional dos autores.

Figura 16 – Exemplo de publicação científica em coautoria nacional

Fonte: ALBUQUERQUE et al., 2014

Nota: Nesta figura estão destacados o nome da revista científica (azul), o ano de publicação (vermelho), os autores (verde) e o vínculo institucional dos autores (amarelo).

A figura 17 mostra um artigo científico publicado em 2015 na revista *Physica A* por quatro pesquisadores, que por sua vez são filiados a três diferentes instituições de pesquisa em dois países diferentes. Este é um exemplo de uma publicação em coautoria internacional entre o Brasil e a Alemanha.

Figura 17 – Exemplo de publicação científica em coautoria internacional

Fonte: AMADO et al., 2015.

Nota: Nesta figura estão destacados o nome da revista científica (azul), o ano de publicação (vermelho), os autores (verde) e o vínculo institucional/país de origem dos autores (amarelo).

Pesquisadores do mundo todo, grupos de pesquisa, instituições e países em colaboração uns com outros começam a formar redes. As redes de coautorias internacionais podem ser consideradas redes sociais. Uma rede social pode ser entendida como uma coleção de pessoas e a representação por grafos é tal que as pessoas ou instituições ou países sejam os nós e os relacionamentos ou conexões (e.g. coautorias) sejam as arestas. Barabási *et al.* (2002) descrevem que as redes de coautoria científicas representam um protótipo de redes complexas evolucionárias. Além disso, ainda que empresas e plataformas como Google, Facebook, LinkedIn, Twitter, entre outras, tenham construído as maiores bases de dados de redes sociais através de suas atividades online, estudos em cientometria e bibliometria dispõem também de imensas bases de dados em redes sociais.

De acordo com a OCDE (2014), a ciência moderna está cada vez mais sendo conduzida por dados. Dessa maneira, requer novas formas de colaboração e compartilhamento de conhecimento e recursos de forma mais ampla. Universidades e instituições públicas de pesquisa fortaleceram globalmente conexões de conhecimento e cooperação com seus pares para atingir economias de escala e aumentar a visibilidade da pesquisa doméstica. Dados de publicações científicas

mostram que a colaboração internacional entre instituições de pesquisa se intensificou ao longo da década passada e que a China, entre outras economias, está de forma crescente se integrando ao sistema global de ciências. A figura 18 mostra um comparativo das redes de colaborações internacionais em ciência a partir de dados de documentos que possuem coautorias internacionais para os anos de 1998 e 2011.

Figura 18 – Redes de coautorias internacionais para os anos de 1998 e 2011

Fonte: OCDE, 2013 apud OCDE, 2014.

O universo científico está maior e cada vez mais conectado. Países desenvolvidos e países com mais investimentos em CT&I se posicionam como líderes. Nesse sentido, é importante entender como o Brasil se insere nesse sistema global.

3 PROPOSTA DE AVALIAÇÃO METODOLÓGICA DO CIÊNCIA SEM FRONTEIRAS

O programa Ciência sem Fronteiras é o maior programa de bolsas no exterior e internacionalização que o Brasil já formulou e realizou. Neste sentido, a avaliação desta política pública de CT&I é uma demanda de vários atores do SNCTI, do poder legislativo, da mídia, das próprias agências de fomento, da iniciativa privada, das IES e de interesse de sociedade, que financiou recursos da ordem de mais de R\$10 bilhões. Apesar da implementação recente do CsF, algumas pesquisas de monitoramento e avaliação já foram publicadas no que diz respeito à implementação e gestão do programa, ao campo de relações internacionais, à internacionalização do ensino superior brasileiro, aos impactos da língua estrangeira na experiência do estudante no exterior, à implementação do programa Idiomas sem Fronteiras – criado inicialmente pela necessidade de capacitar os bolsistas em termos de proficiência em língua estrangeira, mas que se tornou uma política linguística pelo MEC –, além dos impactos na formação e currículo dos estudantes e pesquisadores. Contudo, ainda foi pouco explorada a perspectiva do impacto do Ciência sem Fronteiras na produção de conhecimento do Brasil e no fomento à colaboração científica internacional.

Neste sentido, é importante aperfeiçoar metodologias existentes e também propor novas abordagens de avaliação. O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos é uma organização social sem fins lucrativos supervisionada pelo MCTI. Desta maneira, pode utilizar, de acordo com o escopo de seu contrato de gestão com o ministério, recursos públicos para desenvolver atividades que objetivam responder demandas específicas da sociedade na pauta de Ciência, Tecnologia e Inovação. Dentro desse contexto, desenvolveu em 2013 uma proposta metodológica de avaliação e acompanhamento (A&A) do programa Ciência sem Fronteiras a partir da seguinte consideração:

Frente ao imenso trabalho cotidiano de implantação e acompanhamento do CsF, é compreensível a impossibilidade das agências gestoras elaborarem um sistema de avaliação de impacto do programa. Não obstante, um excelente sistema de informações operacionais vem sendo desenvolvido, numa ação praticamente inédita no Brasil. O CsF é provavelmente uma das políticas públicas melhor monitorada, através de recursos TI⁴², que o Brasil já lançou, contando com um portal de informações de acesso público que tem sido fundamental para a divulgação do programa junto às comunidades

⁴² Tecnologia da Informação (TI).

docentes e discentes, além da sociedade em geral. Tal sistema é condição primeira para assegurar um processo de Avaliação de Impacto. (CGEE, 2013)

Esta seção dedica-se a apreciar a metodologia de avaliação desenvolvida pelo CGEE com especial enfoque na dimensão de produção de conhecimento, enquanto a sua discussão sobre limitações e recomendações de melhorias será feita na seção seguinte. A seção 3 também apresenta uma proposta alternativa de avaliação de programas de mobilidade acadêmica internacional a partir de um modelo teórico de simulação Boltzmann-Lotka-Volterra.

3.1 A proposta do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

A proposta de A&A elaborada pelo CGEE está descrita em 236 páginas no documento “Avaliação do Programa Ciência sem Fronteiras - Relatório Final” e assenta-se em quatro dimensões, a saber:

- I. **No nível institucional:** aparato governamental (nas agências) e nas unidades executoras parceiras (universidades, INCTs⁴³, empresas).
- II. **Na produção de conhecimento e na inovação:** mudanças nas agendas de pesquisas das áreas selecionadas pelo programa, nas parcerias internacionais especialmente na quantidade e intensidade e termos dessas parcerias, maior evidência de cotutelas, coautorias em publicações, visitas científicas, etc.
- III. **No nível pessoal:** na carreira e na empregabilidade dos alunos e professores participantes, na permanência de pesquisadores que vêm do exterior, brasileiros ou não.
- IV. **Na sociedade brasileira:** como diferentes grupos sociais, que não aqueles diretamente afetados pelo Programa (alunos e pesquisadores) estavam formando uma opinião sobre uma política pública de formação no exterior (CGEE, 2013. Grifo Nosso).

A delimitação da presente pesquisa deverá focar na segunda dimensão apresentada, especialmente ao que se refere à produção de conhecimento. A importância desta dimensão em análise se reforça pela relação positiva já evidenciada

⁴³ Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs).

por diversos autores (CGEE, 2013, p. 39 apud GIBBONS; JOHNSTON, 1974. PATEL; PAVITT, 1994. PAVITT, 1998. ENDERS; WEERT, 2003) entre a formação de recursos humanos, a produção do conhecimento e a inovação.

Apesar de o Ciência sem Fronteiras ter um foco maior, em termos quantitativos, no envio de bolsistas de graduação, a dimensão de produção de conhecimento tem o foco nos estudantes de pós-graduação (mestrado, doutorado sanduíche e doutorado pleno), pós-doutorado e nas relações de cooperação entre pesquisadores sêniores e grupos de pesquisa atuantes. Isto se deve em uma análise de curto prazo pois, diferentemente de país desenvolvidos onde há bastante cooperação entre o setor produtivo e a academia, o SNCTI brasileiro conta de forma mais individual com o setor acadêmico como o principal espaço de produção de conhecimento, notadamente onde há programas consolidados de pós-graduação e pesquisa, e seriam necessários pelo menos mais alguns anos para que bolsistas de graduação ingressem em PPGs.

A avaliação na dimensão de produção do conhecimento da proposta de A&A desenvolvida pelo CGEE delinea duas possibilidades de análise. Uma das possibilidades dimensiona o impacto das modalidades de formação nas redes de coautorias internacionais, ou seja, busca responder se houve alguma mudança no perfil de participantes do programa, nas formas de cooperação internacional, nas agendas de pesquisa e no valor adicionado à base de conhecimento nacional e ao desenvolvimento tecnológico e de inovação, em função dos sete tipos de bolsas concedidos para mobilidade acadêmica internacional.

Todavia, este trabalho pretende colaborar de forma mais intensa com a segunda vertente de análise proposta pelo CGEE, a qual diz respeito ao impacto do programa Ciência sem Fronteiras nas coautorias internacionais por área de conhecimento e/ou temas prioritários, utilizando técnicas de bibliometria.

O Ciência sem Fronteiras contempla dezoito áreas prioritárias de conhecimento. A delimitação apresentada da proposição metodológica permite que sejam realizadas análises das redes de coautorias internacionais, separadamente, para cada uma das referidas áreas. As áreas prioritárias do Ciência sem Fronteiras são, em grande parte, multidisciplinares ou interdisciplinares e por isso podem receber contribuições científicas de diversas áreas do conhecimento. Tendo isso em vista, os procedimentos de coleta e recuperação de dados de publicações para a área prioritária em estudo devem estar alinhados com uma estratégia de busca por

expressões que remetam ao tema e que permitam o acesso a publicações relevantes ao mesmo tempo em que evita-se a recuperação de publicações não relevantes.

A área prioritária de exemplo para esta pesquisa sobre redes de coautorias internacionais é a de Biodiversidade e Bioprospecção. A figura 19 mostra visualmente um fluxograma de delimitação metodológica.

Figura 19 – Fluxograma de delimitação metodológica

Fonte: Elaborado pelo autor.

É importante ressaltar que este campo recebe contribuições das áreas de biologia, botânica, zoologia, química, agronomia e várias ciências sociais. Além disso, por ser uma área de estudos relativamente nova, o vocabulário característico ainda está em consolidação e, por isso, pode levar a uma baixa recuperação de publicações nas buscas por palavras-chave.

Um dos fatores preponderantes para a escolha desta área prioritária como exemplo é a existência de um conjunto de palavras-chave já selecionadas que identificam o vocabulário característico. As palavras-chave identificadas e a estratégia de busca desenvolvida estão detalhadas no documento “Avaliação do Programa Ciência sem Fronteiras – Relatório Final” (CGEE, 2013).

Um outro fator relevante é a distribuição de bolsas implementadas para a área. Diferente da tendência global do Ciência sem Fronteiras no que tange a distribuição de bolsas por formação, em que 78,97% das bolsas implementadas foram para graduação sanduíche, a distribuição para a área de Biodiversidade e Bioprospecção foi de apenas 34,50% para graduação, sobressaindo-se 58,79% para a pós-graduação e os 6,70% restantes distribuídos para bolsas no Brasil de Pesquisador Visitante Especial e Atração de Jovens Talentos. O gráfico 7 demonstra os valores percentuais aproximados de distribuição de bolsas por formação (7a) e os valores absolutos de bolsas distribuídas por modalidade (7b), ambos para a área prioritária em discussão.

Gráfico 7 – Distribuição de bolsas do Ciência sem Fronteiras implementadas para a área prioritária Biodiversidade e Bioprospecção (a) por formação e (b) por modalidade

Fonte: BRASIL, 2016a.

Para a realização de análise da dinâmica das redes de coautorias internacionais é desejável que os dados utilizados contemplem uma janela temporal anterior aos eventos de interesse. Dessa maneira, sugere-se a coleta de dados históricos seja feita a partir de 2002 de modo que seja possível avaliar tendências e padrões dos mapas de coautoria em período de pelo menos uma década anterior à implementação do programa Ciência sem Fronteiras.

Em concordância com CGEE (2013), a base de dados científica a ser utilizada para a execução do estudo das redes de coautorias internacionais por área de conhecimento ou temas prioritários do programa Ciência sem Fronteiras deve ser multidisciplinar e abrangente. A escolha da base de dados também deve levar em consideração o método de indexação, o qual deve registrar os dados bibliográficos

completos para cada documento incorporado, e, para o caso em questão, deve constar especialmente os endereços (com país) de todos os autores das publicações.

Dados de coautoria como medida de colaboração científica também tem sido criticados por conta das bases de dados usadas na construção de tais indicadores [de relação entre pesquisadores], qual seja, o Science Citation Index (Web of Science) e a Scopus, dado que ambas apresentam problema de cobertura das publicações de algumas áreas do conhecimento, especialidades e países (principalmente aqueles menos desenvolvidos e de língua não inglesa). (CGEE, 2013)

A fonte de dados sugerida por este estudo é a base de dados multidisciplinar *Web of Science* (WoS) da Thomson Reuters. Esta base unificada agrega dados de três conjuntos principais: ciência e tecnologia (SCI⁴⁴); ciências sociais (SSCI⁴⁵); e artes e humanidades (AHCI⁴⁶). Além disso, possui um dos maiores e mais abrangentes repositórios do mundo, com informações de publicações centenárias, cerca de noventa milhões de registros, mais de oitocentos milhões referências de citações e segue rigorosos critérios de qualidade adotados pela Thompson Scientific Information. Outra base sugerida para o estudo que apresenta critério necessários de acordo com esta metodologia é a Scopus. Os membros da comunidade acadêmica brasileira podem acessar ambas as bases via Portal de Periódicos da CAPES⁴⁷.

A WoS possui dois tipos de busca: i) o tipo *General Search* (pesquisa geral, em português) permite como principal forma de pesquisa o uso de truncagem (? *\$), operadores booleanos (and, or, not) e operadores de proximidade (same); ii) o tipo *Advanced Search* (pesquisa avançada) possibilita a criação de consultas complexas com rótulos de campos com dois caracteres (quadro 6).

Quadro 6 – Rótulos de campo para Pesquisa Avançada na base Web of Science

(continua)

TS= Tópico	CF= Conferência	ZP= CEP/Código postal
TI= Título	AD= Endereço	FO= Agência financiadora

⁴⁴ Science Citation Index (SCI), em inglês.

⁴⁵ Social Science Citation Index (SSCI), em inglês.

⁴⁶ Arts and Humanities Citation Index (AHCI), em inglês.

⁴⁷ O Portal de Periódicos da CAPES é uma biblioteca virtual que reúne e disponibiliza a instituições de ensino e pesquisa no Brasil um acervo de mais de 37 mil títulos com texto completo, 126 bases referenciais, 11 bases dedicadas exclusivamente a patentes, além de livros, enciclopédias e obras de referência, normas técnicas, estatísticas e conteúdo audiovisual. Acesso online em: <www.periodicos.capes.gov.br>.

(conclusão)

AU= Autor	OG= Organização - Consolidada	FG= Número do subsídio
AI= Identificadores de autor	OO= Organização	FT= Texto sobre financiamento
GP= Autor grupo	SG= Suborganização	SU= Área de pesquisa
ED= Editor	SA= Endereço da Rua	WC= Categoria Web of Science
SO= Nome da publicação	CI= Cidade	IS= ISSN/ISBN
DO= DOI	PS= Província/Estado	UT= Número de acesso
PY= Ano de publicação	CU= País	PMID= ID PubMed

Fonte: Web of Science. Tradução nossa.

Para a área de Biodiversidade e Bioprospecção o CGEE elaborou uma estratégia de caráter exploratório composta por um grande conjunto de palavras-chave testadas e selecionadas que serão utilizadas em um processo complexo de busca. Os procedimentos descritos abaixo são, portanto, retirados do documento “Avaliação do Ciência sem Fronteiras – Relatório Final” (CGEE, 2013).

O primeiro passo inicia-se utilizando palavras-chave da literatura disponíveis e presentes na Plataforma Lattes de pesquisadores que realizam algum tipo de atividade na área. O quadro 7 mostra o passo inicial da estratégia de recuperação utilizando a Busca Geral.

Quadro 7 – Estratégia de recuperação na WoS: passo 1

Expressão

TS=((prospect* or extract* and (phytochemical or medicinal plant* or phytoterapic* or natural products or organic synthesis)))

TS=(natural products or botanical products or medicinal plants or herbs or herbal medicines or phytotherapy or phytomedicines or phytomedicinals or phytochemical substances or phytopharmaceutic products or aromatic oils or essential oils or fatty oils or vegetable oils or bioactive constituents or bioactive substances or plant pharmacology)

TS=(natural products or plant extracts or botanical products or medicinal plants or herbs or herbal medicines or phytotherapy or phytomedicines or phytomedicinals or phytochemical substances or phytochemistry substances or phytopharmaceutic products or aromatic oils or essential oils or fatty oils or vegetable oils or bioactive constituents or bioactive substances or plant pharmacology)

Fonte: CGEE, 2013.

De caráter exploratório, essas primeiras expressões irão servir de subsídio para a formulação de expressões mais refinadas e para identificar como a área está organizada na base de dados. Na segunda etapa, insere-se palavras-chave ligadas a outros contextos da temática selecionada, tais como o conhecimento tradicional, genética e biologia molecular (quadro 8).

Quadro 8 – Estratégia de recuperação na WoS: passo 2 (CGEE, 2013)

Expressão	
TS=(((ethnobotan* or ethnopharm* or bioprospect* or indi* knowledge or traditional knowledge) or (prospection or prospect or extract and (plant-derived drugs or bio* or microorganism* or microbi* or molecular-genetic* or genetics-plant or molecular biology or plant* or animal*))))	
TS=(((ethnobotan* or ethnopharm* or bioprospect* or indi* knowledge or traditional knowledge or biodiversity prospecting) or (prospection or prospect or extract and (plantderived drugs or bio* or microorganism* or microbi* or molecular-genetic* or genetics-plant or molecular biology or plant* or animal*))))	
TS=(((ethnobotan* or ethnopharm* or bioprospect* or indi* knowledge or traditional knowledge or biodiversity prospecting) or (prospection or prospect or extract and (plantderived drugs or microorganism* or microbi* or molecular-genetic* or genetics-plant or molecular biology or plant*))))	

Fonte: CGEE, 2013.

No caso da área selecionada essas expressões ainda não são suficientemente precisas, pois não recuperaram documentos indexados a partir de outros contextos, mas servem como subsídio ao refinamento das palavras usadas nas futuras expressões. Assim, os registros recuperados a partir das expressões do quadro 8 sofrem tratamento bibliométrico, de forma que seja possível elaborar um *ranking* das principais palavras ligadas ao tema, e, a partir desta compilação, trabalhar com expressões mais focadas (quadro 9).

Quadro 9 – Estratégia de busca na WoS: passo 3, palavras refinadas

(continua)

Palavras Refinadas	
Verbos	collect*, test*, discover*, exploit*, sampl*, extract*, screen*, Mining, mapping, sensing, research*, prospect*

(conclusão)

Palavras Refinadas

Foco	marine, flora, plants, fauna, micro-organisms, animals, microbial, bacterias, virus, herbal, fungal, soil, fungus, insects, fungi, species, mammalian, Bioresources, natural product, genetic, genomic, biochemical, medicinal, pharmaceutical
Outras	Ethnobotany , ethnopharmacology , indigenous knowledge OR traditional knowledge, Ethnomedicinal, Bioprospecting, biodiversity prospection, Biodiscovery

Expressão resultante

(collecting or testing or discover* or exploit* or sampling or extracting or screening or mining or mapping or sensing or research* or prospect* bioprospect*) and (marine* or flora* or plant or plants or fauna or microorganism* or animal* or microbial* or bacteria* or herbal or fungal or soil or fungus or insect* or fungi or specie* or mammalian* or bioresources or natural product* or ethnobotany or ethnopharmacology or indigenous knowledge or traditional knowledge or ethnomedicinal or biodiversity prospection or biodiscovery or molecular biology

Fonte: (CGEE, 2013).

A partir da expressão resultante, o melhor caminho é a combinação de diferentes expressões. Para isso, recomenda-se o uso da modalidade de busca avançada do WoS. Assim, executam-se diversas expressões de busca, restringindo o país de publicação (Brasil) e o período (2002-2015), e combina-se as mesmas com outras expressões (quadro 10), recuperando, assim, milhares de registros.

Quadro 10 – Estratégia de busca na WoS: passo 4, buscas combinadas

(continua)

#1 TS=(bioprospect* or biodiversity prospection or biodiscovery) AND CU=(Brazil)
#2 TS=((ethnobotany or ethnopharmacology or indigenous knowledge or traditional knowledge or ethnomedicinal)) AND CU=(Brazil)
#3 TS=(drug or drugs or crop or crops or disease or diseases or food) AND CU=(Brazil)
#4 TS=(genomic* or biochemical* or medicinal or pharmaceutical*) AND CU=(Brazil)
#5 TS=(marine or flora or plants or plant or fauna or micro-organism* or microorganism* or animal* or microbia* or bacteria* or herbal or fungal or fungus or insect* or fungi or species or bioresource* or genetic resource* or natural resource* or natural product*) AND CU=(Brazil)
#6 TS=(discover* or prospect* or collecting or testing or exploiting or sampling or extracting or screening or mining or mapping or sensing or researching) AND CU=(Brazil)

(conclusão)

#7 #2 and (#3 or #4 or #5 or #6)

#8 #2 not #7

#9 TS=(ethnobotany or ethnopharmacology or indigenous knowledge or traditional knowledge or ethnomedicin*) AND CU=(Brazil)

#10 TS=(ethno botany or ethnobotany or ethno pharmacology or ethnopharmacology or indigenous knowledge or traditional knowledge or ethnomedicin*) AND CU=(Brazil)

#11 #10 and (#3 or #4 or #5 or #6)

#12 #10 and (#3 or #4)

#13 #5 and (#3 or #4 or #6)

#14 TI=((ethnobotany or ethnopharmacology or indigenous knowledge or traditional knowledge or ethnomedicinal)) AND CU=(Brazil)

#15 TI=(drug or drugs or crop or crops or disease or diseases or food) AND CU=(Brazil)

#16 TI=(genomic* or biochemical* or medicinal or pharmaceutical*) AND CU=(Brazil)

#17 TI=(marine or flora or plants or plant or fauna or micro-organism* or microorganism* or animal* or microbia* or bacteria* or herbal or fungal or fungus or insect* or fungi or species or bioresource* or genetic resource* or natural resource* or natural product*) AND CU=(Brazil)

#18 TI=(discover* or prospect* or collecting or testing or exploiting or sampling or extracting

or screening or mining or mapping or sensing or researching) AND CU=(Brazil)

#19 #17 and (#15 or #16 or #18)

#20 #14 and (#15 or #16 or #17 or #18)

Fonte: CGEE, 2013.

É possível utilizar os mesmos passos da estratégia de busca para cada área prioritária a fim de se obter palavras-chave específicas a cada vocabulário. Todavia, recomenda-se o acompanhamento de uma banca de especialistas que possam determinar as palavras-chave da respectiva área, de forma que a coleta de dados a serem buscadas na base contemple de maneira mais fidedigna as publicações de interesse.

Uma vez aplicada a estratégia de busca na base de dados, os registros recuperados devem ser salvos em formato texto (*Save to plain Text*) – *Full Record*. O arquivo texto (ou arquivos) deve ser importado para um software bibliométrico que irá gerar listas/rankings, matrizes de co-ocorrências e mapas de coautoria (figura 20).

Figura 20 – Matriz de dados bibliométricos no software VantagePoint

Fonte: CGEE, 2013.

Os registros recuperados na base WoS podem apresentar alguns problemas de afiliação institucional (“País” e “instituição”). Esses problemas ocorrem devido a erros cometidos durante a indexação dos artigos e a ocorrência de diversos nomes para designar uma mesma instituição. Sendo necessária uma padronização prévia desses dois campos, unindo os territórios ultramarinos às suas matrizes e procedendo à uniformização de nomes de instituições, como o caso de universidades, que muitas vezes são registrados pelas unidades e ou abreviações.

Mapas de Coautoria

Com os dados dos registros podem ser criados listas e matrizes utilizando os campos: afiliação institucional, cidade, país, revista de publicação e ano. Os dados serão transferidos para planilha tabelada (onde serão geradas representações gráficas para os indicadores). Para confecção dos mapas de coautoria, que basicamente são uma representação em grafos das redes de coautorias, a matriz em formato Excel (ou qualquer outro software com formato de planilha) deve ser importada para software de elaboração gráfica de redes.

A análise dos dados e das redes de coautorias internacionais deve ser realizada após a construção dos mapas de coautoria ano a ano de acordo com o período delimitado, como mostra o exemplo na figura 21. Análises estatísticas e métricas básicas de avaliação de redes como medidas de centralidade, clusterização, grau médio e comprimento de caminho mínimo, devem realizadas para cada um dos mapas.

Figura 21 – Mapa de coautorias internacionais para a área de biodiversidade e bioprospecção no ano de 2011

Fonte: CGEE, 2013.

Espera-se poder observar tendências e compreender melhor a estrutura dessas redes. Um estudo bibliométrico dessa natureza permitirá a observação da evolução do número de publicações, redes de colaboração, revistas científicas mais relevantes. Sabendo da cronologia de fatos políticos e contexto situacional, a exemplo da implementação do programa Ciência sem Fronteiras que enviou a primeira turma de bolsistas em janeiro de 2012, verificar-se-á se pode haver alguma relação de influência (positiva, negativa ou neutra) do programa Ciência sem Fronteiras nas redes de coautorias internacionais para cada uma das áreas prioritárias. Neste sentido, poderia ser possível indicar se os investimentos em mobilidade acadêmica internacional podem ser (ou não) um mecanismo eficaz no fomento à colaboração científica internacional.

3.2 Modelo de Simulação Boltzmann-Lotka-Volterra: uma alternativa

Nesta subseção apresenta-se uma sugestão alternativa de avaliação e otimização dos benefícios dos programas de mobilidade acadêmica internacional. O processo de mobilidade acadêmica internacional permite que estudantes e pesquisadores de uma Instituição de Ensino Superior (IES) possam estudar em IES de países estrangeiros de forma livre ou como parte de algum programa de bolsas. No Brasil, exemplos de programas consolidados são: CAPES/COFECUB⁴⁸, BRAFITEC⁴⁹, Duplo Diploma, CAPES/SECyT⁵⁰, UNIBRAL⁵¹, Erasmus Mundus, Programa Alfa, Santander Universidades, entre outros. Em 2012, o governo brasileiro lançou o programa Ciência sem Fronteiras como uma política pública de Ciência, Tecnologia e Inovação, e aumentou expressivamente o número de bolsistas no exterior a partir de grande cifra de investimentos público-privado que ultrapassa os R\$10 bilhões.

Cada país de destino tem características diferentes quanto ao número de universidades parceiras e vagas oferecidas, quanto aos rankings de produção de conhecimento científico (quantidade e qualidade de publicações de artigos) e conhecimento tecnológico (patentes e inovações), quanto ao investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) em relação à porcentagem do PIB, quanto ao custo de vida e estudo, entre outros. Cada estudante também tem necessidades e gastos diferentes de acordo com a universidade e localização de origem que se encontra no Brasil e de acordo com o país e universidade de destino.

Os métodos da mecânica estatística introduzidos por Boltzmann são considerados poderosos para construção de modelos. Estes métodos vêm sendo generalizados e utilizados para amplas aplicações, em particular para a previsão de fluxos entre zonas em sistemas espaciais. É também o caso do modelo presa-predador de Lotka e Volterra, o qual vem sendo aplicado em uma variedade de contextos para além da ecologia.

Esta proposição foi construída como parte da disciplina SCX5003 – Sistemas Complexos II do programa de pós-graduação em Modelagem de Sistemas Complexos

⁴⁸ Comitê Francês de Avaliação da Cooperação Universitária e Científica com o Brasil (COFECUB).

⁴⁹ BRASil France Ingénieur TECnologia (BRAFITEC).

⁵⁰ Secretaría de Ciencia e Tecnología (SECyT) da Argentina.

⁵¹ Programa de Parcerias Universitárias Brasil-Alemanha.

da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo e apresenta uma proposta de trabalho de aplicação do modelo Boltzmann-Lotka-Volterra (BLV) (WILSON, 2008; FRY, 2010) ao cenário de investimentos públicos em bolsas para estudantes de mobilidade acadêmica internacional. O modelo visa verificar a otimização dos investimentos a partir do entendimento dos fluxos de gastos com intercâmbio pelo governo e propor a maximização dos benefícios esperados para o país.

Formulação do problema

Considere o Brasil como uma região que contém IES (i) e considere países estrangeiros (j). Define-se:

- $\{X_i\}$ O gasto total dos estudantes de intercâmbio das IES i .
- $\{Z_j\}$ O número de IES parceiras no país j .
- $\{Y_{ij}\}$ O gasto dos estudantes de intercâmbio no país j vindos da IES i .
- $\{c_{ij}\}$ A impedância ou custo de um aluno em i para estudar no país j .
- $\{b_j\}$ O benefício de um estudante em i em estudar no país j .
- D_j O gasto total de estudantes em intercâmbio no país j .
- κ Os custos de recebimento de estudantes por IES parceira no exterior.

Os índices dizem respeito a que região está sendo referida. Por exemplo, Z_1 pode ser o número de IES parceiras na Alemanha e Z_2 o número de IES parceiras na Austrália.

O índice de atração do país j para um estudante da IES i pode ser analisado como:

$$\text{benefício} - \text{custo} = \bar{a}b_j - \bar{b}c_{ij}, \quad (1)$$

ponderado por constantes $\bar{a}$ e $\bar{b}$. Note que o benefício é determinado somente por características de j , enquanto o custo leva em consideração de onde o estudante vem. Assume-se que o benefício de j é o logaritmo natural do seu número de IES parceiras:

$$b_j = \log Z_j. \quad (2)$$

Um país com muitas IES é benéfico, enquanto um país com poucas IES (abaixo de um limiar crítico) se torna desvantajoso para o estudante ir fazer intercâmbio lá.

Considere a informação que temos sobre o sistema na forma de uma hierarquia:

- No nível mais alto – o macroestado – temos a informação sobre o gasto total Z_j de estudantes em cada país j e o gasto total X_i de estudantes vindos da IES i .
- Logo abaixo, um entendimento mais detalhado seria dado pelo valor gasto por estudantes de cada IES i em cada país j . Este segundo (e mais baixo) macroestado é o conjunto de fluxos de gastos Y_{ij} .
- Em seguida no microestado, uma descrição completa de todo o problema seria dada pelo padrão de gastos com intercâmbio de cada estudante da IES i ; em que país j eles estudaram e qual foi o gasto individual.

Assumindo que as informações sobre o macroestado de nível mais alto são conhecidas, X_i e Z_j , e mais nada se sabe, este método busca descobrir o mais provável conjunto de fluxo de gastos com estudantes de intercâmbio Y_{ij} . Também se conhece o seguinte:

- (I) $\sum_j Y_{ij} = X_i$ O gasto dos estudantes da IES i em todos os países estrangeiros j deve ser igual ao gasto total X_i .
- (II) $\sum_{ij} Y_{ij} c_{ij} = C$ O custo total tem um valor C , análogo de certa forma ao sistema de energia.
- (III) $\sum_{ij} Y_{ij} \log Z_j = B$ Há um benefício total ou capacidade no sistema.
- (IV) $D_j = \sum_i Y_{ij}$ O conjunto do fluxo total pode ser calculado como o somatório de todos os fluxos.

Modelagem do fluxo de gastos Y_{ij}

Se Y é a quantidade total de investimento disponível no sistema, podemos escrever o número de possíveis (distinguíveis) microestados que poderiam se tornar um específico conjunto de fluxo de gastos Y_{ij} :

$$W(\{Y_{ij}\}) = \frac{Y!}{\prod_{ij} Y_{ij}!}. \quad (3)$$

Se todos os microestados são igualmente prováveis então $W(\{Y_{ij}\})$ serão proporcionais à probabilidade de que um dado Y_{ij} irá ocorrer. O objetivo deste método é encontrar o mais provável conjunto de fluxos gastos dentre todos os possíveis e isso

deve ser feito por maximização. Isto pode ser mostrado como equivalente a maximizar a entropia de um sistema.

Primeiramente, calculando o $\log$ de:

$$\log W(\{Y_{ij}\}) = \log Y! - \sum_{ij} \log Y_{ij}!, \quad (4)$$

e aplicando a aproximação de Stirling para o $\log$ de um fatorial

$$\log W(\{Y_{ij}\}) = \log Y! - \sum_{ij} Y_{ij} \log Y_{ij} - Y_{ij} \quad (5)$$

ou, melhor,

$$\log W(\{Y_{ij}\}) = \log Y! - \sum_{ij} Y_{ij} \log Y_{ij} + \sum_i \left(\sum_j Y_{ij} \right). \quad (6)$$

A partir de (I), o último termo é apenas $\sum_i X_i$. Desde que Y e X_i sejam ambos fixos, maximizar (6) é equivalente a maximizar

$$S = - \sum_{ij} Y_{ij} \log Y_{ij} \quad (7)$$

que é idêntico ao modelo para entropia probabilística dado por Shannon em 1929.

O objetivo é então maximizar (7), sujeito às restrições (I), (II) e (III). Para isso, o método dos multiplicadores de Lagrange é utilizado, i.e. resolvendo $\nabla \Lambda = 0$, onde

$$\begin{aligned} \Lambda(Y_{ij}, \alpha, \beta, \gamma) = & - \sum_{ij} Y_{ij} \log Y_{ij} + \alpha \left(\sum_{ij} Y_{ij} \log Z_j - B \right) - \beta \left(\sum_{ij} Y_{ij} c_{ij} - C \right) \dots \\ & - \sum_i \gamma_i \left(\sum_j Y_{ij} - X_i \right), \end{aligned} \quad (8)$$

para multiplicadores de Lagrange α, β, γ_i .

Resolvendo e interpretando, o fluxo de gastos para um dado país j pode ser equivalente ao seu relativo índice de atratividade para um estudante em uma IES i vezes o potencial de gastos totais de i , X_i .

Considerações sobre o modelo BLV

Através das bases de dados do governo, da base de dados GEOCAPES, das séries históricas do CNPq, da Lei de Acesso à Informação e da busca em outros

meios, é possível obter informações sobre as IES brasileiras que enviam estudantes para intercâmbio internacionais, para que universidades parceiras e países vão estes bolsistas, bem como os custos médios de cada intercâmbio. Em posse de tais dados, propõe-se que seja aplicado o modelo Boltzmann-Lotka-Volterra no contexto de mobilidade acadêmica internacional para verificar a otimização dos investimentos a partir do entendimento dos fluxos de gastos com intercâmbio pelo governo e propor a maximização dos benefícios esperados para o país.

Vale ressaltar que este modelo é apenas uma proposição teórica e alternativa para colaborar com a avaliação e otimização de programas de mobilidade acadêmica internacional, ainda passível de melhorias e implementação computacional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção de resultados e discussão segue uma ordem lógica de acordo com o ciclo de políticas públicas e está segmentada em três partes. Inicialmente apresenta-se uma contextualização sobre o cenário de formação de recursos humanos e de produção do conhecimento a partir de dados históricos consolidados, permitindo identificar a situação do Brasil no cenário internacional e as estratégias a partir disso. A segunda parte traz dados e análises sobre a execução de investimentos em bolsas de formação de recursos humanos por parte das agências CAPES e CNPQ, além de relacionar as implicações do programa Ciência sem Fronteiras nesses investimentos. Por fim, a seção discute sobre colaboração científica internacional e demonstra brevemente a dinâmica de colaboração entre pesquisadores e países. A última parte também evidencia os principais países que receberam bolsistas do Ciência sem Fronteiras, além de dissertar sobre limitações da metodologia de avaliação do CGEE e propor novas abordagens.

4.1 Formação de Recursos Humanos e Produção De Conhecimento

A formação de recursos humanos qualificados em ciências básicas, engenharias e demais áreas tecnológicas é essencial para o funcionamento dos sistemas de ciência, tecnologia e inovação e, conseqüentemente, para o desenvolvimento de longo prazo dos países. No início da década, em 2010, o Brasil formou 40.921 engenheiros, quantidade equivalente a apenas 4,93% de todos os 829.286 diplomas entregues aos concluintes do ensino superior naquele ano (BRASIL, 2010). A título de comparação com países do BRICS, consideradas as proporções populacionais, em 2009 a China formou cerca de 650.000 engenheiros, a Índia 220.000 e a Rússia 190.000 (COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR, 2011). De acordo com estimativas do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA, 2014), o Brasil tem um déficit de 20.000 engenheiros por ano, problema este que se agravou nos últimos anos devido à demanda por esses profissionais decorrentes das obras do programa Minha Casa Minha Vida, obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), do pré-sal, da Copa do Mundo de 2014 e dos Jogos Olímpicos de 2016, além dos setores tradicionais que já absorvem essa mão de obra.

Para a área de ‘ciências, matemática e computação’, que contempla 35 cursos de nível superior agrupados em 11 subáreas, o número de concluintes em 2010 foi equivalente 6,29% do total de diplomados no país (BRASIL, 2010). A tabela 5 apresenta o número de concluintes em ciências, matemática e computação, em 2010, por subáreas e por tipo de Instituição de Ensino Superior.

Tabela 5 – Concluintes em Ciências, Matemática e Computação por subárea e por tipo de IES no ano de 2010

Subáreas em Ciências, Matemática e Computação	IES Pública			IES Privada	Total
	Federal	Estadual	Municipal		
Biologia e bioquímica	2015	827	93	6685	9620
Ciência da computação	1405	963	318	11588	14274
Ciências ambientais	293	103	--	69	465
Ciências da terra	1212	434	--	446	2092
Ciências físicas (cursos gerais)	2	--	--	60	62
Estatística	402	186	--	143	731
Física	414	248	--	46	708
Matemática	172	84	--	2	258
Processamento da informação	711	1877	234	17148	19970
Química	840	501	--	1223	2564
Uso do computador	77	--	84	1222	1383
Total	7543	5223	729	38632	52127

Fonte: Censo da Educação Superior (MEC, 2010).

Quando analisamos a disponibilidade de recursos humanos no país que atuam com pesquisa e desenvolvimento (P&D), vemos que o Brasil possui cerca de 700 profissionais em P&D para cada um milhão de habitantes. Isso é pouco se comparado com países desenvolvidos como Estados Unidos, Canadá e Reino Unido, que possuem cerca de 4.000 pesquisadores por milhão de habitantes, ou a Dinamarca e Israel, que possuem, respectivamente, mais de 7.000 e 8.000 pesquisadores por milhão de habitantes no país. O Brasil também investe proporcionalmente menos recursos em P&D do que os países desenvolvidos. O atual cenário de investimento em P&D no Brasil é da ordem de 1,2% do Produto Interno Bruto (PIB) e a ENCTI 2016-2019 (BRASIL, 2016) propôs a difícil meta de alcançar a faixa de 2% de investimentos do PIB em P&D até 2019.

O gráfico 8 considera os 85 países que investem pelo menos 0,2% do PIB em P&D e apresenta uma dispersão entre os valores de investimento em P&D e o número

de pesquisadores por milhão. A região amarela do gráfico destaca um claro padrão existente entre os países ricos, que realizam investimentos na ordem 1,5% ou mais e dispõem 4.000 ou mais pesquisadores em P&D por milhão de habitantes.

Gráfico 8 – Dispersão entre investimento em P&D como porcentagem do Produto Interno Bruto (PIB) e pesquisadores em P&D por milhão de habitantes

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Instituto para Estatística (UIS⁵²) da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO).

Nota 1: Pesquisadores que atuam em pesquisa e desenvolvimento (P&D) são profissionais engajados com a concepção ou criação de novos conhecimentos, produtos, processos, métodos ou sistemas e na gestão dos respectivos projetos. Estão incluídos estudantes de doutoramento (ISCED97 nível 6) envolvidos em P&D.

Nota 2: Investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) são gastos correntes e de capital (públicos e privados) em trabalho criativo realizado sistematicamente para aumentar o conhecimento, incluindo conhecimento da humanidade, cultura e sociedade, e o uso de conhecimento para novas aplicações. P&D envolve pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental.

Nota 3: Os dados de cada país são uma média anual calculada entre os anos de 2005 a 2015.

⁵² UNESCO Institute for Statistics (UIS), em inglês.

No que diz respeito à produção de conhecimento e ao desenvolvimento tecnológico, a posição do Brasil como sétima maior economia do mundo (THE WORLD BANK, 2015a) não se reflete nos rankings de produção do conhecimento, vide quantidade e impacto dos trabalhos científicos, nem nos resultados de desenvolvimento tecnológico.

Em um comparativo de década, o Brasil saiu da 17ª posição quanto ao número de publicações indexadas pela Scopus em 2001, quando era responsável por 1,21% da produção científica mundial, para a 13ª colocação no ranking em 2010, quando registrou 49.778 publicações científicas e passou a representar 1,85% (gráfico 9).

Gráfico 9 – Número de artigos brasileiros indexados pela Scopus e percentual em relação ao mundo no período de 1996 a 2015

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da base de dados Scopus⁵³.

Entretanto, é apenas o 23º na classificação por Índice H (SCOPUS, 2016) – índice criado em 2005 por Jorge Hirsch para quantificar a produtividade e o impacto dos trabalhos a partir do número de citações (gráfico 10), bastante utilizado para verificar a qualidade da produção científica de um pesquisador, instituição ou país. O

⁵³ Dados fornecidos por Scimago Lab, disponíveis online em: <<http://www.scimagojr.com/countryrank.php>>.

Índice H do Brasil é 412, ou seja, há 412 publicações científicas com pelo menos 412 citações. Dentre os países do BRICS, estão à frente do Brasil: a China com Índice H 563, a Índia com 426 e a Rússia com 421.

Gráfico 10 – Países com os 30 maiores Índice H acumulado no período 1996-2015, por ordem decrescente

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da base de dados Scopus.

Quando analisados os dados de produção de conhecimento tecnológico, o Brasil demonstra crescimento quanto ao número de pedidos de patentes internacionais registrados no *Patent Cooperation Treaty* (PCT)⁵⁴, saindo de 157 pedidos em 1999 para um pico de 619 pedidos em 2012 (gráfico 11). Porém, quando comparado a outros países, o Brasil é apenas o 25º da lista, indicando pouca expressão no cenário internacional com apenas 0,27% de todos os 202.051 pedidos de patentes internacionais do mundo em 2013. O gráfico 12 mostra como é insignificante esta evolução do Brasil no período 1999-2013 frente aos cinco países que mais realizam pedidos de patentes internacionais via PCT, a saber, Estados Unidos, Japão, China, Alemanha e Coreia. Um fato curioso é que no ano de 2009, em plena crise internacional, a empresa Toyota (Japão) registrou mais de mil patentes no mercado internacional enquanto todas as empresas brasileiras reunidas e somadas não conseguiram registrar nem a metade deste número (ECONÔMICO, 2010).

⁵⁴ O PCT é um tratado internacional que permite simultaneamente o pedido de patente para uma invenção em um grande número de países a partir de um único documento ao invés de registrar diversos pedidos em escritórios nacionais ou regionais separadamente. A lista dos 145 países signatários está disponível em: <http://www.wipo.int/pct/en/pct_contracting_states.html>.

Gráfico 11 – Evolução dos pedidos de patentes internacionais do Brasil no período de 1999 a 2013

Fonte: Elaborado pelo autor com dados dos Indicadores de Ciência e Tecnologia da OCDE.

Gráfico 12 – Comparativo dos Estados Unidos, Japão, China, Alemanha, Coreia e Brasil quanto à evolução dos pedidos de patentes internacionais no período de 1999 a 2013

Fonte: Elaborado pelo autor com dados dos Indicadores de Ciência e Tecnologia da OCDE.

A partir dos dados do gráfico 12, a tabela 6 calcula o crescimento absoluto do número de pedidos de patentes entre os anos de 1999 e 2013 para os seis países em questão, bem como o crescimento percentual. Em 1999 os Estados Unidos realizaram 37.049 pedidos de patentes, valor que o Japão, segundo colocado da lista, foi alcançar apenas em 2010. A China foi o país que proporcionalmente mais cresceu, elevando em 3.716% o número de pedidos de patentes entre 1999 e 2013. Em 2013 Brasil fez 387 pedidos a mais do que em 1999, um crescimento de 247%, realizando um total de 543 pedidos de patentes.

Tabela 6 – Crescimento absoluto e percentual do número de pedidos de patentes internacionais entre os anos de 1999 e 2013 dos países Estados Unidos, Japão, China, Alemanha, Coreia e Brasil

País	Ano		Crescimento absoluto	Crescimento percentual
	1999	2013		
Estados Unidos	37.049	59.081	22032	59 %
Japão	8.273	41.898	33625	406 %
China	537	20.497	19960	3.716 %
Alemanha	12.178	16.986	4808	39 %
Coreia	1.168	12.067	10899	933 %
Brasil	157	543	387	247 %

Fonte: Elaborado pelo autor com dados dos Indicadores de Ciência e Tecnologia da OCDE.

Diante dos dados e informações supracitados, pode-se identificar dois problemas principais acerca do cenário brasileiro em ciência, tecnologia e inovação no início da década de 2010:

1. Déficit de **recursos humanos qualificados**, especialmente nas áreas de ciências básicas, engenharias e demais áreas tecnológicas;
2. Baixa **inserção científica no cenário internacional**.

Neste sentido, argumenta-se que, dada a caracterização do Brasil no cenário internacional, tanto em termos de formação de recursos humanos quanto em produção de conhecimento científico e tecnológico, havia em 2011 justificativas plausíveis para a criação de um programa de mobilidade acadêmica internacional. Este argumento é reforçado estrategicamente com a definição das linhas de ação da ENCTI 2012-2015 que visam, igualmente, “ampliar e robustecer a formação de **recursos humanos estratégicos**, com foco nas ciências básicas e nas engenharias (...) e o consequente aumento da **inserção da ciência brasileira nas redes**

internacionais de P&D” (BRASIL, 2012. Grifo nosso).

Também na ECNTI 2012-2015, o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação delineou os programas prioritários para os setores portadores de futuro. O programa CsF, planejado para ser uma política com quatro anos de implementação, alinha-se a essa estratégia de governo ao indicar dezoito áreas contempladas para a destinação de bolsas de mobilidade acadêmica internacional. O quadro 11 apresenta uma análise comparativa entre os programas prioritários para os setores portadores de futuro elencados pela ENCTI 2012-2015 e as áreas contempladas pelo Ciência sem Fronteiras, com destaque em azul e verde para as áreas diretamente relacionadas.

É possível ver que há coesão entre a ENCTI e o Ciência sem Fronteiras, indicando que o programa foi uma demanda do MCTI atrelada a uma estratégia governamental. Após a fase de formação da agenda dentro do ciclo de políticas públicas, surge em 2011 a formulação do Ciência sem Fronteiras como política pública, um programa que busca “promover a consolidação, expansão e **internacionalização** da ciência e tecnologia, da inovação e da competitividade brasileira por meio do **intercâmbio e da mobilidade internacional [de recursos humanos]**” (BRASIL, 2011. Grifo nosso). Portanto, justifica-se a criação de um programa de internacionalização visando a formação de recursos humanos e produção do conhecimento através da mobilidade acadêmica internacional.

Posteriormente ao lançamento do CsF, a existência de políticas públicas de internacionalização é reforçada pelo Plano Nacional da Educação (PNE), aprovado pela Lei nº 13.005/2014. Dentre as 20 metas do plano, três estão diretamente ligadas ao ensino superior, estando a pauta da internacionalização presente em todas elas:

Meta 12.12) Consolidar e ampliar programas e ações de incentivo à **mobilidade estudantil** e docentes em cursos de graduação e pós-graduação, em **âmbito nacional e internacional**, tendo em vista o enriquecimento da formação de nível superior. [...]

Meta 13.7) Fomentar a formação de consórcios entre IES públicas, com vistas a potencializar a atuação regional, inclusive por meio de plano de desenvolvimento institucional integrado, assegurando maior **visibilidade nacional e internacional** às atividades de ensino, pesquisa e extensão. [...]

Meta 14.9) Consolidar programas, projetos e ações que objetivem a **internacionalização da pesquisa e da pós-graduação** brasileiras, incentivando a atuação em rede e o fortalecimento de grupos de pesquisa

Meta 14.10) promover o **intercâmbio científico e tecnológico**, nacional e internacional, entre as instituições de ensino, pesquisa e extensão;

Meta 14.13) aumentar qualitativa e quantitativamente o desempenho científico e tecnológico do País e a **competitividade internacional** da pesquisa brasileira, ampliando a cooperação científica com empresas, Instituições de Educação Superior - IES e demais Instituições Científicas e Tecnológicas – ICTs. (BRASIL, 2014. Grifo nosso).

Quadro 11 – Programas prioritários da Estratégica Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2012-2015 e áreas contempladas pelo Ciência sem Fronteiras

ENCTI 2012-2015 Programas prioritários para os setores portadores de futuro	Áreas Contempladas pelo Ciência sem Fronteiras
Aeroespacial	Tecnologia Aeroespacial;
Biodiversidade	Biodiversidade e Bioprospecção;
Biotecnologia	Biotecnologia;
C,T&I para o Desenvolvimento Social	Biologia, Ciências Biomédicas e da Saúde;
Complexo Industrial da Defesa	Engenharias e demais áreas tecnológicas;
Energia renovável	Energias Renováveis;
Fármacos e Complexo Industrial da Saúde	Fármacos;
Fomento da economia verde	Produção Agrícola Sustentável;
Fronteiras para a inovação	Indústria Criativa (voltada a produtos e processos para desenvolvimento tecnológico e inovação);
Inclusão produtiva e social	Formação de Tecnólogos.
Mudanças climáticas	Tecnologias de Prevenção e Mitigação de Desastres Naturais;
Nanotecnologia	Nanotecnologia e Novos Materiais;
Nuclear	Tecnologia Mineral;
Oceanos e zonas costeiras	Ciências do Mar;
Petróleo e Gás	Petróleo, Gás e Carvão Mineral;
Popularização da CT&I e melhoria do ensino de ciências	Ciências Exatas e da Terra;
Tecnologias para cidades sustentáveis	Novas Tecnologias de Engenharia Construtiva
TICs – Tecnologias da informação e comunicação	Computação e Tecnologias da Informação;

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de pesquisa documental em materiais do MCTI e do CsF.

4.2 Agências de Fomento: bolsas e investimentos

O programa Ciência sem Fronteiras, no que tange aos recursos financeiro para a implementação da política pública, é custeado por dotações orçamentárias da União consignadas anualmente aos órgãos e entidades envolvidos no programa, observados os limites de movimentação, de empenho e de pagamento fixados anualmente (BRASIL, 2015). Há também outras fontes de recursos provenientes de entidades públicas e privadas, em sua maioria empresas.

Todos os bolsistas do Ciência sem Fronteiras no exterior gozam de auxílios financeiros para deslocamento aéreo, instalação e seguro saúde, além de uma mensalidade cujo os valores estão dispostos por modalidade na tabela 10. Os bolsistas de graduação sanduíche recebem um adicional de auxílio material didático. Os valores de mensalidade para bolsas do Ciência sem Fronteiras no país estão dispostos na tabela 11, de acordo com a Portaria nº 60, de 4 de maio de 2015 da CAPES.

Tabela 7 – Valores de mensalidades de bolsas no exterior para o programa Ciência sem Fronteiras

Modalidade	EUA	Zona Euro	Reino Unido	Canadá	Austrália	Japão	Suíça
	US\$	€	££	C\$	A\$	¥	CHF
Pós-doutorado	2.100	2.100	1.700	2.660	3.000	270.700	2.570
Doutorado Pleno	1.300	1.300	1.300	1.470	1.650	148.890	1.590
Doutorado Sand.	1.300	1.300	1.300	1.470	1.650	148.890	1.590
Mestrado Prof.	1.300	1.300	1.300	1.470	1.650	148.890	1.590
Graduação	870	870	870	984	1.300	99.642	1.060
Sanduíche*	300	300	420	380	380	37357	370

Fonte: Portaria nº 60, de 4 de maio de 2015 da CAPES.

*Nota: Os bolsistas de graduação sanduíche podem receber mensalidades reduzidas caso alojamento e/ou alimentação esteja incluído no pacote da universidade.

US\$ Dólar dos Estados Unidos

€ Euro

££ Libra Esterlina

C\$ Dólar Canadense

A\$ Dólar Austr

¥ Iene

CHF Francos Suíços

Tabela 8 – Valores de mensalidades de bolsas no país para o programa Ciência sem Fronteiras

Modalidade	Mensalidade Valores (R\$)	Auxílio a pesquisa por ano de projeto (R\$)
Pesquisador Visitante Especial	14.000	50.000
Jovens Talentos A	7.000	20.000
Jovens Talentos B	4.100	10.000

Fonte: Portaria nº 60, de 4 de maio de 2015 da CAPES.

O custo médio das bolsas concedidas no âmbito do programa CsF pode variar de acordo com o país de destino. Fatores que influenciam nesta variação são as taxas e/ou anuidades cobradas pelas IES estrangeiras, o tipo de modalidade de bolsa, o período de vigência da bolsa, a realização ou não de cursos de idiomas no exterior, a área prioritária do curso (e.g. algumas áreas podem ter complementação financeira de empresas ou fundações) e a localização da cidade onde o bolsista irá residir. O custo médio anual de um bolsista de acordo com a sua modalidade é apresentado em dólares americanos na tabela 12.

Tabela 9 – Custo médio anual por bolsista do Ciência sem Fronteiras de acordo com a modalidade de bolsa

Modalidade	Valor (US\$)
Pós-doutorado	35.329,14
Doutorado Pleno	39.946,65
Doutorado Sanduíche	33.461,51
Mestrado Profissional	38.288,00
Graduação Sanduíche*	33.752,43

Fonte: Relatório nº 21, de 2015, da Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática (CCTI) do Senado Federal (BRASIL, 2015 apud CAPES; CNPQ, 2015).

Das 101.000 bolsas concedidas, a expectativa era de que 75.000 fossem custeadas pelo governo e 26.000 pela iniciativa privada. O orçamento inicial previsto era de R\$3,16 bilhões (GARDNER, 2011), porém de acordo com dados da CAPES e do CNPq atualizados até 16 de outubro de 2015, o investimento total acumulado com o Ciência sem Fronteiras atingiu o montante de R\$10.333.837.324,48, conforme o gráfico 17 abaixo.

Gráfico 13 – Investimentos do programa Ciência sem Fronteiras (CAPES + CNPq) ano a ano 2011-2015

Fonte: CAPES, CNPQ, 2015.

Apesar do acordo de 26.000 bolsas com a iniciativa privada, até 29 de abril de 2015 as empresas apenas haviam feito repasses da ordem de R\$601.012.136,16⁵⁵, valor bem aquém do esperado. Aproximadamente 66% das despesas do CsF foram provenientes do MEC (gerenciados pela CAPES), e cerca de 34% executados pelo MCTI (gerenciados pelo CNPq). Informações mais detalhadas sobre a origem e execução orçamentária do programa Ciência sem Fronteiras estão disponíveis no Relatório nº 21, de 2015, da Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática (CCTI)⁵⁶ do Senado Federal, de Avaliação de Políticas Públicas referente ao Programa de Formação de Recursos Humanos para Ciência, Tecnologia e Inovação.

Ao analisar os dados de bolsas no exterior oferecidas pelo CNPq, sabe-se que parte é destinada para Formação e Qualificação nos níveis de graduação e doutorado, e outra parte para Estímulo à Pesquisa, especialmente para pós-doutorado. O gráfico 13 apresenta a evolução ano a ano das modalidades de bolsas para o período 1980-2015.

⁵⁵ Valor informado pela CAPES em audiência pública na CCTI do Senado Federal, 29 de abril de 2015.

⁵⁶ O Conselho Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação e a Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação Comunicação e Informática do Senado Federal possuem a mesma sigla, por isso foram diferenciadas nessa dissertação por uma indicação sobrescrita CCT e CCTI, respectivamente.

Gráfico 14 – Número de bolsas no exterior implementadas pelo CNPq por modalidade no período 1980-2014

Fonte: Elaborado pelo autor com dados das séries históricas do CNPq.

As quatro principais modalidades de bolsa no exterior oferecidas pelo CNPq – Pós-doutorado, Doutorado Pleno, Doutorado Sanduíche e Graduação Sanduíche – tiveram evolução perceptível a partir de 2012, início do programa Ciência sem Fronteiras. A tabela 7 apresenta um crescimento comparativo entre a quantidade de bolsas para cada modalidade entre os anos de 2011 e 2015. É importante ressaltar que nesse período de crescimento a maior parte da quantidade total de bolsas do CNPq foi destinada para graduação sanduíche, que saiu de 0 para 6.769, com um pico de 9.155 bolsas em 2014. Para a modalidade de doutorado sanduíche, o aumento foi de 164,70% no período comparado. Houve um crescimento de 991,22% na oferta de bolsas de doutorado pleno no exterior e 507,35% para pós-doutorado no exterior.

Tabela 10 – Crescimento comparativo de bolsas no exterior pelo CNPq, por modalidade, entre os anos 2011 e 2015

Modalidade de bolsa	Ano		Crescimento absoluto	Crescimento em %
	2011	2015		
Graduação	0	6.769	6.769	--
Dout. Sanduíche	222	588	366	164,70 %
Doutorado	96	1.045	949	991,22 %
Pós-doutorado	164	994	830	507,35 %

Fonte: Elaborado pelo autor com dados das séries históricas do CNPq.

A cifra de investimentos em bolsas no exterior pelo CNPq manteve-se estável até 2011 (gráfico 14), com um valor de investimento médio anual de R\$34.648.000,00 entre 2001 e 2011. Em 2012 o montante total investido foi multiplicado por mais de sete vezes em relação ao ano anterior e chegou a quase R\$200.000.000,00. Nos dois anos seguintes o investimento foi consecutivamente dobrado, como mostra a tabela 8, atingindo um valor total de R\$808.094.000,00 em 2014.

Gráfico 15 – Investimento (em milhares de R\$) do CNPq em bolsas no exterior, por modalidade, no período de 2011 a 2014

Fonte: Elaborado pelo autor com dados das séries históricas do CNPq.

Tabela 11 – Investimentos (em milhares de R\$) do CNPq em bolsas no exterior, por modalidade, no período de 2010 a 2014

Modalidade	Ano				
	2010	2011	2012	2013	2014
Pós-Doutorado Exterior	10.165	10.786	26.725	60.164	61.388
Doutorado no Exterior	5.417	5.246	12.619	37.529	51.150
Doutorado Sanduíche no Exterior	8.804	10.078	15.719	30.491	26.477
Graduação Sanduíche no Exterior	--	--	143.380	271.282	665.765
Outros	790	934	1.318	1.664	3.314
Total	25.176	27.044	199.761	401.130	808.094

Fonte: Elaborado pelo autor com dados das séries históricas do CNPq.

O padrão de crescimento do número de bolsas no exterior e do montante de investimento por parte da CAPES é similar ao CNPq. Mas é importante analisar também a estratificação dessas bolsas de acordo com as grandes áreas do conhecimento. Como mostra o gráfico 15, a evolução percentual das bolsas para engenharias e ciências exatas e da terra, em relação ao total de bolsas, cresce significativamente a partir de 2012. De forma oposta, o mesmo gráfico mostra que há redução percentual na distribuição de bolsas para as grandes áreas de humanas, linguística, letras e artes.

Gráfico 16 – Bolsas no exterior concedidas pela CAPES, em porcentagem por grande área, no período 1998-2015

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da plataforma GEOCAPES.

Entretanto, a redução percentual do número de bolsas não necessariamente significa que também houve redução do número absoluto. Na verdade, os dados da CAPES mostram que houve crescimento absoluto na quantidade de bolsas para todas as nove grandes áreas do conhecimento, mesmo com a alta demanda de recursos financeiros alocada para as áreas de ciências básicas e engenharias a partir da implementação do programa Ciência sem Fronteiras em 2012. A tabela 9 mostra que em 2015 foram implementadas 16.195 bolsas no exterior para a grande área de engenharia, demonstrando um crescimento de 881,52% em relação a 2011. A grande área de ciência humanas recebeu 5,82% das bolsas no exterior implementadas pela

CAPES em 2015, equivalente a 2.347 em valores absolutos e significando um crescimento de 161,36% em relação às 898 bolsas no exterior, ou 14,89%, em 2011.

Tabela 12 – Crescimento de bolsas no exterior implementadas pela CAPES entre os anos 2011 e 2015, por grande área

Grande Área	Ano		Crescimento absoluto	Crescimento em %
	2011	2015		
Ciências agrárias	518	2.706	2.188	422,39 %
Ciências biológicas	717	2.351	1.634	227,89 %
Ciências da saúde	489	3.484	2.995	612,47 %
Ciências exatas e da terra	874	5.163	4.289	490,73 %
Ciências humanas	898	2.347	1.449	161,36 %
Ciências sociais aplicadas	468	5.001	4.533	968,59 %
Engenharias	1650	16.195	14.545	881,52 %
Linguística, letras e artes	557	1.355	798	143,27 %
Multidisciplinar	183	1.709	1.526	833,88 %
Total*	6.031	40.324	33.963	533,93 %

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da plataforma GEOCAPES.

*Nota: O número total de bolsas em 2011 e 2015 é equivalente ao valor somado de todas as bolsas por grande área mais as bolsas em que a grande área não foi informada.

Observa-se, portanto, que o aumento de investimentos em bolsas no exterior para as áreas contempladas pelo Ciência sem Fronteiras não demandou realocação de recursos no sentido de reduzir o investimento em bolsas no exterior para as áreas não contempladas. O efeito, na verdade, foi de aumentar a quantidade de bolsas no exterior para todas as grandes áreas. Uma das hipóteses é que outros programas de mobilidade acadêmica já existentes e que tinham vagas disputadas por todas as grandes áreas, agora estão com menos competição, uma vez que o CsF direcionou as áreas contempladas para um único programa.

O programa Ciência sem Fronteiras também não afetou negativamente o número de bolsas da CAPES no país, que vem em uma crescente desde 2008. De 2011, quando o total de bolsas implementadas no país foi 70.233, para 2014, quando o total subiu para 90.065, todas as grandes áreas tiveram evolução positiva, como indicado no gráfico 16.

Gráfico 17 – Número de bolsas no país concedidas pela CAPES, por grande área, no período 1998-2014

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da plataforma GEOCAPES.

Concluindo esta análise sobre bolsas e investimentos, entende-se que o Ciência sem Fronteiras atingiu a meta de concessão de bolsas no exterior, porém extrapolou em cerca de três vezes o orçamento previsto. Apesar do alto orçamento requisitado em um curto período de tempo, o programa não afetou negativamente o investimento em bolsas no exterior para áreas não contempladas pelo programa, causando, na verdade, um “efeito CsF” de aumento do número de bolsas para todas as grandes áreas do conhecimento. O Ciência sem Fronteiras também não interferiu na concessão de bolsas no país, fato que indica a manutenção da complementaridade da formação de recursos humanos tanto no Brasil quanto no exterior durante o período de implementação do programa. O consenso é que o investimento em formação de recursos humanos em todas as áreas do conhecimento é vital para o desenvolvimento científico e tecnológico do país e, neste sentido, o Ciência sem Fronteiras foi um bom estímulo.

Entretanto, é necessário avaliar a importância de balancear os investimentos em mobilidade acadêmica internacional e em fomento à pesquisa, sendo este um dos pontos de crítica do Ciência sem Fronteiras, que, por exemplo, utilizou recursos do FNDCT contra a vontade de parte da comunidade científica. Esta discussão precisa de mais aprofundamento de forma que, especialmente em tempos de crise, o Brasil possa adotar estratégias eficientes e inteligentes para manter o bom funcionamento do SNCTI.

4.3 Colaboração Científica Internacional

A mudança no sentido de uma maior abertura na ciência se baseia na suposição de que a pesquisa financiada por fundos públicos é um bem público. Embora a questão de como a difusão e publicação de ciência deveria ser financiada ainda não ter sido resolvida, a mudança mencionada anteriormente tem recebido apoio de governos e de comunidades científicas em busca de maior eficiência e difusão mais rápida dos conhecimentos para a indústria e sociedade (ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, 2014).

Em um mundo globalizado, a colaboração científica a nível internacional pode ser uma forma de trazer mais eficiência e difusão mais rápida dos conhecimentos para a indústria, para a economia e também para as sociedades de diferentes nações. Apesar do crescimento dos esforços realizados pelo governo nas últimas décadas, os resultados globais do Brasil ainda são tímidos em relação a países como Estados Unidos, China, Reino Unido, Japão e Alemanha, como mostra a figura 22 em um comparativo entre 1998 e 2008. A China foi o país que teve o maior crescimento tanto em termos de volume de publicações científicas quanto em volume de coautorias internacionais, fruto direto do aumento dos investimentos do país realizados em CT&I.

Figura 22 – Comparativo de publicações científicas e artigos em coautoria entre países nos anos 1998 e 2008

Fonte: Relatório 21/2015 da CCT¹ do Senado apud World Bank, 2009.

Nota: O tamanho do círculo representa o volume de publicações; as ligações entre os círculos representam as principais relações de coautoria e sua espessura o volume de publicações em coautoria.

Um estudo de Glänzel e Schubert (2004) demonstra que, com o passar das décadas, há uma tendência de crescimento quanto ao número de países que participam de uma mesma publicação em coautoria. O gráfico 18 demonstra um comparativo percentual de três décadas quanto à quantidade de países envolvidos por publicação internacional, com base na origem das instituições participantes. Em 1990, mais de 93% das publicações em coautoria envolviam apenas dois países, ou seja, menos de 7% das publicações em coautoria internacional tinham a participação de 3 ou mais países. Já em 2000, o percentual de publicações com 3 ou mais países atinge 17%.

Gráfico 18 – Parcela de países envolvidos em publicações internacionais: 1980 – preto, 1990 – cinza, 2000 – branco

Fonte: GLÄNZEL; SCHUBERT, 2004.

Países europeus, além de Estados Unidos, Japão e Austrália, apresentam nas últimas três décadas e meia um crescimento contínuo na razão entre publicações internacionais e o total de publicações – tendência que acelera a partir 2001 –, diferente dos países dos BRICS que não demonstram um padrão de continuidade e parecem seguir uma outra lógica. No Reino Unido, por exemplo, de acordo com as

publicações indexadas pela base de dados Web of Science e coletadas via plataforma InCites™, 26,44% do total de publicações eram em coautoria internacional no ano de 2001, subindo para 47,83% em 2015 (THOMSOM REUTERS, 2016).

Dentre as publicações científicas realizadas por pesquisadores com afiliação institucional no Brasil em 1980, 17,61% possuíam pelo menos um coautor com afiliação internacional. Essa porcentagem é flutuante ao longo dos anos, porém observa-se uma tendência de crescimento brusco em dois momentos: em meados da década de 1980 até meados da década de 1990 e entre o período de 2010 e 2015, como mostrado na curva vermelha do gráfico 19. Em ambos os períodos o número de bolsas de pós-graduação e pós-doutorado no exterior implementadas pelo CNPq também aumentou (curva azul). No intervalo entre 1995 e 2010, a porcentagem de colaboração científica do Brasil decresce lentamente, assemelhando-se ao comportamento de histerese⁵⁷ em que um sistema tende a conservar as suas propriedades logo após o estímulo que as gerou (MAYERGOYZ, 2003).

Parece haver, visualmente, alguma relação de comportamento entre as duas curvas de bolsas no exterior e colaboração científica. Os dados apresentados no gráfico 19 têm coeficiente de correlação $\rho = 0,96$ se considerado o decênio 1986-1995 e $\rho = 0,89$ entre 2010-2015, valores de correlação considerados muito forte e forte, respectivamente. Uma plausível explicação sobre o comportamento dessas flutuações é, portanto, que o aumento da quantidade de bolsistas brasileiros de pós-graduação no exterior em um determinado período temporal tenha influência direta no aumento da colaboração científica do Brasil com outros países naquele mesmo período. Neste caso, é razoável esperar que as colaborações científicas que surgiram tentem se manter conectadas mesmo que haja descontinuidade de bolsas logo em seguida.

Apesar de tais correlações apresentarem indícios de que a mobilidade acadêmica internacional fomenta a colaboração científica, apenas com este simples teste estatístico não é prudente generalizar a hipótese. O sistema de ensino superior brasileiro utiliza apenas a língua portuguesa em quase toda a sua totalidade e recebe poucos pesquisadores estrangeiros. Neste sentido, enviar pesquisadores ao exterior se mostra um mecanismo em potencial para o Brasil, mas podem haver estratégias melhores para países com sistemas diferentes.

⁵⁷ O fenômeno da histerese é bem conhecido em magnetismo, no tráfego de automóveis, na mecânica clássica, na biologia, na epidemiologia e em alguns outros sistemas reais.

Gráfico 19 – Evolução de bolsas de pós-graduação no exterior pelo CNPq e a porcentagem das publicações científicas do Brasil com coautoria internacional (1980-2015)

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da base Web of Science e do CNPq.

É possível argumentar, portanto, que há indícios de que as bolsas do Ciência sem Fronteiras entre 2012 e 2015 foram um estímulo para aumentar a colaboração científica internacional do Brasil no mesmo período. Ademais, considerando um padrão observado anteriormente, pode-se hipotetizar que, mesmo sem um controle central, os pesquisadores brasileiros tentarão manter as suas colaborações individuais e influenciarão no nível de colaboração internacional alcançado pelo país após o estímulo feito pelas bolsas de mobilidade acadêmica internacional. Por isso, o decréscimo da curva vermelha deve ser amenizado em caso de interrupção do programa. Vale ressaltar que a CAPES também financia milhares de bolsas exterior para pós-graduandos e esse fator também deve ser considerado. Porém, a análise de padrões anteriores por parte dos investimentos da CAPES fica impedida haja vista que os dados da plataforma GEOCAPES estão disponíveis apenas a partir do ano de 1998.

De maneira simples, também é possível analisar a características dos países quanto à quantidade de publicações científica e quanto à qualidade destas publicações. O gráfico 21 apresenta a dispersão entre o Índice H acumulado de 1996

a 2015 e a quantidade de publicações científicas no mesmo período, em escala log-log, sendo possível perceber que tal dispersão segue uma Lei de Potência (CLAUSET; SHAIZI; NEWMAN, 2009) com expoente $\alpha = 2,35$ e com coeficiente de determinação $R^2 = 0,944$. Estatisticamente, isto indica que caso um país tenha intenções de aumentar o seu Índice H em uma ordem de 10 vezes, por exemplo de 20 para 200, será necessário ter em média $10^\alpha = 10^{2,35} \sim 224$ vezes mais publicações científicas do que a atual quantidade. O Brasil tem Índice H acumulado de 412 e fez um total de 669.280 publicações científicas entre os de 1996 e 2015.

Ao visualizarmos esta mesma dispersão apenas para os 20 países que mais receberam bolsistas do Ciência sem Fronteiras (ver gráficos 3 e 20) vemos que eles se localizam na parte inferior direita do gráfico, indicando que são os países com maior competitividade em termos de quantidade e qualidade de publicações científicas, como mostra o gráfico 22. O tamanho de cada bolha é proporcional ao volume de bolsistas do Ciência sem Fronteiras que fizeram intercâmbio naquele país entre até janeiro de 2016.

O montante de bolsistas recebidos por estes 20 países corresponde a 98,93% do total de bolsas implementadas, como mostra o gráfico 20.

Gráfico 20 – Distribuição de bolsas do Ciência sem Fronteiras implementadas por país

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Painel de Controle do Ciência sem Fronteiras. Dados atualizados até janeiro de 2016.

Gráfico 21 – Dispersão log-log entre a quantidade de publicações científicas em 2015 e o índice H acumulado no período de 1996 a 2015 de 231 países

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da base Scopus.

Gráfico 22 – Dispersão log-log entre a quantidade de publicações científicas em 2015 e o índice H acumulado no período de 1996 a 2015 dos 20 países que mais receberam bolsistas do programa Ciência sem Fronteiras. O tamanho da bolha é proporcional ao número de bolsistas do CsF que o país recebeu.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da base Scopus e do Painel de Controle do Ciência sem Fronteiras.

Outro indicador de competitividade em CT&I de um país é o investimento em P&D como porcentagem do PIB (ver gráfico 9). A figura 23, a seguir, apresenta um mapa de cores com as despesas em P&D em relação à %PIB do país, onde os países com marcações mais escuras investem maior porcentagem e os mais claros investem menor porcentagem.

A figura 24 é um mapa da plataforma Bolsistas Pelo Mundo com a geolocalização de todos os 92.880 bolsistas do programa Ciência sem Fronteiras. A título de curiosidade, a plataforma permite que se faça a busca por grupos de bolsistas de acordo com filtros de país de destino, área e modalidade de bolsa. Além disso, para cada IES há a informações discriminadas por modalidade de bolsas sobre quantos e quais bolsistas foram para cada instituição de destino. E no nível individual, também é possível verificar a universidade de origem de cada bolsista, a sua universidade de destino, a área prioritária em que está registrado, a área do conhecimento, o período de vigência da bolsa do Ciência sem Fronteiras, bem como acesso direto ao currículo Lattes⁵⁸ e canal de comunicação por e-mail.

Figura 23 – Porcentagem do PIB com despesas em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para o quinquênio 2011-2015

Fonte: THE WORLD BANK, 2015.

⁵⁸ A Plataforma Lattes é uma base de dados de currículos de pesquisadores, criada pelo CNPq.

Figura 24 – Mapa de bolsistas do Ciência sem Fronteiras pelo mundo

Fonte: Plataforma Bolsistas Pelo Mundo do Ciência sem Fronteiras. Dados atualizados até dezembro de 2015.

Uma comparação visual entre os mapas das figuras 23 e 24 indica a existência de clusters de bolsistas em países com significativo investimento do PIB em P&D, especialmente nos Estados Unidos, no Japão, na costa leste da Austrália, em boa parte do continente europeu e também na região da Escandinávia.

A partir da análise dos gráficos 21 e 22 e das figuras 23 e 24, argumenta-se que o programa Ciência sem Fronteiras cumpre de forma geral com o objetivo de enviar alunos de graduação e pós-graduação para realizarem estágio no exterior com a finalidade de manter contato com sistemas educacionais competitivos em relação à pesquisa, tecnologia e inovação. Entretanto, mesmo em países com sistemas de CT&I desenvolvidos e maduros, a experiência individual de cada bolsista é peculiar a cada um e pode ser influenciada positiva ou negativamente de acordo com a universidade de destino, com os interesses profissionais e acadêmicos do estudante/pesquisador, com a maturidade e experiências anteriores, com a habilidade de se adaptar a novos ambientes, dentre outros fatores. Uma análise mais específica sobre a relação dos bolsistas com as instituições de destino e suas respectivas experiências individuais se faz necessário.

4.3.1 Discussão sobre a proposta metodológica do CGEE

A proposta metodológica de avaliação do programa Ciência sem Fronteiras desenvolvida pelo CGEE aborda, dentre quatro dimensões de análise, o impacto do programa Ciência sem Fronteiras no nível de produção de conhecimento e inovação: mudanças nas agendas de pesquisas das áreas selecionadas pelo programa, nas parcerias internacionais especialmente na quantidade e intensidade e termos dessas parcerias, maior evidência de cotutelas, coautorias em publicações, visitas científicas.

De acordo com a delimitação metodológica, o caso da área prioritária de biodiversidade e bioprospecção tem dois principais fatores de interesse: i) esta área foi a que enviou proporcionalmente mais bolsistas de pós-graduação e ii) já existe um potencial conjunto de palavras-chave que pode descrever e facilitar as buscas pelas publicações nessa área. A partir da definição da estratégia de busca e do tratamento de dados bibliométricos, a figura 25 mostra os mapas de coautorias internacionais para a área de biodiversidade e bioprospecção referente aos anos de 2010 e 2011, que antecedem a implementação do programa Ciência sem Fronteiras, e 2012, primeiro ano de execução e envio de bolsistas ao exterior.

Figura 25 – Evolução da rede de coautorias – período de a) 2010, b) 2011 e c) 2012, de acordo com os dados extraídos da base Web of Science

Fonte: CGEE, 2013.

De acordo com Lima, Velho e Faria (2007), os Estados Unidos, Reino Unido, França, Itália e Alemanha são os maiores produtores de conhecimento no campo de biodiversidade e bioprospecção. O país que mais recebeu bolsistas do Ciência sem Fronteiras nesta área prioritária foi o Estados Unidos, com 384 no total. Na sequência se posicionam Austrália com 155, Reino Unido com 140, Espanha com 106 e Canadá com 88 bolsistas. O Brasil recebeu 89 bolsistas de mobilidade acadêmica internacional IN nas modalidades Pesquisador Visitante Especial e Atração de Jovens Talentos, porém não é possível identificar os países de origem desses pesquisadores.

O grafo das redes de coautorias da figura 25 nos permite observar relações e parcerias. A evolução das redes de coautoria para os anos de 2010, 2011 e 2012 indicam que os cinco países líderes na área prioritária em questão estão no rol das

principais parcerias que o Brasil tem, identificados por conexões (arestas) mais grossas. Dados do Painel de Controle do Ciência sem Fronteiras, coletados manualmente, indicam que esses cinco países identificados por Lima, Velho e Faria receberam um total de 661 bolsistas vinculados à área de biodiversidade e bioprospecção ao longo de 2012 a 2015, equivalente a 49,25% do total de bolsas destinadas para a área.

O que seria interessante analisar é a implementação ano a ano dessas bolsas e os mapas de coautorias para os anos equivalentes. Porém, o Painel de Controle não oferece essa estratificação consolidada e de fácil acesso em formato de planilha. Ao mesmo tempo, a estratégia de busca desenvolvida pelo CGEE a partir de palavras-chave na base de dados WoS não foi bem-sucedida nesta pesquisa, de forma que não se conseguiu replicar os mapas de coautorias para anos anteriores a 2010 e posteriores a 2012. A coleta extensiva de dados com as informações necessárias para essa análise, portanto, se mostra difícil.

Tecnicamente, com a existência e disponibilidade de dados consolidados, este tipo de análise de redes pode ser replicado para todas as áreas prioritárias do programa Ciência sem Fronteiras, desde que se disponha de um conjunto de palavras-chave fidedigno que possa caracterizar a área em questão. Não há um repositório central ou unificado no mundo científico com uma padronização de quais seriam esses conjuntos de palavras-chave. Isso, por si só, é uma limitação da investigação científica. As recomendações, portanto, são no sentido de reunir bancas de especialistas para cada área prioritária a fim de que de construam, de forma sólida e legítima, conjuntos de palavras-chave para as respectivas áreas.

Embora existam tais dificuldades, é importante que o debate científico continue no sentido de explorar outras possíveis métricas de avaliação de redes de coautorias internacionais, bem como outras capacidades de análise através do uso de softwares bibliométricos.

4.3.2 Novas proposições metodológicas de avaliação do Ciência sem Fronteiras

A inserção internacional do Brasil no cenário de produção de conhecimento é insatisfatória em um contexto geral, como visto na seção 4.1. Porém, é importante reconhecer que ainda assim o país é líder mundial em campos específicos da ciência, como por exemplo na agricultura – em que representa 14,5% da produção científica

do mundo –, agronomia, veterinária, odontologia, zoologia, medicina tropical, entre outros (tabela 13). Neste sentido, o Ciência sem Fronteiras também permitiu abrir as portas da ciência brasileira para que outros países colaborem conosco em áreas que o país é referência. Dito isso, uma abordagem de análise pode ser na perspectiva de como a interação de pesquisadores estrangeiros com os bolsistas do Ciência sem Fronteiras beneficiou outros países em termos de produção de conhecimento, especialmente nas áreas que o Brasil é referência mundial.

Tabela 13 – Brasil no ranking mundial de publicações científicas para áreas selecionadas (2008-2012)

Área	Posição no mundo	Nº Documentos	% Mundo
Agricultura, Multidisciplinar	1	4.972	14,5
Ciências veterinárias	2	6.640	9,3
Agronomia	2	5.665	14,6
Odontologia, Cirurgia Oral e Medicina	2	5.048	12,4
Zoologia	2	4.350	7,9
Parasitologia	2	2.998	12,7
Medicina Tropical	2	2.849	19,6
Agricultura, Laticínios e Ciência de Animais	3	2.780	8,7
Entomologia	3	2.432	8,5
Engenharia de Agricultura	3	1.368	9,8
Micologia	3	698	8,0
Anatomia e Morfologia	3	74	7,2

Fonte: Thomsom Reuters (2012).

Uma outra possibilidade seria realizar um estudo de redes de coautorias internacionais no nível das IES, a fim de analisar de que forma as instituições colaboram entre si para produzir ciência. É possível também fazer um estudo sobre o impacto na produção de conhecimento científico dos bolsistas que fizeram o Ciência sem Fronteiras como nós da rede e as colaborações diretas entre autores como as arestas. Talvez a exploração científica dessas relações no nível de instituições e de pesquisadores possa ser uma alternativa mais eficaz para verificar se a mobilidade acadêmica internacional é um bom mecanismo de incentivo a colaboração científica, pois dessa maneira é possível realizar análises com grupos controles.

O Apêndice A descreve um exemplo de coleta de dados sobre o pesquisador Eduardo Ferracioli-Oda (EFO), estudante de medicina da Universidade de São Paulo e ex-bolsista de graduação sanduíche do Ciência sem Fronteiras na Yale University, Estados Unidos. Em 2013, EFO publicou um artigo em coautoria internacional (#) com o pesquisador Michael H. Bloch (MHB) da Yale University e outros dois autores, fruto das pesquisas geradas enquanto bolsista nos Estados Unidos (FERRACIOLI-ODA et al., 2013). Ao buscar o currículo Lattes de EFO, há a informação sobre outro artigo científico com coautorias internacionais publicado em 2015 com outros 6 autores (##), incluindo MHB (COUGHLIN et al., 2015). A figura 26 apresenta um grafo das conexões de EFO em coautoria internacional com os oito pesquisadores com quem publicou artigos científicos.

Figura 26 – Grafo de coautorias dos artigos # de 2013 e ## de 2015, sendo a) conexões entre todos os autores e b) conexões apenas de EFO

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: Em azul estão os autores do artigo # e as suas conexões; em amarelo estão os autores do artigo ## e as suas conexões; em verde estão EFO e MHB, coautores de ambos os artigos.

Ainda que pontual, este é um claro exemplo de como experiência de mobilidade acadêmica internacional gerou produção científica a partir de colaboração científica internacional. Em complemento, analisa-se também que a interação entre os pesquisadores continuou mesmo após o retorno do bolsista EFO ao Brasil, vide artigo publicado em 2015. Argumenta-se, portanto, que além dos indícios que o investimento em mobilidade acadêmica internacional pode ser um mecanismo de incentivo à colaboração científica internacional, tal investimento também pode mantê-la.

Caso de fato haja alguma relação de influência entre a quantidade de bolsistas no exterior, especialmente de pós-graduação, e a porcentagem de coautorias internacionais dentre as publicações, pode-se esperar que a tendência de crescimento de colaboração internacional no período de 2011 a 2015 demonstrada no gráfico 19 continue positiva para os anos de 2016 e 2017 se houver mais bolsas implementadas. Talvez seja interessante também analisar as relações de coautoria do Brasil específicas com os países que mais receberam bolsistas do Ciência sem Fronteiras (gráficos 20 e 22).

Para finalizar esta seção, indica-se uma nova metodologia para a análise de formulação e avaliação de políticas públicas desenvolvida por Fontana e Terna (2015), apesar de não ter sido explorada nesta dissertação. Os autores propõem uma análise de redes baseada em agentes, que é uma combinação das metodologias de modelagem baseada em agentes (ABM) e a pura análise de redes. O quadro 12 faz um comparativo entre a análise de redes tradicional e esta nova proposição.

Quadro 12 – Procedimentos comparativos entre análise de redes e análise de redes baseada em agentes

Passos	Análise de redes	Análise de redes baseada em agentes
I	Coleta de dados do mundo real	Coleta de dados do mundo real (micro comportamento da rede)
II	Observação de regularidades	Construção de uma ABM do fenômeno de interesse
III	Geração de redes teóricas com as propriedades desejadas	Observação da emergência de redes (se houver)
IV	Medição das distâncias entre redes teóricas e reais através de estatísticas/métricas de redes	Estudo das propriedades dinâmicas das redes emergentes

Fonte: FONTANA; TERNA, 2015.

Na área de modelagem de sistemas complexos, tanto a modelagem baseada em agentes quanto a análise de redes complexas são metodologias amplamente utilizadas. A proposta de análise de redes baseada em agentes pode ser bastante promissora se aplicada aos problemas certos. Mais do que observar e descrever as propriedades das redes modeladas e dos sistemas reais, a possibilidade de estudar as propriedades dinâmicas das redes emergentes traz uma nova luz à análise de formulação e avaliação de políticas públicas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de sistemas complexos é recente no campo científico e, com ele, surgem novas possibilidades de análise de dados, visualização e simulações. A depender de qual sistema está a se observar e de quais dados estão disponíveis, técnicas diferentes podem ter adequações diferentes. A teoria de grafos é uma poderosa ferramenta para representação de sistemas conectados e suas interações. O entendimento de redes *small-world* e *scale-free*, por exemplo, permite uma melhor representação de vários sistemas complexos da vida real. As metodologias para o estudo de sistemas complexos são variadas. Portanto, é importante compreender que tipo de problema científico é de interesse do trabalho e se as ferramentas disponíveis se adequam ao problema. No caso de redes complexas, há diversos recursos para explorar e aprender.

A interdisciplinaridade entre sistemas complexos e a área de políticas públicas emergiu apenas na segunda metade do século XX. Dentre as diferentes definições sobre o que são políticas públicas e teorias sobre modelos de análise, é consenso que diversas disciplinas podem agir de forma sinérgica em torno do tema. As políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação, em especial, envolvem os micro e macro agentes da academia, do governo e do setor produtivo, inseridos em um contexto globalizado e sem um controle central, que cooperam e competem uns com os outros para atingir resultados econômicos, ambientais e sociais. No Brasil, essa conformação de atores articulados às políticas estratégicas de CT&I constituem o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. Através de indicadores é possível caracterizar e entender a dinâmica dos atores, suas atividades, as relações existentes e resultados obtidos ou não, sendo possível também fazer comparativos entre indivíduos, grupos de interesse, instituições ou até mesmo países.

Apesar dos esforços dispendidos ao longo das últimas décadas, o Brasil ainda tem um longo caminho a trilhar no campo de CT&I. Visando maior competitividade e inserção da ciência brasileira nas redes internacionais de P&D, estratégias de internacionalização vêm sendo formuladas e implementadas. Dentre as atividades selecionadas para acelerar esse desenvolvimento estão os programas de mobilidade acadêmica internacional, a exemplo do programa governamental Ciência sem Fronteiras, que concedeu, em quatro anos, mais de 101.000 bolsas para estudantes e pesquisadores brasileiros e estrangeiros realizarem intercâmbio no exterior. Este

programa de internacionalização e formação de recursos humanos, considerado uma iniciativa audaciosa no contexto de políticas públicas de internacionalização e de ciência, tecnologia e inovação, dispendeu mais de R\$10 bilhões dos cofres públicos e articulou interesses de todo o SNCTI. Por tal magnitude, se faz importante avaliar seus resultados e impactos, cujas recentes análises abarcam a gestão do programa, relações internacionais, os impactos na formação e currículo, e interesses em línguas estrangeiras.

No entanto, deve-se considerar também o interesse em conhecer os impactos do Ciência sem Fronteiras na colaboração científica internacional e na produção de conhecimento, fato que tornam relevantes as pioneiras pesquisas que envolvem essas perspectivas. Isso se comprova pelo interesse da mídia e das agências de fomento em divulgar tais estudos, como registrado no Anexo I. Seguindo o raciocínio, este trabalho buscou responder às perguntas abaixo:

Como o programa Ciência sem Fronteiras pode ser avaliado? E de forma mais específica, o investimento em mobilidade acadêmica internacional pode ser um mecanismo para fomentar a colaboração científica internacional?

Com a compreensão de que os processos de políticas públicas seguem o ciclo de formulação, implementação e avaliação, buscou-se primeiramente entender o cenário que precede a formulação do Ciência sem Fronteiras. A partir de dados e informações históricas, diagnosticou-se que no início da década de 2010 o Brasil possuía dois problemas fundamentais no campo de CT&I, quais são: i) déficit na formação de recursos humanos nas áreas de ciências básicas, engenharias e demais áreas tecnológicas; e ii) baixa inserção científica no cenário internacional. Visto o problema, o CsF insere-se como parte da solução dentro de uma agenda estratégica desenvolvida pelo MCTI: a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015.

Com sua rápida e corajosa implementação a partir de 2011, em 2015 o programa conseguiu atingir a meta de conceder 101.000 bolsas de intercâmbio acadêmico distribuídas em sete diferentes modalidades e que levaram os beneficiários para vivenciarem os sistemas acadêmicos e educacionais de mais de cinquenta países – dentre os quais estão aqueles mais competitivos na conjuntura global. Entretanto, o custo previsto de R\$3 bilhões para implementação foi extrapolado em mais de três vezes, gerando dúvidas e críticas quanto à eficiência do projeto e às fontes orçamentárias. Outros dois pontos de críticas da opinião pública dizem respeito

ao alto enfoque em bolsas de graduação e quanto à escolha de áreas prioritárias em detrimento de outras. No que diz respeito ao último ponto, dados analisados neste trabalho mostraram que, na verdade, apesar da alta demanda por alocação de recursos financeiros em bolsas no exterior para grandes áreas como engenharia e ciências exatas e da terra, o Ciência sem Fronteiras teve um efeito positivo para o aumento da oferta de bolsas no exterior em todas as áreas, inclusive as não contempladas pelo programa como ciências humanas e linguística, letras e artes. O CsF também não retirou recursos financeiros das bolsas de formação de recursos humanos no país, como demonstrado na seção 4.2. Para lastrear tais análises em dados mais amplos e sólidos, recomenda-se que as informações e dados sobre a implementação do programa presentes no Painel de Controle do Ciência sem Fronteiras e na ferramenta Bolsistas pelo Mundo tenham liberadas as permissões para *download* ou exportação em .xls (ou qualquer formato de planilha), assim como é o Sistema de Informações Georreferenciadas da CAPES e a seção de Séries Históricas do CNPq.

Após a implementação, interessa dar atenção para a avaliação de resultados e impacto. Uma dentre as várias possibilidades de reflexão que surgem é sobre o funcionamento da dinâmica de cooperação entre os agentes dos sistemas de inovação. Contudo, como questionado na seção 2.4, sob quais condições a cooperação entre pesquisadores, por exemplo, irá emergir em um mundo de egoístas sem uma autoridade central? Sem o entendimento do todo, mesmo com a evolução tecnológica e computacional, é impossível desenvolver modelos perfeitos e que caracterizem com exatidão a complexidade existente nas interações do universo científico. E, como bem disse George Box (1987, p. 424): “essencialmente, todos os modelos são errados, alguns são úteis”. Mas é fato que a cooperação entre pesquisadores, instituições e países existe. E resultados dessa pesquisa mostraram que há indícios para corroborar a hipótese de que o investimento em mobilidade acadêmica internacional pode ser um mecanismo eficaz para estimular e manter a colaboração científica a nível internacional. A fim de viabilizar e automatizar a coleta extensiva de dados bibliométricos como a do Apêndice A, recomenda-se que o currículo Lattes permita ao pesquisador que tenha usufruído de alguma bolsa em sua formação, indicar também, além da agência de fomento financiadora, a opção de registro do programa a que foi vinculado.

Apesar de indícios benéficos, devido à implementação recente deste programa, é fato que ainda não se tem de forma holística uma noção clara dos resultados e impactos. E, caso haja resultados concretos já no curto prazo, ainda não há estudos que demonstrem se são significativos ou não. Talvez seja necessário aguardar mais alguns anos ou décadas para uma análise aprofundada sobre os efeitos do Ciência sem Fronteiras na produção e na colaboração científica. Afinal, os macros resultados dos investimentos em CT&I são de médio e longo prazo.

Além da questão temporal, outra limitação é justamente quanto à coleta de dados e à metodologia utilizada. O Centro de Gestão de Estudos Estratégicos propõe uma avaliação metodológica a partir da análise de redes de coautorias internacionais de acordo com cada uma das dezoito áreas prioritárias do CsF. A tentativa de reprodução da metodologia para a área de Biodiversidade e Bioprospecção não foi bem-sucedida ao utilizar as estratégias bibliométricas para coleta e tratamento de dados. Um fator restritivo para a análise de redes de coautorias internacionais por área prioritária é a ausência de palavras-chave consolidadas que caracterizem as publicações científicas de cada campo, sendo este compêndio ainda mais difícil de construir pela interdisciplinaridade das áreas contempladas pelo Ciência sem Fronteiras. Nesse sentido, recomenda-se que bancas de especialistas determinem as palavras-chave para as diferentes áreas científicas e as compilem em uma base de dados centralizada e de fácil acesso pela comunidade científica.

Com o alcance da meta de 101.000 bolsas concedidas, de fato espera-se que com o passar dos anos mudanças ocorram nas redes de coautorias no sentido de criar mais e melhores conexões científicas e tecnológicas entre o Brasil – e seus pesquisadores – e os países estrangeiros que receberam participantes do Ciência sem Fronteiras, indicando que as redes de cooperação estão crescendo e se tornando mais complexas. Considerando tal expectativa, uma evolução natural de pesquisas, portanto, será em vistas de realizar mais e melhores avaliações sobre o impacto do programa nas mais diversas áreas científicas e nas respectivas redes de coautorias.

Este trabalho buscou oferecer subsídios para a avaliação do programa governamental Ciência sem Fronteiras. Neste sentido, a partir dele derivam-se novas questões e abrem-se outras perspectivas. Como indicado ao final da seção 4, novas abordagens para analisar os programas de mobilidade acadêmica internacional como mecanismo de incentivo à colaboração científica internacional podem incluir:

- Estudos de redes de coautorias internacionais no nível das instituições de ensino superior, a fim de analisar de que forma as instituições colaboram entre si para produzir ciência;
- Estudos sobre a trajetória de produção de conhecimento científico por parte de pesquisadores com experiência internacional em comparação a pesquisadores sem experiência internacional;
- Questionamentos acerca da influência entre a cooperação e interesses científicos individuais (micro) nos resultados coletivos das instituições e países (macro), e vice-versa;
- Pesquisas que questionam se quantidade de pesquisadores brasileiros em intercâmbio acadêmico em determinado ano influencia o nível de colaboração científica internacional do país em anos seguintes;
- Como as áreas nas quais o Brasil é referência mundial (tabela 13) influenciaram outros países em termos de produção de conhecimento devido à interação de pesquisadores estrangeiros com os bolsistas brasileiros.

Para além dos questionamentos científicos pragmáticos, há espaço também para o desenvolvimento e teste de novas metodologias de avaliação de políticas públicas, como o modelo proposto de simulação Boltzmann-Lotka Volterra e a modelagem de redes baseada em agentes apresentada por Fontana e Terna (2015) que combina técnicas de modelagem baseada em agentes (ABM) e a técnicas análise de redes. Ainda há muito a ser explorado na interdisciplinaridade entre sistemas complexos e políticas públicas.

Ainda quanto ao Ciência sem Fronteiras, menciona-se a avaliação do Senado Federal (2015, p. 61) que afirma que o programa “foi capaz de aumentar a visibilidade internacional da educação superior brasileira (...) [e] lançou bases mais firmes para a inserção das universidades e outras instituições brasileiras em programas de cooperação internacional no campo da pesquisa”. Esta avaliação foi realizada no pleito de 2015 por iniciativa da Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática (CCTI) e contou com a participação de ex-bolsistas do programa (Anexo II), gestores das agências de fomento CAPES e CNPq, professores e reitores das universidades, gestores de relações internacionais, técnicos em políticas de CT&I e membros da comunidade científica. As conclusões do Poder Legislativo estão demonstradas em um relatório que contempla 17 recomendações,

incluindo a continuidade do Ciência sem Fronteiras como recomendação número um e a formulação do Projeto de Lei do Senado nº 798, de 2015, que tramita no Congresso Nacional e visa instituir o programa Ciência sem Fronteiras como política de Estado, e não apenas de governo (Anexo III).

Por fim, considerando que: i) as soluções para resolver o problema de formação de recursos humanos qualificados para CT&I e de inserção científica e tecnológica do Brasil no cenário internacional são de longo prazo; ii) o objetivo de promover a consolidação, expansão e internacionalização da ciência e tecnologia, da inovação e da competitividade brasileira por meio do intercâmbio e da mobilidade internacional ainda é estratégico para o país; iii) adquiriu-se muitos aprendizados ao decorrer da implementação do programa CsF; e iv) há avaliações que fornecem subsídios para melhorias, recomenda-se que o Brasil deve envidar esforços para manter uma política pública de mobilidade acadêmica internacional como Ciência sem Fronteiras, mesmo que em dimensões menores e de maneira reformulada.

REFERÊNCIAS⁵⁹

- ALBUQUERQUE, J. P. et al. Educação em Sistemas de Informação no Brasil: Uma Análise da Abordagem Curricular em Instituições de Ensino Superior Brasileiras. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 22, n. 1, p. 79, 2014.
- ALTBACH, P. G.; KNIGHT, J. The Internationalization of Higher Education: Motivations and Realities. **Journal of Studies in International Education**, v. 11, n. 3–4, p. 290–305, 2007.
- AMADO, A. et al. Learning process in public goods games. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 430, p. 21–31, 2015.
- AMERICAN JOURNAL OF BOTANY. **From one cell to many: How did multicellularity evolve?** Disponível em: <www.sciencedaily.com/releases/2014/01/140125172414.htm>. Acesso em: 15 abr. 2016.
- ARCHANJO, R. Globalização e Multilingualismo no Brasil Competência Linguística e o Programa Ciência Sem Fronteiras. **Revista Brasileira de Linguística Aplicada**, v. 15, n. 3, p. 621–656, 2015.
- _____. Saberes sem Fronteiras: Políticas para as migrações Pós-modernas. **DELTA: Documentação de Estudos em Linguística Teórica e Aplicada**, v. 32, n. 2, p. 515–541, 2016.
- AVEIRO, T. M. M. O programa Ciência sem Fronteiras como ferramenta de acesso à mobilidade internacional. **Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 2, 2014.
- AXEL-BERG, J. H. **Competing on the world stage**: the Universidade de São Paulo and global universities rankings. 171 p. Thesis (Doctor in International Relations) - Instituto de Relações Internacionais, Universidade de São Paulo, 2015.
- AXELROD, R. **The Evolution of Cooperation**. Nova York: Basic Books, 1984.
- BARABÁSI, A. . et al. Evolution of the social network of scientific collaborations. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 311, n. 3–4, p. 590–614, 2002.
- BAUMGARTNER, F. R.; JONES, B. D. **Agendas and instability in American politics**. 2nd. ed. Chicago: University of Chicago Press, 2010.
- BIDO, M. C. F. Will science without borders program bring relevant changes for brazilian curriculum? **ECCS**, p. 382–393, 2015.
- BOLLOBÁS, B. **Random Graphs**. London: Academic Press, 1985.
- BORGES, R. A.; GARCIA-FILICE, R. C. A língua inglesa no Programa Ciência sem Fronteiras : paradoxos na política de internacionalização. **Interfaces Brasil/Canadá**, v. 16, n. 1, p. 72–101, 2016.

⁵⁹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023 (2002).

- BORSHCHEV, A.; FILIPPOV, A. From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, techniques, Tools. In: **22nd International Conference of the Systems Dynamics Society**. Anais... Oxford: System Dynamics Society, 2004.
- BOX, G. E. R.; DRAPER, N. R. **Empirical Model-Building and Response Surfaces**. 1st. ed. Nova York: Wiley, 1987.
- BRASIL. **Ciência sem Fronteiras**. Disponível em: <www.cienciasemfronteiras.gov.br>.
- _____. **Painel de Controle do Programa Ciência sem Fronteiras**. Disponível em: <www.cienciasemfronteiras.gov.br/web/csf/painel-de-controle>. Acesso em: 1 out. 2015a.
- _____. **Ciência sem Fronteiras: Bolsistas Pelo Mundo**. Disponível em: <www.cienciasemfronteiras.gov.br/web/csf/bolsistas-pelo-mundo>. Acesso em: 1 out. 2015b.
- _____. AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Planejamento e gestão: indicadores de desempenho**. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/portal_planejamento_estrategico/PlanejamentoGestao_Indicadores_de_desempenho.asp>. Acesso em: 1 jan. 2016.
- _____. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012 - 2015**. Brasília: MCTI, 2012.
- _____. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Indicadores de CT&I**. Brasília: MCTI, 2016a.
- _____. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2019**. Brasília: MCTI, 2016b.
- _____. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Censo da Educação Superior**. Brasília: MEC, 2010.
- _____. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Plano Nacional de Educação**. Disponível em: <<http://pne.mec.gov.br/>>. Acesso em: 30 nov. 2016.
- _____. MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO ORÇAMENTO E GESTÃO. **Indicadores Orientações Básicas Aplicadas à Gestão Pública**. Brasília: MPOG, 2012.
- _____. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei nº 1.310, de 15 de janeiro de 1951**. Brasília, 1951.
- _____. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Decreto nº 7.642, de 13 de dezembro de 2011**. Brasília, 2011.
- _____. SENADO FEDERAL. **Programa ciência sem fronteiras**. Brasília: Senado Federal, 2015.

- CAIDEN, N.; WILDAVISKY, A. **Planning and Budgeting in Developing Countries**. New York: John Wiley, 1980.
- CASTRO, C. M. et al. Cem mil bolsistas no exterior. **Interesse nacional**, p. 25–36, 2012.
- CELIS, A. R. **A dinâmica da comunidade científica na produção do conhecimento**: um estudo da imunologia no Brasil e na Colômbia. 2002. 235 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Avaliação do Programa Ciência sem Fronteiras - Relatório Final**. Brasília: CGEE, 2013.
- CHAVES, Gêrlia Maria Nogueira. **As Bolsas de Graduação-Sanduíche do Programa Ciência sem Fronteiras**: uma análise de suas implicações educacionais. 196f. Dissertação de Mestrado em Educação, UCB, Brasília, 2015.
- CHOI, C. Q. **How Did Multicellular Life Evolve?** Disponível em: <<http://www.astrobio.net/origin-and-evolution-of-life/multicellular-life-evolve/>>. Acesso em: 10 dez. 2015.
- COHEN, E.; FRANCO, R. **Avaliação de projetos sociais**. Petrópolis: Vozes, 1993.
- COHEN, M. D.; MARCH, J. G.; OLSEN, J. P. A Garbage Can Model of Organizational Choice. **Administrative Science Quarterly**, v. 17, n. 1, p. 1–25, 1972.
- COMPLEX SYSTEMS SOCIETY. LAKE COMO SCHOOL OF ADVANCED STUDIES. **Complex Networks: Theory , Methods and Applications**, 2015. Disponível em: <<http://ntma.lakecomoschool.org/>>
- CONCEIÇÃO, O. C.; FRANÇA, M. T. A. O Programa Ciência Sem Fronteiras Contribui Na Formação Dos Estudantes? Uma Análise a Partir Do Enade 2013. p. 1–19, 2016.
- CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA. **A falta de engenheiros**. Disponível em: <<http://www.confex.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=15360&sid=1206>>. Acesso em: 30 mar. 2015.
- CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. **Currículo Lattes**. Disponível em: <lattes.cnpq.br>. Acesso em: 15 out. 2016.
- COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Capes reúne novamente grupo de trabalho para discutir a formação de engenheiros**. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/36-noticias/4449-capes-reune-novamente-grupo-de-trabalho-para-discutir-a-formacao-de-engenheiros>>. Acesso em: 24 abr. 2015.
- _____. **Programa seleciona projetos para intercâmbio com a França**. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/component/content/article/36-salainpress/noticias/8054-programa-capes-cofecub-seleciona-projetos-para-intercambio-entre-instituicoes-brasileiras-e-francesas>>. Acesso em: 30 jul. 2016.

- COSTA, F. L. DA; CASTANHAR, J. C. Avaliação de programas públicos: desafios conceituais e metodológicos. **Revista de Administração Pública**, v. 37, n. 5, p. 969–992, 2003.
- COTTA, T. C. Metodologias de avaliação de programas e projetos sociais: análise de resultados e de impacto. **Revista do Serviço Público**, v. 49, n. 2, p. 103–124, 1998.
- COUGHLIN, C. G. et al. Meta-Analysis: Reduced Risk of Anxiety with Psychostimulant Treatment in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. **Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology**, v. 25, n. 8, p. 611–617, 2015.
- CUNHA, C. G. S. DA. **Avaliação de Políticas Públicas e Programas Governamentais: tendências recentes e experiências no Brasil** George Washington University Washington Minerva, , 2006. Disponível em: <http://www.aec-tea.org/fabio/Avaliacao_Politicas.pdf>
- DORIGON, T. O Programa Idiomas sem Fronteiras Analisado a partir do Ciclo de Políticas. n. December, p. 4–20, 2015.
- DUNN, W. N. **Public policy analysis: an introduction**. 5th. ed. Nova York: Routledge, 2016.
- DUTRA, R. C. DE A.; AZEVEDO, L. F. DE. Programa “Ciência sem Fronteiras”: geopolítica do conhecimento e o projetos de desenvolvimento brasileiro. **Ciência Sociais Unisinos**, v. 52, n. 2, p. 234–243, 2016.
- DYE, T. R. **Understanding Public Policy Making**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1981.
- EASTON, D. **A Framework for Political Analysis**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1965.
- ECONÔMICO, J. B. Brasil registra menos patentes que Toyota sozinha. **Jornal Brasil Econômico**, São Paulo, 9 fev. 2010.
- EDQUIST, C.; LUNDVALL, B. A. **Comparing the Danish and Swedish Systems of Innovation**. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- ERDÖS, P.; RÉNYI, A. On the Evolution of Random Graphs. **Publ. Math. Inst. Hung. Acad. Sci.**, p. 17–61, 1960.
- ETZKOWITZ, H. Technology Transfer: the Second Academic Revolution. **Technology Access Report**, n. 6, p. 7–9, 1993.
- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The Triple Helix -- University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development. **EASST Review**, v. 14, n. 1, p. 14–19, 1995.
- _____. 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.

- FARIA, C. A. P. DE. a Política Da Avaliação De Políticas Públicas. **Revista Brasileira De Ciências Sociais**, v. 20, n. 59, p. 97–109, 2005.
- FEOFIOFF, P.; KOHAYAKAWA, Y.; WAKABAYASHI, Y. **Uma Introdução Sucinta à Teoria dos Grafos**. 2011.
- FERRACIOLI-ODA, E. et al. Meta-Analysis: Melatonin for the Treatment of Primary Sleep Disorders. **PLoS ONE**, v. 8, n. 5, p. 6–11, 2013.
- FONTANA, M. Policy in Complex Social Systems. In: **Good Government, Governance, Human Complexity**. Firenze: Olschki, 2012. p. 221–234.
- FONTANA, M.; TERNA, P. From Agent-Based Models To Network Analysis (and Return): the Policy-Making Perspective. v. 2, n. 1, p. 77–92, 2015.
- FREEMAN, C. **Technology and Economic Performance: Lessons from Japan**. London: Pinter, 1987.
- FRY, H. **An idiots guide to the Boltzmann, Lotka and Volterra model, in the context of a dynamic retail model**, 2010. Disponível em: <http://www.hannahfry.co.uk/s/BLV_overview1.pdf>
- GACEL-ÁVILA, J. The Internationalisation of Higher Education: A Paradigm for Global Citizenry On behalf of: Association for Studies in International Education. **Journal of Studies in International Education**, v. 9, n. 2, p. 121–136, 2005.
- GARDNER, E. Brazil promises 75,000 scholarships in science and technology. **Nature**, 2011.
- GIBBONS, R. **Game Theory for Applied Economists**. Princeton: Princeton University Press, 1992.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1987.
- GLÄNZEL, W. Coauthorship patterns and trends in the sciences (1980-1998): A bibliometric study with implications for database indexing and search strategies. **Library Trends**, v. 50, n. 3, p. 461–473, 2001.
- GLÄNZEL, W.; SCHUBERT, A. Analysing Scientific Networks through CO-Authorship. In: MOED, H. F.; GLÄNZEL, W.; SCHMOCH, U. (Eds.). **Handbook of Quantitative Science and Technology Research**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2004. p. 257–276.
- GRIECO, J. A. **Fostering Cross-Border Learning and Engagement Through Study Abroad Scholarships: Lessons From Brazil'S Science Without Borders Program**. p. 1–149, 2015.
- GUIMARÃES-IOSIF, R. **Programa Ciência sem Fronteiras: a tradução da política de internacionalização brasileira no Canadá**. p. 16–39, 2016.
- HESS, D. J. **Science studies: An advanced introduction**. New York: NYU Press, 1997.

- HOPWOOD, B.; MELLOR, M.; O'BRIEN, G. Sustainable development: Mapping different approaches. **Sustainable Development**, v. 13, n. 1, p. 38–52, 2005.
- INSTITUTE OF INTERNATIONAL EDUCATION. **Open Doors Report on International Educational Exchange**. Nova York: IIE, 2014.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA. **Modelagem de sistemas complexos para políticas públicas**. Brasília: IPEA, 2015.
- IRANZO, J.; BULDÚ, J. M.; AGUIRRE, J. Competition among networks highlights the power of the weak. **Nature Communications**, v. 7, 2016.
- JANSSEN, M. A.; OSTROM, E. Empirically Based , Agent-based models. **Ecology And Society**, v. 11, n. 2, 2006.
- JIBEEN, T.; KHAN, M. A. Internationalization of Higher Education : Potential Benefits and Costs. v. 4, n. 4, p. 196–199, 2015.
- JONES, R. W. The Structure of Simple General Equilibrium Models. **Journal of Political Economy**, v. 73, n. 6, p. 557–572, 1965.
- KATZ, J. S. S.; MARTIN, B. R. What is research collaboration? **Research Policy**, v. 26, n. 1, p. 1–18, 1997.
- KNIGHT, J. **Internationalization: Elements and Checkpoints**OttawaCanadian Bureau for International Education, , 1994.
- LADYMAN, J.; LAMBERT, J.; WIESNER, K. What is a Complex System? **European Journal for Philosophy of Science**, v. 3, n. 1, p. 33–67, 2012.
- LIMA, R. A. DE; VELHO, L. M. L. S.; FARIA, L. I. L. DE. Indicadores bibliométricos de cooperação científica internacional em bioprospecção. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 12, n. 1, p. 50–64, 2007.
- LINDBLOM, C. E. Still Muddling, Not Yet Through. **Public Administration Review**, v. 39, n. 6, p. 517, nov. 1979.
- LUCCHESI, M. A. S.; MALANGA, E. B. A Internacionalização da Educação Superior: uma análise do programa Ciência sem Fronteiras no Brasil, caminhos e desafios. **Revista Internacional de Ciencias Sociales Interdisciplinarias**, v. 3, n. 1, p. 87–101, 2014.
- LUNDEVALL, B. A. **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. London: Pinter, 1992.
- LYNN, L. E. **Designing Public Policy: A Casebook on the Role of Policy Analysis**. Santa Monica: Goodyear, 1980.
- MARTINS, A.; REIS, E. C. **Internacionalização na UFSC: Análise do Programa Inglês Sem Fronteiras e do Curso Extracurricular de Inglês**. XV Colóquio Internacional de Gestão Universitária (CIGU). **Anais...**Mar del Plata: 2015
- MAYERGOYZ, I. D. **Mathematical Models of Hysteresis and their Applications**. 2nd. ed. Nova York: Academic Press, 2003.

- MEAD, L. M. Public Policy: Vision, Potential, Limits. **Policy Currents**, v. 5, n. 1, p. 1–4, 1995.
- MELIN, G.; PERSSON, O. Studying research collaboration using co-authorships. **Scientometrics**, v. 36, n. 3, p. 363–377, 1996.
- METCALFE, J. **The economic foundations of technology policy: equilibrium and evolutionary perspectives**. Oxford: Blackwell, 1995.
- MITCHELL, M. **Complexity a Guided Tour**. New York: Oxford University Press, 2009.
- MUGNAINI, R. **Caminhos para adequação da avaliação da produção científica brasileira: impacto nacional versus internacional**. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Escola de Comunicações e Artes. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- MYERSON, R. B. **Game Theory - Analysis of Conflict**. Cambridge: Harvard University Press, 1997.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S.). **Capturing Change in Science, Technology, and Innovation: improving indicators to inform policy**. 1. ed. Washington: The National Academies Press, 2014.
- NELSON, R. R.; ROSENBERG, N. **Technical Innovation and National Systems**. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- NEVES, D. P.; ROSSO, G. **Índice de Universidades Empreendedoras**. 1ª ed. São Paulo: Brasil Junior, 2016.
- NEW ENGLAND COMPLEX SYSTEMS INSTITUTE. **About Complex Systems**. Disponível em: <<http://necsi.edu/guide/>>.
- NEWMAN, M.; BARABASI, A.-L.; WATTS, D. J. **The Structure and dynamics of networks**. Princeton: Princeton University Press, 2006.
- NEWMAN, M. E. J. The structure of scientific collaboration networks. **Proc Natl Acad Sci U S A**, v. 98, n. 2, p. 404–409, 2001.
- NIOSI, J. et al. National systems of innovation: in search of a workable concept. **Technology in Society**, v. 15, n. 2, p. 207–227, jan. 1993.
- OLIVEIRA, E. M. DE. **Problemas nas “fronteiras” - um caso para ensino sobre o programa Ciência sem Fronteiras**. 73 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração Pública) - Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2015.
- OLIVEIRA, J. S. DE. **A Internacionalização da Educação Superior nas Relações Internacionais do Brasil: O Caso do Programa Ciência sem Fronteiras**. Monografia (Especialização) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- OLIVEIRA, L. C. **Saberes com Fronteiras: elucidando alguns aspectos do programa Ciência sem Fronteiras nas Licenciaturas em Ciências Exatas e da Terra da Região Sudeste**. 74 p. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Caraguatatuba, 2016.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO.
Approaches to Internationalisation and Their Implications for Strategic Management and Institutional Practice. Paris: OCDE, 2012.

_____. **OECD Science, Technology and Industry Outlook 2014.** Paris: OECD, 2014.

_____. **Rumo a um Desenvolvimento Sustentável - Indicadores Ambientais.** Salvador: CRA, 2002.

PATEL, P.; PAVITT, K. The Nature and Economic Importance of National Innovation Systems. **STI Review**, v. 14, p. 9–32, 1994.

PETERS, B. G. **American Public Policy.** Chatham: Chatham House, 1986.

RAMOS, M. P.; SCHABBACH, L. M. O estado da arte da avaliação de políticas públicas: conceituação e exemplos de avaliação no Brasil. **Rev. Adm. Pública**, v. 46, n. 5, p. 1271–1294, 2012.

RAPOPORT, A.; CHAMMAH, A. M. Prisoner's dilemma: a study in conflict and cooperation. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 2, n. 6, p. 831–838, 1965.

REDE CSF. **Universidade Presente - um guia para acompanhar o aluno no exterior.** Belo Horizonte: Rede CsF, 2015.

RILLING, J. K. et al. A neural basis for social cooperation. **Neuron**, v. 35, n. 2, p. 395–405, 2002.

ROSTAING, H. La bibliométrie et ses techniques. n. 33, p. 131, 1996.

SABATIER, P.; JENKINS-SMITH, H. **Policy change and learning: An advocacy coalition approach.** Boulder: Westview Press, 1993.

SAN MIGUEL, M. et al. Challenges in complex systems science. **The European Physical Journal Special Topics**, v. 214, p. 245–271, 2012.

SANTOS, F. **CAPES e CNPq apresentam avaliação preliminar do Ciência sem Fronteiras.** Disponível em:
<http://www.cienciasemfronteiras.gov.br/web/csf/views/-/journal_content/56_INSTANCE_VF2v/214072/5100172>.

SANTOS, F. M. T. DOS. Teacher training in Brazil: the challenges of international partnerships. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 11, n. 26, p. 1001–1025, 2014.

SARTI, F. M. **Dos microindicadores à macropolítica: uma proposta de avaliação econômica em políticas públicas de alimentação e nutrição.** 256 f. Tese (Livre Docência em Economia e Políticas Públicas) - Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, 2010.

SCOPUS. **H Index - Country Ranking.** Scimago Lab, 2015. Disponível em:
<<http://www.scimagojr.com/countryrank.php>>.

- SHANNON JR., T. A. Avanço Estratégico do Brasil. **Americas Quaterly**, 2012.
- SILVA, Guilherme Borin. **Análise da competitividade no Mercado de Energia Brasileiro por meio de redes complexas**. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- SOARES, Magda Salin. **AS CONTRADIÇÕES DO ENSINO DE LÍNGUA ESTRANGEIRA NO BRASIL REVELADAS PELO PROGRAMA CIÊNCIA SEM FRONTEIRAS**. 26f. Trabalho de conclusão de curso – TCC (Pedagogia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.
- SOUZA, C. Políticas Públicas: uma revisão da literatura. **Political Science**, v. 8, n. 2003, p. 20–45, 2006.
- STROGATZ, S. H. Exploring complex networks. **Nature**, v. 410, n. 6825, p. 268–276, 2001.
- THE WORLD BANK. **Gross domestic product 2014**. Washington: WB, 2015a.
- _____. **Research and development expenditure (% of GDP)**. Washington: WB, 2015b.
- THIENGO, L. C.; MARI, C. L. DE. O Ciência sem Fronteiras: sobre o lugar e a função do conhecimento no ensino superior brasileiro. **Germinal: Marxismo e Educação em Debate**, v. 6, n. 1, p. 122–133, 2014.
- THOMSOM REUTERS. **InCitesTM**. Disponível em: <incites.thomsonreuters.com>. Acesso em: 15 jul. 2016.
- UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **A framework for Science, Technology and Innovation Policy Reviews: helping countries leverage knowledge and innovation for development**. Genebra: UNCATD, 2011.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Manual Básico Para Elaboração De Artigo Científico. **Seminário Conexões de Saberes**, 2011.
- WATTS, D. J.; STROGATZ, S. H. Collective dynamics of “small-world” networks. **Nature**, v. 393, n. 6684, p. 440–2, 1998.
- WILSON, A. Boltzmann, Lotka and Volterra and spatial structural evolution: an integrated methodology for some dynamical systems. **Journal of the Royal Society Interface**, v. 5, p. 865–871, 2008.
- WIT, H. DE. Changing rationales for the internationalization of higher education. **International Higher Education**, v. 15, n. 3, p. 2–3, 1998.

APÊNDICE A – Bolsista do Ciência sem Fronteiras com publicação em coautoria internacional

Com uma busca pelo termo “Science without Borders”, Ciência sem Fronteiras em inglês, na plataforma Google Scholar é possível encontrar o artigo (#) “*Meta-Analysis: Melatonin for the Treatment of Primary Sleep Disorders*”, publicado por Eduardo Ferracioli-Oda (EFO), Ahmad Qawasmi (AQ) e Michael H. Bloch (MHB) em 2013 na revista científica Plos One, editado por Andrej A. Romanovsky (AAR). As informações adicionais do artigo indicam detalhes sobre *funding* (financiamento da pesquisa) e uma das informações é que “*EFO has received a grant from Science Without Borders Program of the National Counsel of Technological and Scientific Development of Brazil*”, indicando que o autor Eduardo Ferracioli-Oda foi bolsista do programa Ciência sem Fronteiras como bolsista do CNPq. Nas informações bibliométricas do artigo, é indicado que EFO possui vínculo institucional com a Universidade de São Paulo, Brasil, e com a Yale University, EUA (figura 27).

Figura 27 – Publicação científica em coautoria internacional do bolsista do Ciência sem Fronteiras Eduardo Ferracioli-Oda

Fonte: FERRACIOLI-ODA; QAWASMI; BLOCH, 2013.

Através da ferramenta Bolsistas pelo Mundo disponível no site do Ciência sem Fronteiras, é possível encontrar informações sobre todos os 44 bolsistas e ex-bolsistas que realizaram intercâmbio acadêmico na Yale University e confirma-se que EFO, enquanto estudante de Medicina da USP, realizou intercâmbio acadêmico pela modalidade graduação sanduíche, no período de 01/03/2012 a 31/01/2013, como bolsista da área prioritária de Biologia, Ciências Biológicas e da Saúde (figura 28).

Figura 28 – Informações sobre a mobilidade acadêmica internacional do bolsista do Ciência sem Fronteiras Eduardo Ferracioli-Oda na ferramenta Bolsistas pelo Mundo

Fonte: BRASIL, 2016.

A ferramenta possui acesso direto ao currículo Lattes do bolsista EFO, acessado através do link <http://lattes.cnpq.br/1958288099955660>, cuja busca também poderia ser realizada alternativamente através do site www.lattes.cnpq.br. Na seção de produção bibliográfica do currículo Lattes, encontra-se a informação sobre o artigo publicado em 2013, bem como um novo artigo (##) intitulado “*Meta-Analysis: Risk of Tics Associated With Psychostimulant Use in Randomized, Placebo-Controlled Trials*” (COUGHLIN et al., 2015), do qual EFO é coautor (figura 29).

Figura 29 – Produção bibliográfica do pesquisador Eduardo Ferracioli-Oda no currículo Lattes

Fonte: CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO, 2016.

Ademais, identifica-se que um dos autores da primeira publicação em 2013, MBH, é também coautor da segunda publicação junto com EFO. A figura 26 demonstra o grafo de coautorias entre os autores de ambas as publicações, sendo o artigo de 2013 identificado em azul e o artigo de 2015 em amarelo.

Figura 26 – Grafo de coautorias dos artigos # de 2013 e ## de 2015, sendo a) conexões entre todos os autores e b) conexões apenas de EFO

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: Em azul estão os autores do artigo # e as suas conexões; em amarelo estão os autores do artigo ## e as suas conexões; em verde estão EFO e MHB, coautores de ambos os artigos.

O Lattes de EFO não o identifica como bolsista do Ciência sem Fronteiras, o que dificulta a coleta de dados extensiva para o caso de outros pesquisadores. Uma sugestão é que seja feito um mapeamento das publicações de todos os bolsistas do Ciência sem Fronteiras e a análise de coautorias dessas publicações, em comparação com um grupo controle de pesquisadores que não realizaram mobilidade acadêmica internacional.

ANEXO I – Repercussão da pesquisa na mídia

Notícia veiculada em 15 de outubro de 2015 no site institucional da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Ministério da Educação (MEC).

O conteúdo completo está disponível eletronicamente em:

<<http://capes.gov.br/component/content/article/36-salaimprensa/noticias/7699-avaliacao-do-csf-e-tema-de-pesquisa-de-mestrado-de-ex-bolsista>>.

Fundação
Capes
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

[Sala de Imprensa](#) | [Editais Abertos](#) | [Resultados de Editais](#) | [Eventos](#) | [Fale Conosco](#) | [Dúvidas Frequentes](#) | [Denúncias](#)

PÁGINA INICIAL

ACESSO À INFORMAÇÃO

NOSSAS AÇÕES

Avaliação

Cooperação Internacional

Bolsas / Estudantes

Educação a Distância

Formação de Professores da Educação Básica

Tecnologia da Informação

Prêmios

SOBRE A CAPES

CENTRAL DE CONTEÚDOS

CIÊNCIA SEM FRONTEIRAS

Avaliação do CsF é tema de pesquisa de mestrado de ex-bolsista

Publicado: Quinta, 15 Outubro 2015 10:40 | Última Atualização: Segunda, 06 Junho 2016 12:14

Após inúmeras experiências no programa Ciência sem Fronteiras (CsF), Guilherme Rosso, um dos criadores e colaboradores da Rede CsF, agora também se dedica ao mestrado em Modelagem de Sistemas Complexos na Universidade de São Paulo, cuja pesquisa pretende justamente colaborar com a avaliação do programa Ciência sem Fronteiras como política pública de Ciência, Tecnologia e Inovação.

O ex-bolsista pretende aplicar todo o conhecimento obtido em sua experiência no exterior de volta ao país. "O ano no exterior foi o mais marcante da minha graduação e me deu grandes insumos e sustentação para o que quero para o futuro. E, para o futuro, quero poder ajudar o Brasil com conhecimentos e atuação em políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação, quero ser um especialista nisso."

Guilherme passou um ano nos Estados Unidos, de 11 de janeiro de 2012 a 11 de janeiro de 2013. "Tive aprendizados diversos que me influenciam até hoje. Certamente o Ciência sem Fronteiras mudou a minha vida", conclui.

Experiência no exterior

Pelo Ciência sem Fronteiras, Rosso foi para o Departamento de Física da Clark University, na costa leste dos Estados Unidos, com orientador acadêmico definido, o professor Chris Landee. "Ele me auxiliou com a escolha das disciplinas do primeiro semestre, indicou possíveis professores que eu poderia fazer pesquisa e deu outros detalhes sobre o departamento. Ao longo do semestre, as disciplinas foram enriquecedoras tanto pelo conteúdo, quanto pela sistemática de ensino-aprendizagem e de avaliação. Tive que me adaptar a outro sistema", conta.

O ex-bolsista pretende aplicar todo o conhecimento obtido em sua experiência no exterior de volta ao país

ANEXO II – Convite para Audiência Pública (Ofício Senado Federal)

Senado Federal
Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática

Of. nº 148/2015 – CCT

Brasília (DF), 06 de agosto de 2015.

Prezado Senhor,

A Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática – CCT do Senado Federal, em atenção ao Requerimento nº 04/2015-CCT¹, tem a honra de convidar Vossa Senhoria para participar como expositor em Audiência Pública que terá por objetivo debater o tema **“FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS PARA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, COM ESPECIAL ENFOQUE PARA O PROGRAMA CIÊNCIA SEM FRONTEIRAS”**, em sessão a ser realizada no dia 25 de agosto do corrente ano, às 9h, no Plenário nº 07 da Ala Senador Alexandre Costa do Senado Federal.

Sem mais para o momento, reiteramos nossos votos de estima e apreço.
Atenciosamente,

Senador CRISTOVAM BUARQUE
Presidente da Comissão de Ciência, Tecnologia,
Inovação, Comunicação e Informática do Senado Federal

A Sua Senhoria o Senhor

GUILHERME DE ROSSO MANÇOS

Ex-bolsista do Programa Ciência Sem Fronteiras, Mestrando da Universidade de São Paulo – USP e Representante da organização não governamental Rede CsF

SÃO PAULO-SP

¹ Requerimento e Plano de Trabalho anexos

ANEXO III – Projeto de Lei do Senado nº 798, de 2015 **SENADO FEDERAL****PROJETO DE LEI DO SENADO Nº 798, DE 2015**

(DE INICIATIVA DA COMISSÃO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO,
COMUNICAÇÃO E INFORMÁTICA)

Institui o Programa Ciência sem Fronteiras.

O Congresso Nacional decreta:

Art. 1º Fica instituído o Programa Ciência sem Fronteiras, com o objetivo de propiciar a formação e capacitação de pessoas com elevada qualificação em universidades, instituições de educação profissional e tecnológica, e centros de pesquisa estrangeiros de excelência, além de atrair para o Brasil jovens talentos e pesquisadores estrangeiros de elevada qualificação, em áreas de conhecimento definidas como prioritárias.

Parágrafo único. As ações empreendidas no âmbito do Programa Ciência sem Fronteiras serão complementares às atividades de cooperação internacional e de concessão de bolsas no exterior desenvolvidas pelas agências federais de fomento à pesquisa.

Art. 2º São objetivos do Programa Ciência sem Fronteiras:

I - promover, por meio da concessão de bolsas de estudos, a formação de estudantes brasileiros, conferindo-lhes a oportunidade de novas experiências educacionais e profissionais voltadas para a qualidade, o empreendedorismo, a competitividade e a inovação em áreas prioritárias e estratégicas para o Brasil;

II - ampliar a participação e a mobilidade internacional de estudantes de cursos técnicos, graduação e pós-graduação, docentes, pesquisadores, especialistas, técnicos, tecnólogos e engenheiros, pessoal técnico-científico de empresas e centros de pesquisa e de inovação tecnológica brasileiros, para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, estudos, treinamentos e capacitação em instituições de excelência no exterior;

III - criar oportunidade de cooperação entre grupos de pesquisa brasileiros e estrangeiros de universidades, instituições de educação SENADO FEDERAL PROJETO DE LEI DO SENADO Nº 798, DE 2015 (DE INICIATIVA DA COMISSÃO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO, COMUNICAÇÃO E INFORMÁTICA) profissional e tecnológica e centros de pesquisa de reconhecido padrão internacional;

IV - promover a cooperação técnico-científica entre pesquisadores brasileiros e pesquisadores de reconhecida liderança científica residentes no exterior por meio de projetos de cooperação bilateral e programas para fixação no País, na condição de pesquisadores visitantes ou em caráter permanente;

V - promover a cooperação internacional na área de ciência, tecnologia e inovação;

VI - contribuir para o processo de internacionalização das instituições de ensino superior e dos centros de pesquisa brasileiros;

VII - propiciar maior visibilidade internacional à pesquisa acadêmica e científica realizada no Brasil;

VIII - contribuir para o aumento da competitividade das empresas brasileiras; e IX - estimular e aperfeiçoar as pesquisas aplicadas no País, visando ao desenvolvimento científico e tecnológico e à inovação. Art. 3º Para a execução do Programa Ciência sem Fronteiras poderão ser firmados convênios, acordos de cooperação, ajustes ou outros instrumentos congêneres, com órgãos e entidades da administração pública federal, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, bem como com entidades privadas.

Art. 4º Para atender aos objetivos do Programa Ciência sem Fronteiras, serão concedidas:

I - bolsas de estudos em instituições de excelência no exterior, nas seguintes modalidades:

- a) graduação-sanduíche;
- b) educação profissional e tecnológica;
- c) mestrado;
- d) doutorado-sanduíche;
- e) doutorado pleno; e
- f) pós-doutorado; e II - bolsas no País, nas seguintes modalidades:
 - a) para pesquisadores visitantes estrangeiros; e
 - b) para jovens talentos.

§ 1º As bolsas de graduação-sanduíche têm como público-alvo estudantes de graduação das áreas de conhecimento prioritárias, matriculados em instituições de ensino superior no País, considerando, entre outros critérios de seleção, o melhor desempenho acadêmico.

§ 2º As bolsas de educação profissional e tecnológica têm como público-alvo docentes, pesquisadores e estudantes de melhor desempenho acadêmico de cursos técnicos e superiores oferecidos por institutos de formação profissional e tecnológica participantes do Programa Ciência sem Fronteiras, nas áreas de conhecimento prioritárias.

§ 3º As bolsas de mestrado profissional têm como público-alvo estudantes de doutorado das áreas de conhecimento prioritárias, matriculados em instituições de ensino e pesquisa no País.

§ 4º As bolsas de doutorado-sanduíche têm como público-alvo estudantes de doutorado das áreas de conhecimento prioritárias, matriculados em instituições de ensino e pesquisa no País.

§ 5º As bolsas de doutorado pleno têm como público-alvo candidatos à formação plena no exterior nas áreas de conhecimento prioritárias, em instituições de excelência no exterior.

§ 6º As bolsas de pós-doutorado têm como público-alvo candidatos detentores do título de doutor obtido em cursos de pós-graduação no Brasil ou reconhecido por instituições participantes do Programa Ciência sem Fronteiras, interessados em cursos nas áreas de conhecimento prioritárias.

§ 7º As bolsas para pesquisadores visitantes estrangeiros têm como objetivo atrair lideranças internacionais, estrangeiros ou brasileiros, com expressiva atuação no exterior, nas áreas de conhecimento prioritárias.

§ 8º As bolsas para jovens talentos têm como objetivo atrair jovens cientistas de talento, estrangeiros ou brasileiros, com destacada produção científica ou tecnológica nas áreas de conhecimento prioritárias.

§ 9º Poderão ser criadas outras modalidades de bolsas de estudo visando atender aos objetivos do Programa.

Art. 5º Serão promovidas chamadas públicas, conjuntamente, para divulgação do processo de concessão das bolsas referidas no art. 8º, e a seleção dos beneficiários levará em conta o mérito dos candidatos e dos projetos, respeitadas as especificidades de cada entidade executora.

Parágrafo único. As chamadas públicas terão divulgação nacional ou, quando for o caso, internacional.

Art. 6º Cabe à instituição cujos candidatos forem contemplados por ações do Programa Ciência sem Fronteiras o reconhecimento dos créditos ou das atividades de treinamento obtidos no exterior, de acordo com o plano de atividades previamente aprovado.

Art. 7º Regulamento disporá sobre:

- I - áreas prioritárias de atuação do Programa;
- II - instituições brasileiras e estrangeiras participantes do Programa;
- III - benefícios auferidos em cada uma das modalidades de bolsas do Programa;
- IV - metas e indicadores de desempenho do Programa; e
- V - demais regras para a implementação do Programa.

Art. 8º O processo de avaliação do Programa contemplará aspectos quantitativos e qualitativos e incluirá o acompanhamento da trajetória acadêmica e profissional dos seus beneficiários.

Art. 9º O Programa Ciência sem Fronteiras será custeado por:

I - dotações orçamentárias da União consignadas anualmente aos órgãos e entidades envolvidos no Programa, observados os limites de movimentação, de empenho e de pagamento fixados anualmente; e

II - outras fontes de recursos, provenientes de entidades públicas e privadas.

Art. 10. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

**RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS SOBRE O PROGRAMA CIÊNCIA SEM
FRONTEIRAS**

<http://www.senado.leg.br/atividade/rotinas/materia/getTexto.asp?t=185018&c=RTF&tp=1>